

Pflanzenkläranlagen für die Kreislaufschließung und Reinigung industrieller Prozesswässer

A. Stuhlbacher, H. Berghold, M. Reinhofer,
Ch. Brunner, K. Taferner

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

19/2004

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter <http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder unter:

Projektfabrik Waldhör
Nedergasse 23, 1190 Wien
Email: versand@projektfabrik.at

Pflanzenkläranlagen für die Kreislaufschließung und Reinigung industrieller Prozesswässer

Dr. Arnold Stuhlbacher
Dr. Hans Berghold
Dr. Marion Reinhofer
DI Christian Brunner
DI Karin Taferner

Joanneum Research
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme - JOINTS

Februar 2004

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS
Forschungsbereich Ökosystemtechnik
Mauritzener Hauptstrasse 3, A-8130 Frohnleiten, AUSTRIA
Tel.: +43 316 876 – 1381, Fax: +43 316 876 - 1322
Email: nts-oekotechnik@joanneum.at
Web: www.joanneum.at/nts

JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – JOINTS
Forschungsbereich Nachhaltige Techniken
Elisabethstraße 16/I, A-8010 Graz, AUSTRIA
Tel.: +43 316 876 – 2412, Fax: +43 316 876 - 2430
Email: nts@joanneum.at
Web: www.joanneum.at/nts

Institutsleitung: ao. Univ.-Prof. Dipl. Ing. Dr. Hans Schnitzer

Projektleitung und -bearbeitung: Dr. Arnold Stuhlbacher , JOANNEUM RESEARCH, Frohnleiten

Projektbearbeitung: Dr. Hans Berghold, JOANNEUM RESEARCH, Graz
Dr. Marion Reinhofer, JOANNEUM RESEARCH, Frohnleiten
DI Christoph Brunner, JOANNEUM RESEARCH, Graz
DI Karin Taferner, JOANNEUM RESEARCH, Graz

Durchgeführt im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

KURZFASSUNG

Immer mehr Gewerbe und Industrieunternehmungen haben sich zum Ziel gesetzt, eine abfall-, abwasser- und emissionslose Produktion zu erreichen. Neben Maßnahmen, die innerhalb des Produktionsprozesses den Wasserverbrauch und damit das Abwasser reduzieren, müssen Technologien entwickelt werden, die selektiv Wert- und Abfallstoffe aus dem Abwasser entfernen. Pflanzenkläranlagen ermöglichen eine effiziente und kostengünstige Elimination verschiedener Verunreinigungen durch physikalische, chemische und biologische Prozesse unter Verwendung natürlicher und künstlicher Substrate und Sumpfpflanzen. Pflanzenkläranlagen sind bereits für die Reinigung kommunaler Abwässer erfolgreich im Einsatz. Dennoch ist wenig über die Konstruktions- und Betriebsweise bekannt, die zur Maximierung des Schadstoffrückhalts in spezifischen industriellen Abwässern führt.

Im Rahmen dieses Projekts wurden Fallstudien in Unternehmen kleiner und mittlerer Größe der Lebensmittelbranche generiert. Es wurden Pilotanlagen errichtet und kontinuierlich im Praxisbetrieb evaluiert. Die Feldversuche fanden in Slowenien statt, wo derzeit nur 30,6 Prozent des Industrieabwassers gereinigt werden.

Das Hauptaugenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeit lag auf folgenden Punkten:

- €# Abbau- und Eliminationsprozesse
- €# Abbaubarkeit von Schmutzstoffen
- €# Konstruktions- und Betriebsweise
- €# Reinigungseffizienz

Die Arbeiten im Bereich der Pflanzenkläranlagen wurden durch Untersuchungen zur spezifischen Prozessoptimierung und wirtschaftlichen Machbarkeit ergänzt. Im Zuge von Workshops in den Firmen wurden zur Erstellung einer Material- und Energieflussanalyse alle relevanten Produktionsdaten in einem Quick-Scan erhoben und bewertet.

Die Ergebnisse zeigten, dass Pflanzenkläranlagen - egal ob als alleiniges oder kombiniertes Reinigungssystem - eine effiziente Lösung für viele industrielle Anwendungen darstellen.

Die Ergebnisse des Projektes erlauben

- €# die weitere Optimierung der Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen
- €# Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- €# die Erstellung von Leitlinien zur Reinigung spezieller industrieller Abwässer mit Pflanzenkläranlagen

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	5
2	METHODIK	8
2.1	Projektorganisation	8
2.2	Datenbasis - Industrieabwässer	8
2.3	Pilotanlagen	8
2.4	Cleaner Production – Betriebliche Massnahmen	11
3	DATENBASIS FÜR AUSGEWÄHLTE INDUSTRIEABWÄSSER	12
3.1	Abwässer aus der Nahrungs- und Genussmittelindustrie - Grundlagen	13
3.2	Gemüse- und Obstveredelung, Sauergemüseproduktion	16
3.2.1	Abwasserspezifikation	16
3.2.2	Vorrangig eingesetzte Reinigungstechnologien	18
3.2.3	Branchenspezifische Normen und rechtliche Vorgaben	19
3.2.4	Branchenspezifische Situation in Österreich	21
3.3	Tensidhaltige Abwässer	21
3.3.1	Abwasserspezifikation	21
3.3.2	Branchenspezifische Normen und rechtliche Vorgaben	22
3.4	Milchverarbeitung / Käserei	24
3.4.1	Abwasserspezifikation	24
3.4.2	Vorrangig eingesetzte Reinigungstechnologien	27
3.4.3	Branchenspezifische Normen und rechtliche Vorgaben	28
3.4.4	Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Molkereiabwässern	30
3.5	Fischverarbeitung	31
3.5.1	Abwasserspezifikation	31
3.5.2	Vorrangig eingesetzte Reinigungstechnologien	32
3.5.3	Branchenspezifische Normen und rechtliche Vorgaben	33
3.5.4	Branchenspezifische Situation in Österreich	34

3.6	Schlachtung und Fleischverarbeitung	35
3.6.1	Abwasserspezifikation	35
3.6.2	Vorrangig eingesetzte Reinigungstechnologien	36
3.6.3	Branchenspezifische Normen und rechtliche Vorgaben	36
3.6.4	Schlammcharakteristik und -behandlung	38
3.6.5	Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Schlachthofabwässern	38
3.6.6	Branchenspezifische Situation in Österreich	39
4	EXPERIMENTELLE FELDVERSUCHE	40
4.1	Betriebscharakteristika - Pilotanlagen	40
4.1.1	Detergentien und Essigerzeugung - ŠAMPIONKA d.d., Bukovica 47/a, 5292 REN E, Slowenien	40
4.1.1.1	Produktlinien	40
4.1.1.2	Abwassercharakteristik	42
4.1.1.3	Dimensionierung der Pflanzenkläranlage	45
4.1.1.4	Klärschlammvererdung mit Schilf	49
4.1.2	Fischproduktion- und verarbeitung - Fish Farm Goricar Marko, Slowenien	51
4.1.3	Milchverarbeitung, Käseproduktion - A&C OGLEDNA Sirarna, Slowenien	53
4.1.4	DROGA Portorož, Žilvilska industrija d.d., Sredisce ob Dravi, Slowenien	56
4.1.5	Deponiesickerwasserreinigung – Anlage Jakusevec, Kroatien	59
4.1.6	Investitionskosten - Pflanzenkläranlagen	61
4.1.7	Pflanzenauswahl und Bepflanzung	64
5	UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER PILOTANLAGEN	70
5.1	Pilotanlage ŠAMPIONKA d.d., Bukovica 47/a, 5292 REN E, Slowenien	70
5.1.1	Abwasserbelastung	70
5.1.2	Biologische Abbaubarkeit unter standardisierten Laborbedingungen	72
5.1.3	Toxizitätsuntersuchungen	74
5.1.4	Untersuchungsergebnisse der Pilotanlage	75
5.1.5	Detailuntersuchung	86
5.1.6	Enzymatische Untersuchungen	89
5.1.7	Bepflanzung der Becken und Entwicklung des Bestandes	92
5.1.8	Zusammenfassende Beurteilung	93
5.2	Pilotanlage Fischproduktion und Verarbeitung GORI AR Marko, Slivje 2, Kostanjevica Na Krki, Slowenien	94
5.2.1	Abwasserbelastung	94

5.2.2	Biologische Abbaubarkeit unter standardisierten Laborbedingungen	95
5.2.3	Toxizitätsuntersuchungen	96
5.2.4	Untersuchungsergebnisse der Pilotanlage	96
5.2.5	Zusammenfassende Beurteilung	105
5.3	Pilotanlage DROGA Portorož, Žilvilka industrija d.d., Sredisce ob Dravi, Slowenien	106
5.3.1	Abwasserbelastung	106
5.3.2	Biologische Abbaubarkeit unter standardisierten Laborbedingungen	107
5.3.3	Toxizitätsuntersuchungen	109
5.3.4	Untersuchungsergebnisse der Pilotanlage	110
5.3.4.1	Produktionslinie - Gurken	111
5.3.4.2	Produktionslinie – Gemischte Produktion (Ajvar, Kren, gemischter Salat)	115
5.3.4.3	Produktionslinie – Rote Rüben	119
5.3.4.4	Produktionslinie - Pfefferoni	123
5.3.4.5	Produktionslinie - Paprika	127
5.3.4.6	Produktionslinie - Oliven	131
5.3.4.7	Zusammenfassende Beurteilung	135
5.4	Pilotanlage – JAKUSEVECE, Kroatien	139
6	CLEANER PRODUCTION - BETRIEBLICHE MASSNAHMEN	141
6.1	Problemstellung	141
6.2	Workshops	142
6.3	Fischproduktion und -verarbeitung	142
6.3.1	Materialflussanalyse	142
6.3.2	Cleaner Production - Vorschläge für die Fischverarbeitung	145
6.4	Milchverarbeitung	151
6.4.1	Materialflussanalyse	151
6.4.2	Verarbeitungsprozesse	151
6.4.3	Abwassersituation	157
6.4.4	Investitionskostenrechnung - Abwasserentsorgung	159
6.4.5	Problestellungen von Prozessabwässern in Molkereien	165
6.4.6	Maßnahmen und Technologien zur Reduktion des Wasserverbrauchs	167
6.5	Sauergemüseverarbeitung	173

7	ZUSAMMENFASSEND BEURTEILUNG UND AUSBLICK	174
8	DOKUMENTATION UND VERBREITUNGSSTRATEGIEN	188
9	LITERATUR	194
10	ANHANG	198
10.1	Präsentationsunterlagen – Cleaner Production Workshop	198

1 EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG

Immer mehr internationale Konzerne und Firmen haben es sich zum Ziel gesetzt eine abfall-, abwasser- und emissionslose Produktion zu erreichen. Die Schließung von Wasserkreisläufen ist ein wesentlicher Schritt auf dem Weg zum Zero Emissionsprozess. Auch die EU hat mit ihrem Vorhaben eine Richtlinie zu entwerfen, die besagt, dass bis 2010 kein organischer Kohlenstoff in Prozessabwässern in die Umwelt mehr gelangen darf, ein deutliches Zeichen in Richtung abwasserfreie Prozesse und Kreislaufschließung gesetzt. Als Forschungsbedarf werden Technologien zur Schließung von Kreisläufen von Trägermedien, wie Luft und Wasser genannt. Neben Maßnahmen, die innerhalb des Produktionsprozesses den Wasserverbrauch und damit das Abwasser reduzieren, müssen Technologien entwickelt werden, die selektiv Wertstoffe und Abfallstoffe aus dem Abwasser entfernen, um das Prozessmedium Wasser dem eigentlichen Produktionsprozess zuführen zu können. Insbesondere für biologisch abbaubare Belastungen sind physikalisch - chemische Technologien (UF, Umkehrosmose, Fällung) oft nicht ausreichend und zu aufwendig. Gerade für kleine Unternehmen ist der technische, finanzielle und energetische Aufwand meist zu hoch. Als sinnvolle Alternative bieten sich biologische Verfahren, wie Pflanzenkläranlagen an.

Pflanzenkläranlagen erreichen eine effiziente Elimination verschiedener Verunreinigungen durch physikalische, chemische und biologische Prozesse unter Verwendung von natürlichen und künstlichen Substraten und Sumpfpflanzen. Sie steigern die Wasserqualität durch eine Vielzahl unterschiedlicher Prozesse, die denen natürlicher biologischer Systeme entsprechen, mit einer hohen Pufferkapazität und einem effizienten Nährstoff- und Schwermetallrückhalt durch speziell ausgesuchte Filtersubstrate. Bau-, Betriebs- und Instandhaltungskosten sind, wegen des einfachen Systems ohne wesentliche technische Einrichtungen, ohne Fremdenergieeinsatz oder hoch ausgebildetes Bedienungspersonal, bedeutend niedriger. Zusätzlich zu den oben angeführten Vorteilen bewerkstelligen Pflanzenkläranlagen einen Schadstoffrückhalt, erhalten eine gesunde Umwelt und ermöglichen eine vielfältige Wiederverwertung des gereinigten Abwassers in industriellen Produktionsprozessen.

Pflanzenkläranlagen sind eine sinnvolle Technologie in Kombination mit prozessintegrierten Maßnahmen um im Rahmen von abwasserlosen Verfahren eine selektive Abtrennung von Stör- und Abfallstoffen zu bewerkstelligen. Sie besitzen folgendes Potential im Integriertem Zero Emissionsansatz:

- können ohne Fremdenergieaufwand betrieben werden, da natürlich vorkommende Biozönosen für die Abwasserreinigung verantwortlich sind (Selbstreinigungskraft von bepflanzten Bodenfiltern) und erhöhen somit den Gesamtenergieverbrauch des Systems nur wenig.
- produzieren geringere Schlammengen als Belebungsanlagen, da nur Primärschlamm anfällt; sie verlagern damit nicht die Emission in ein anderes Medium.

- sind ein zusätzlicher Kleinlebensraum für verschiedene Tierarten und stellen somit einen volkswirtschaftlichen und ökologischen „Added Value“ dar
- passen unauffällig in das natürliche Umfeld
- erbringen eine gute Entkeimung des Abwassers durch die Filterbiozönosen und die relativ lange Aufenthaltszeit im Filterkörper
- sind aufgrund der geringen technischen Ausrüstung kostengünstig zu bauen und zu betreiben
- tragen aufgrund des unmittelbaren Einsatzes beim Abwasserverursacher zu einer Bewusstseinsbildung im Umgang mit Wasser wesentlich bei (Awarenessbuilding)

Pflanzenkläranlagen sind bereits für die Reinigung von kommunalem Abwasser und Deponiesickerwässern erfolgreich im Einsatz. Es ist aber wenig über die Konstruktions- und Betriebsweise, die notwendig ist, um die Wirkung für den Schadstoffrückhalt in spezifischen industriellen Abwässern zu maximieren, bekannt. Deshalb ist das Hauptaugenmerk der Forschung und der Entwicklungsarbeit auf die Verfeinerung des Verständnisses der Nährstoff- und Schadstoffrückhaltmechanismen in Zusammenhang mit industriellem Abwasser zu legen.

Im Rahmen des vorliegenden EUREKA Projektes (E! 2308 Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment and Reuse – *INDCONWET*) wurden Fallstudien in slowenischen Unternehmen kleiner und mittlerer Größe generiert. Gemeinsam mit den Betrieben und den slowenischen Projektpartnern wurden integrierte Konzepte zur betrieblichen Kreislaufschließung unter dem Einsatz von Pflanzenkläranlagen entwickelt und umgesetzt. Die ausgewählten Firmen sind für die mitteleuropäische Wirtschaftsstruktur typische Branchen.

Pflanzenkläranlagen für industrielle und gewerbliche Abwässer werden international vor allem in den Bereichen Deponiesickerwässer, Molkereien, Schlachthäuser, Flughafenenteisungswässer und Industrien mit ölhaltigen Abwässern eingesetzt (PUSSARNIG 2000). Sie werden bisher vorwiegend als End of Pipe - Technologie eingesetzt. Lediglich Daimler-Chrysler hat eine Pilotanlage in Sindelfingen in Betrieb, wo das gereinigte Prozesswasser im Ursprungsprozess wieder eingesetzt wird.

In Österreich sind nach bisherigen Recherchen im nicht-kommunalen Bereich nur einige wenige Pflanzenkläranlagen in fleischverarbeitenden Betrieben im Einsatz. Bei einer, wie im gegenständlichen Projekt vorgeschlagener Entwicklung von an spezifische Abwässer angepasste Kläranlagensysteme in Form von bepflanzten Bodenfiltern in slowenischen Betrieben ist auch für Österreich ein Einsatz in unterschiedlichen Anwendungsbereichen sinnvoll.

Um eine Behandlung spezifischer industrieller Abwässer zu gewährleisten, die Kreislaufschließungen ermöglichen, brauchen Pflanzenkläranlagen eine weitergehende Forschung und Entwicklung bezüglich des Einsatzes von Substraten und Pflanzen. Die Fallstudien sollen neben der Planung,

Errichtung und Inbetriebnahme der Demonstrationsanlagen folgende theoretischen Erkenntnisse liefern.

Die Zielsetzungen umfassen:

- Bewertung der kritischen Verschmutzungsparameter in den spezifischen Abwässern
- Beurteilung der biologische Abbaubarkeit und Toxizität von spezifischen Prozessabwässern
- Bewertung kritischer hydrologischer Faktoren
- Effizienzbeurteilung zur Reinigungsleistung
- Ökonomische Bewertung

Die Inhalte des Projektes sind in folgende Arbeitspakete gegliedert:

- €# Schaffung einer Datenbasis für ausgewählte industrielle Abwässer
- €# Wissenschaftliche Begleitung bei der Errichtung der Pilotanlagen
- €# Wissenschaftliche Begleituntersuchungen der Pilotanlagen
- €# Umweltkostenrechnung

2 METHODIK

2.1 PROJEKTORGANISATION

Das Forschungsprojekt besitzt EUREKA Status (E! 2308 Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment and Reuse – *INDCONWET*) und wurde von nachstehenden Organisationen durchgeführt:

ÖSTERREICH

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme
Mauritzener Hauptstraße 3
A-8130 Frohnleiten

SLOWENIEN

LIMNOS d.o.o.
Company for applied Ecology
Podlimbarskega 31
SLO-1100 Ljubljana

KROATIEN

BIECO, Environmental Protection
Adamiceva 18/11
HR-51000 Rijeka

Der kroatische Projektpartner wurde mit Jänner 2002 in das Projekt aufgenommen.

2.2 DATENBASIS - INDUSTRIEABWÄSSER

Branchenspezifische Erhebungen hinsichtlich spezifischer Produktionsdaten und Abwassercharakteristika für Betriebe der Nahrungs- und Genussmittelindustrie basieren auf einer umfassenden Literaturrecherche, Auswertungen der Statistik Austria sowie der dzt. gültigen Wasserrechtsgesetzgebung.

2.3 PILOTANLAGEN

Die Auswahl der im Projekt realisierten Pilotanwendungen erfolgte durch den slowenischen Projektpartner. Die planerische Umsetzungen der Pilotanlagen sowie deren Errichtung erfolgte durch Büros und Firmen vor Ort. Die geplante Anlage der Fa. A&C Ogledna konnte während der Projektlaufzeit aufgrund wirtschaftlicher Probleme des Betriebs nicht realisiert werden.

Unmittelbar nach Errichtung der jeweiligen Pilotanlagen (die jeweiligen Umsetzungen erfolgten mit zeitlichen Verzögerungen) wurden über einen Zeitraum von mindestens einem Jahr umfassende begleitende Untersuchungen zur Wirkungsweise der Anlagen durchgeführt.

Die chemisch-physikalischen Untersuchungen umfassen:

Parameter und Methoden:

elektrische Leitfähigkeit	ÖNORM EN 27888
pH-Wert	ÖNORM M6244
Temperatur	ÖNORM M6244
TOC/DOC	ÖNORM M6284
Ammonium	ÖNORM ISO 5664
Nitrat	ÖNORM M6238
Nitrit	ÖNORM EN 26777
Phosphat	ÖNORM M6237
Sulfat	ÖNORM M6283
Chlorid	ÖNORM M6289
Eisen gesamt	ÖNORM M6260
Abfiltrierbare Stoffe	DIN 38409-H2
Absetzbare Stoffe	DIN 38409-H9
BSB ₅	ÖNORM M6277
CSB	ÖNORM M6265
Anionische Tenside	ÖNORM EN 903
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	DIN 38409-H17
Adsorb. org. geb. Halogene (AOX)	ÖNORM EN 1485
Kjeldahl-Stickstoff	ÖNORM EN 25667-1
Chrom VI	DIN 38405-D24
Kupfer	DIN 38406-E22
Quecksilber	ÖNORM EN 1483
Cadmium	ÖNORM EN ISO 5961

Die Beurteilung der Bakterientoxizität erfolgte unter Heranziehung der Methodenvorschrift DIN 38412-L34 in Verbindung mit DIN 38412-L341. Untersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit erfolgten unter Heranziehung des Closed-Bottle Verfahrens.

Als Grundlage für Optimierungsschritte erfolgten im Filterkörper der Pflanzenkläranlagen mikrobiologische Untersuchungen zur Beurteilung spezifischer Enzymaktivitäten. Untersucht wurden die Enzyme, Esterasen, alpha- und beta- Glucosidasen, sowie Alanin-Aminopeptidasen. Die Durchführung der Analysen erfolgte gemäß OBST & HOLZAPFEL-PSCHORN (1988). Als Blindwert

der photometrischen Bestimmung des Substratumsatzes werden jeweils Vergleichsproben bei 121 °C autoklaviert und unter Standardbedingungen in der Analyse mitgeführt. Die Probenahme erfolgte in zwei Tiefenstufen: 0-30 cm und 30-60 cm.

Esterasen – Modellsubstrat Fluoresceindiacetat

Zur Gruppe der unspezifischen Esterasen gehören viele Enzyme des zentralen Stoffwechsels, bevorzugt solche, die extrazellulär ausgeschieden werden. Esterbindungen werden z.B. beim Abbau von polymeren Proteinen, Lipiden und auch bei Substraten nicht natürlichen Ursprungs gespalten. Die Bestimmung der Esterasenaktivität eignet sich daher gut als enzymatischer "Summenparameter" für die allgemeine heterotrophe Abbauaktivität. Die Bestimmung der Esterasen-Aktivität erfolgt photometrisch mit Fluoresceindiacetat *in vivo*. Als Grundlage für die Quantifizierung wird eine Eichkurve mittels hydrolysiertem Fluoresceindiacetat erstellt. Das Hydrolysat mit dem freigesetzten Fluorescein wird unter Testbedingungen verdünnt und Eichstandards erstellt.

ζ- und η-Glucosidasen – Modellsubstrate p-Nitrophenyl-ζ-D-Glucopyranosid und 4-Nitrophenyl-η-D-Glucopyranosid

Glucosidasen hydrolysieren Disaccharide. Entsprechend ihrer Substrate unterteilt man sie in ζ-Glucosidasen, die Maltose und Sucrose abbauen und damit Bruchstücke aus dem Stärkeabbau umsetzen und η-Glucosidasen, die Cellobiose zu η-Glucose-Einheiten abbauen und Teil des cellulolytischen Systems sind. Die Aktivität der Glucosidasen wird mit einer photometrischen Methode nachgewiesen, wobei Nitrophenylderivate von ζ- bzw. η-Glucopyranosid als Substrate eingesetzt wurden. Der enzymatisch abgespaltene Farbstoff Nitrophenol wird im alkalischen Bereich als gelbe Färbung des Testansatzes sichtbar. Die Eichkurven werden mit 4-Nitrophenol unter Testbedingungen erstellt.

Quantifizierung der mikrobiellen Biomasse

Die Quantifizierung der mikrobiellen Biomasse im Filterkörper erfolgt auf der Basis von DNS Konzentrationsbestimmungen nach saurer Hydrolyse (Perchloroessigsäure) und Reaktion der purinegebundenen Desoxyribose mit Diphenylamin zu einem Triphenylmethanfarbstoff.

2.4 CLEANER PRODUCTION – BETRIEBLICHE MASSNAHMEN

Den am Projekt mitwirkenden Betrieben wurde die Möglichkeit geboten auf freiwilliger Basis Workshops durchzuführen, mit dem Ziel ihnen einen Überblick über Einsparungspotentiale, wie Materialeinsatz und Produktionskosten zu verschaffen. Als zusätzliche Maßnahme wurde untersucht, ob sich die Optimierung der Prozesse zur Reduzierung der Abwasserfracht und der -schadstoffmengen auf die Abwasserreinigungsanlage günstig auswirkt. Außerdem wurde untersucht, ob eine Wasserkreislaufschißung in den Produktionsprozessen technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Basierend auf der durchgeführten Materialbilanz wurden Technologien gesucht und erforscht, die auf Reduzierung der Prozesswässer, Elimination der Störstoffe und alternative Verwendung der Abfallströme abzielen.

3 DATENBASIS FÜR AUSGEWÄHLTE INDUSTRIEABWÄSSER

ORGANISCH VERSCHMUTZTE ABWÄSSER AUS DER LEBENSMITTELINDUSTRIE	ORGANISCH VERSCHMUTZTE ABWÄSSER SONSTIGER INDUSTRIEGRUPPEN	INDUSTRIEABWÄSSER MIT ANORGANISCHEN INHALTSSTOFFEN
<i>VERARBEITUNG VORWIEGEND PFLANZLICHER PRODUKTE</i>	<i>TIERERZEUGUNG UND -VERWERTUNG</i>	<i>MINERALSÄUREN, NATRONLAUGE, CHLOR</i>
Ø Zuckerfabriken	Ø Tierkörperbeseitigung	<i>SODAINDUSTRIE</i>
Ø Stärkefabriken, Stärkezucker- und Stärkesirup	Ø Tierhaare, Borsten, Federn	<i>DÜNGEMITTELINDUSTRIE</i>
Ø Pektinfabriken	Ø Darmbearbeitung	<i>MINERALFARBEN UND FÜLLSTOFFE</i>
Ø Speisefette und -öle	Ø Lederherstellung	<i>EISEN- UND STAHLINDUSTRIE</i>
Ø Kartoffelveredelung	Ø Hautleim und Gelatine	<i>NICHTEISENMETALLINDUSTRIE</i>
Ø Gemüse- und Obstverwertung	Ø Fischmehl	<i>METALLVERARBEITUNG</i>
<i>VERARBEITUNG TIERISCHER PRODUKTE</i>	<i>CHEMISCHE UND VERWANDTE INDUSTRIE</i>	<i>BATTERIEN</i>
Ø Schlacht- und Fleischverarbeitungs- betriebe*	Ø Petrochemie*	<i>FOTOLABORBETRIEBE</i>
Ø Fischverarbeitung	Ø Erdölraffinerien	<i>DRUCKEREIEN</i>
Ø Molkereien*	Ø Organische Farbstoffe und Pigmente	<i>STEINE UND ERDEN INDUSTRIE</i>
	Ø Beschichtungsstoffe (Lackfabriken)	<i>KERAMISCHE INDUSTRIE</i>
	Ø Lackiererei	<i>GLASINDUSTRIE</i>
<i>GETRÄNKEINDUSTRIE UND GÄRUNGSGEWERBE</i>	<i>PAPIER- UND ZELLSTOFFINDUSTRIE</i>	
Ø Fruchtsaft- und Erfrischungsgetränke		
Ø Brauereien und Malzfabriken		
Ø Hefefabriken		
Ø Winzerbetriebe, Weinverarbeitung		
Ø Brennereien und Spirituosen		

*Branchen für die eine Abwasserreinigung mit bepflanzten Bodenfiltern oder künstlichen Feuchtbiotopen in Forschungsprojekten untersucht wurden (PUSSARNIG 2000) [nach ATV 1985]

Tabelle 1: Industrielle Abwässer im Überblick

3.1 ABWÄSSER AUS DER NAHRUNGS- UND GENUSSMITTELINDUSTRIE - GRUNDLAGEN

In Österreich gibt es nach der letzten Leistungs- und Strukturhebung der Statistik Austria 1999 insgesamt 4.323 Unternehmen der Fachgruppe Nahrungs- und Genussmittel- und Getränkeindustrie davon befanden sich 627 in der Steiermark, 249 im Burgenland, 235 in Kärnten, 921 in Niederösterreich, 995 in Oberösterreich, 305 in Salzburg, 366 in Tirol, 272 in Vorarlberg und 353 in Wien.

Die Fachgruppe der Nahrungs-, Genussmittel- und Getränkeindustrie gliedert sich in nachfolgend aufgezählte Branchen.

Branche	Branche
<u>Schlachthäuser und Fleischverarbeitung</u> [1217 Betriebe]	<u>Herstellung sonstiger Nahrungs- und Genussmittel</u> [2.368 Betriebe]
Schlachthäuser (ohne Geflügelschlächter) [177 Betriebe]	Backwaren (ohne Dauerbackwaren) [2.240 Betriebe]
Geflügelschlächter [6 Betriebe]	Dauerbackwaren [8 Betriebe]
Fleischverarbeitung [1.034 Betriebe]	Zucker [5 Betriebe]
<u>Fischverarbeitung</u> [7 Betriebe]	Süßwaren (ohne Dauerbackwaren) [28 Betriebe]
<u>Obst- und Gemüseverarbeitung</u> [139 Betriebe]	Teigwaren [36 Betriebe]
Verarbeitung von Kartoffeln [3 Betriebe]	Verarbeitung von Tee und Kaffee [13 Betriebe]
Herstellung von Frucht- und Gemüsesäften [78 Betriebe]	H. v. Würzen und Soßen [19 Betriebe]
Verarbeitung von Obst und Gemüse [58 Betriebe]	H. v. homogenen u. diätetischen Nahrungsmitteln [11 Betriebe]
<u>Herstellung von pflanzl. und tierischen Ölen</u> [28 Betriebe]	H. v. sonstigen Nahrungs- u. Genussmitteln [26 Betriebe]
H. v. rohen Ölen und Fetten [7 Betriebe]	<u>Getränkeindustrie</u> [248 Betriebe]
H. v. raffinierten Ölen und Fetten [16 Betriebe]	H. v. Spirituosen [73 Betriebe]
H. v. Margarine und anderen Nahrungsfetten [5 Betriebe]	Alkoholbrennereien [2 Betriebe]
<u>Milchverarbeitung und Speiseeis</u> [117 Betriebe]	H. v. Wein [56 Betriebe]
Milchverarbeitung [105 Betriebe]	H. v. Apfelwein und sonst. Fruchtweinen [8 Betriebe]
H. v. Speiseeis [12 Betriebe]	H. v. Wermut und sonstigen arom. Weinen [2 Betriebe]
<u>Mahl- u. Schälmlühlen, Stärke u. -erzeugnisse</u> [135 Betriebe]	H. v. Bier [31 Betriebe]
Mahl- und Schälmlühlen [134 Betriebe]	H. v. Malz [4 Betriebe]
H. v. Stärke und Stärkeerzeugnissen [1 Betrieb]	Gewinnung u. Abfüllung von Mineralwässern [70 Betriebe]
<u>Herstellung von Futtermitteln</u> [46 Betriebe]	

Tabelle 2: Fachgruppe der Nahrungs- und Genussmittelindustrie - Branchenaufteilung (nach Stichprobenerhebung der Statistik Austria 1999)

Für die im Rahmen des Projektes ausgewählten Branchen ergaben sich bei der Erhebung 1999 für Österreich nachfolgende Betriebsgrößenverteilungen.

Beschäftigte	1 - 4	5 - 9	10 - 19	20 - 49	50 - 99	100 - 249	250 - 499	500 - 999	>1000	Umsatzerlöse in €1000
Milchverarbeitung	39	33	6	7	6	12	1	1	0	1.693.413,8
Fischverarbeitung	0	2	1	1	1	1	0	0	0	34.562,5
Verarbeitung von Obst und Gemüse	33	4	9	6	2	3	1	0	0	952.394,1
Verarbeitung von Kartoffeln	0	0	0	1	0	1	1	0	0	--
Frucht- und Gemüsesäften	71	0	2	0	1	3	1	0	0	500.398,5
Würzen und Soßen	2	5	3	3	2	4	0	0	0	--
Nahrungs- u. Genussmittel	5	3	3	3	7	4	2	0	0	--
<i>Schlachthäuser (ohne Geflügelschlächtereien)</i>	29	26	71	39	9	3	0	0	0	2.463.687,8
<i>Geflügelschlächtereien</i>	0	0	0	1	0	4	1	0	0	797.482,5
Fleischverarbeitung	403	360	174	57	12	22	5	1	0	1.516.798

Tabelle 3: Betriebsgrößenverteilungen nach Anzahl der Beschäftigten

Wasserverbrauch und Abwasseranfall

Die Nahrungs- und Genussmittelindustrie Österreichs verbrauchte im Jahr 1994¹ (ÖSTAT 1996) insgesamt 49.479.309 m³ Wasser. Der Abwasseranfall [= Gesamtwasserverbrauch abzüglich Oberflächenwasserverbrauch (TOMEK 1997)] betrug 38.010.049 m³. Folgende Abbildung zeigt den Wasserverbrauch- und Abwasseranfall aufgedgliedert nach Bundesländern (STEINLECHNER & ROBRA 1997).

¹ aktuelleres Datenmaterial zum Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall ist derzeit nicht verfügbar

Erzeugung von Nahrungs- und Genussmitteln		
Bundesland	Wasserverbrauch [in 1000 m ³]	Abwasseranfall [in 1000 m ³]
Burgenland	892,7	892,7
Kärnten	805,2	805,2
Niederösterreich	18549,9	17572,7
Oberösterreich	5184,9	4973,6
Salzburg	935,5	935,5
Steiermark	1876,1	1870,1
Tirol	807,0	759,5
Vorarlberg	1956,8	1956,8
Wien	4580,5	4518,3

Tabelle 4: Wasserverbrauch und Abwasseranfall in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie

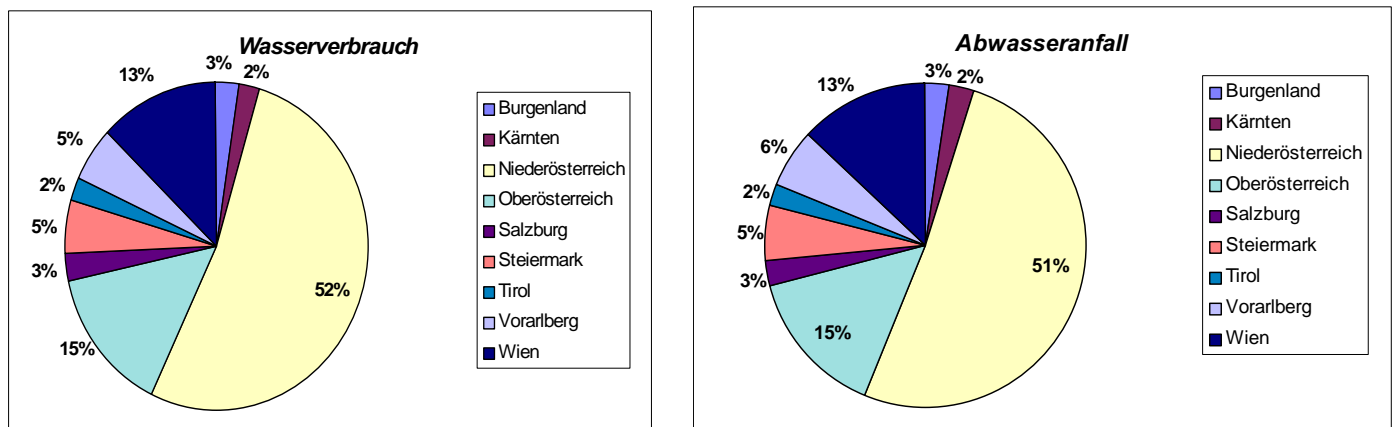


Abbildung 1: Prozentueller Anteil der einzelnen Bundesländer am Wasserverbrauch und Abwasseranfall in der Nahrungs- und Genussmittelindustrie im Jahr 1994 (STEINLECHNER & ROBRA 1997)

Abwässer aus der Lebensmittelindustrie enthalten nach DONNERHACK 1991 kaum gefährliche Stoffe, im Regelfall sind sie hoch organisch belastet und gut abbaubar, teilweise unterliegen sie großen pH-Wert Schwankungen und großen Mengenschwankungen.

Grundsätzlich dürfen Abwässer aus Betrieben in eine öffentliche Kanalisationsanlage eingeleitet werden, wenn den branchenspezifischen Emissionsverordnungen entsprochen wird, was auch von einem Großteil der Betriebe genutzt wird (ÖWAV REGELBLATT 4, 2001).

Eine steiermarkweite Erhebung ergab, dass unter den für das Projekt relevanten Branchen ca. 68 % der Betriebe Indirekteinleiter sind. Nur 32 % der erfassten Betriebe sind Direkteinleiter (Branchenaufteilung siehe Tabelle).

Direkteinleiter Steiermark		
Brache	EW 60 nach BSB₅	
Fleisch	< 1.000	3 Betriebe
Fleisch	9.700	
Fleisch	9.667	
Fleisch	5.230	
Fleisch	6.700	
Fleisch	3.400	
Fleisch	7.000	
Fleisch	4.000	
Milch und Fleisch	21.667	
Obstverwertung	< 1.000	3 Betriebe
Obstverwertung	110.000	
Getränke	< 1.000	3 Betriebe

Tabelle 5: Direkteinleiter – Steiermark

3.2 GEMÜSE- UND OBSTVEREDELUNG, SAUERGEMÜSEPRODUKTION

3.2.1 ABWASSERSPEZIFIKATION

Abwässer aus der industriellen Obst- und Gemüseverwertung zeigen eine ausgeprägte Schwankungsbreite im Abfluss und Belastung. Die Betriebe haben meist saisonbedingt mehrere Erzeugungslinien. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Einzelerzeugnis, Abwasserabfluss und Abwasserbelastung lässt sich nur in wenigen Fällen darstellen. Grundsätzlich fallen bei der industriellen Obst- und Gemüseverwertung organisch hochbelastete Abwasserteilströme an. Inhaltsstoffe sind überwiegend hochmolekulare Eiweißstoffe, Fette und Kohlenhydrate. Typisch sind die erheblichen Schwankungen in Menge und Konzentration.

<i>Prozessabschnitt</i>	<i>Abwasserinhaltsstoffe</i>
Anlieferung, Waschen, Verlesen etc. der Rohware	Erde, Gemüse- und Obstteile, Pflanzenteile, Pflanzensäfte - ungelöste, gut sedimentierbare Stoffe
Zerkleinern, Schälen (mechanisch bzw. Dampf- od. Laugenschälung)	Pflanzensäfte, -teile, -abrieb, Schalen, Lauge, organische Säuren, bei Laugenschälung hoher pH-Wert und hohe Salzfracht, hoher Gehalt an organischer Substanz durch Schalenreste und Auslaugung CSB von 10.000 bis 20.000 mg/l O ₂ je nach Produkt
Blanchieren	stark wechselnde Schmutzbelastung, Nährstoffe, etc., Abwasser mit höchsten Belastungen CSB rund 60.000 mg/l O ₂
Pressen, Konditionierung, Zubereitung, Haltbarmachung, Abfüllen, Abpackung	Pflanzensäfte, Laken (enthalten vor allem Eiweißverbindungen, Kochsalz, Kohlenhydrate, Milchsäure, und ungelöste Stoffe) Produktbestandteile, Essigsäure, Milchsäure Marmeladenerzeugung: Belastungen durch das beim Abkühlen niederschlagende Kondensat - CSB von 6.000 - 16.000 mg/l O ₂
Anlagen- und Behälterreinigung	Produktverluste, Reinigungsmittel
Wasseraufbereitung	Schlämme

Tabelle 6: Übersicht über Inhaltsstoffe im Abwasser bei industrieller Obst- und Gemüseverarbeitung (nach ATV 1985)

Die spezifischen Abwassermengen und -belastungen variieren je nach verarbeitetem Gemüse bzw. Obst und je nach Erzeugnisgruppe stark. Beispielhaft sind nachfolgend die Belastung des Abwassers einiger Erzeugnisgruppen in der gemüse- und obstverwertenden Industrie dargestellt.

Erzeugnis	pH	BSB ₅ mg/l O ₂	CSB mg/l O ₂	absetz. Stoffe ml/l	abfiltrierbare Stoffe mg/l	Temp. °C
Fruchtsaft	4,6-11,4	25-1380	300-800	12-30	50	11-25
Sterilkonserven	4,5-8,0	100-3100	380	0,3-60	30-300	13-28
Gefrierkonserven	6,0-7,0	300-2800	400	5-15	100-400	26
Rohkonserven	6,0-8,5	950-1600	380-1050	12-15	100-142	12-35
Kindernahrung	6,0-8,5	400-1050	--	--	--	30-35

Tabelle 7: Abwasserbelastung - Obstverwertung

3.2.2 VORRANGIG EINGESETZTE REINIGUNGSTECHNOLOGIEN

Abwasservorbehandlung:

Mechanisch-physikalische Verfahren (Rechen, Siebe, Sandfänge, Absetzbecken, Flotationsbecken, Hydrozyklone) zur Abtrennung ungelöster Abwasserinhaltsstoffe sind zur Vorreinigung der Abwässer im Einsatz. Je nach Produktionslinie kann eine Wertstoffrückgewinnung z. B. die Verwertung hochkonzentrierter Abwasserteilströme nach Eindickung, Umsetzung, Verarbeitung und Verhefung ohne oder mit Zusatzstoffen bzw. Stoffgruppen zu verkaufsfähigen Produkten, z.B.: Futter- oder Düngemittel erfolgen. Bei der Verwendung von Flockungsmittel ist allerdings die weitere Verwertung der abgesetzten Stoffe als Futtermittel nicht mehr möglich.

Weiters sind Technologien zur Mehrfachnutzung von Betriebswasser (z.B. Gegenstromverfahren) im Einsatz. Falls erforderlich müssen hier zur Herabsetzung des Keimgehaltes und zur Verminderung bzw. Vermeidung von Geruchsemissionen Desinfektionsmittel eingesetzt werden.

Abwasserbehandlung:

Für Abwässer aus der industriellen Obst- und Gemüseverwertung sind grundsätzlich alle biologischen Reinigungstechnologien (ein-/mehrstufige Belebung, ein-/mehrstufige Tropfkörper, verschiedene Kombinationen, Abwasserteiche, anaerobe Verfahren) geeignet. Es ist allerdings saisonbedingt mit extremen Schwankungen im Abwasserabfluss und in der Schmutzbelastung zu rechnen. Daher ist bei der Auslegung einer Reinigung zu beachten:

- großes Puffervermögen und Unempfindlichkeit gegenüber Stoßbelastungen
- starke Neigung zur Blähschlamm Bildung
- Ausgleich des Nährstoffverhältnisses im Abwasser bezogen auf C:P:N
- flexibler Betriebsablauf (Saisonschwankungen)

3.2.3 BRANCHENSPEZIFISCHE NORMEN UND RECHTLICHE VORGABEN

Emissionsbegrenzungen für Obst- und Gemüseveredelung sowie Tiefkühlkost- und Speiseeiserzeugung BGBl 1078/94 (STEINLECHNER & ROBRA 1997):

ERLÄUTERUNGEN		EMISSIONSBEGRENZUNGEN	
		Bei Einleitung in ein Fließgewässer	Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation
<p>a) Im Einzelfall ist ein höherer Emissionswert zulässig, sofern sichergestellt ist, dass es zu keiner Ausbildung von Dämpfen oder Vereisungen und zu keiner Gefahr der gesundheitlichen Belastung durch Dämpfe für das Betriebspersonal einer öffentlichen Kanalisation kommt.</p> <p>b) Die Festlegung für den Parameter Absetzbare Stoffe erübrigt eine Festlegung für den Parameter Abfiltrierbare Stoffe.</p> <p>c) Im Einzelfall ist ein höherer Emissionswert zulässig, wenn sichergestellt ist, dass es zu keinen Ablagerungen infolge einer Einleitung gemäß § 1 Abs.2 kommt, die den Betrieb der öffentlichen Kanalisation oder der öffentlichen Abwasserreinigungsanlage stören.</p> <p>d) Im Abwasser darf kein Freies Chlor bestimmbar sein.</p> <p>e) Gilt nur bei einer Abwassertemperatur größer 12 °C im Ablauf der biologischen Stufe der Abwasserbehandlungsanlage. Die Abwassertemperatur von 12 °C gilt als unterschritten, wenn bei fünf gleichmäßig über den Probenzeitraum verteilten Temperaturmessungen mehr als ein Messwert unter dem Wert von 12 °C liegt.</p> <p>f) Der Emissionswert ist im Einzelfall bei Gefahr von Geruchsbelästigungen oder bei Korrosionsgefahr für zementgebundene Werkstoffe im Kanalisations- und Kläranlagenbereich (ÖNORM B 2503, Sept. 1992) festzulegen.</p> <p>g) Summe von Org. geb. N, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N.</p> <p>h) Liegt der wasserrechtlichen Bewilligung der Abwasserbehandlungsanlage eine Tagesrohlauf- fracht von mehr als 150 kg BSB₅ zugrunde, so ist die der Abwasserbehandlungsanlage zufließende Fracht an Ges. geb. Stickstoff um mehr als 75 % zu vermindern (Mindestwirkungsgrad). Der Mindestwirkungsgrad bezieht sich auf die der Abwasserbehandlungsanlage zufließende bzw. die aus der Abwasserbehandlungsanlage abfließende Fracht an Ges. geb. Stickstoff eines Tages.</p> <p>i) Bei TOC-Zulaufkonzentrationen der Tagesmischproben über 300 mg/l (gemessen als Monatsmittel im Zulauf zur biologischen Stufe der Abwasserbehandlungsanlage) ist eine Ablaufkonzentration entsprechend einer TOC- Mindestabbauleistung von 90 % zulässig. Die Abbauleistung bezieht sich auf das Verhältnis der TOC-Tagesfrachten im Zulauf bzw. Ablauf der Abwasserbehandlungs- anlage. Als TOC-Tagesfracht im Zulauf ist die der wasserrechtlichen Bewilligung zugrundeliegende Belastung der Abwasserbehandlungsanlage maßgebend.</p> <p>j) Bei CSB- Zulaufkonzentrationen der Tagesmischproben über 900 mg/l (gemessen als Monatsmittel im Zulauf zur biologischen Stufe der Abwasserbehandlungsanlage) ist eine Ablaufkonzentration entsprechend einer CSB-Mindestabbauleistung von 90 % zulässig. Die Abbauleistung bezieht sich auf das Verhältnis der CSB-Tagesfrachten im Zulauf bzw. Ablauf der Abwasserbehandlungs- anlage. Als CSB-Tagesfracht im Zulauf ist die der wasserrechtlichen Bewilligung zugrunde liegende Belastung der Kläranlage maßgebend.</p> <p>k) Im Einzelfall ist ein höherer Emissionswert zulässig, sofern sichergestellt ist, dass es in der öffent- lichen Kanalisations- und Abwasserbehandlungsanlage zu keinen störenden Fettablagerungen sowie in der Abwasserbehandlungsanlage zu keiner Ausbildung von störenden Schwimmschlamm- decken in Klärbecken zufolge einer Einleitung gemäß § 1 Abs. 2 kommt.</p>		<p>1. Temperatur 30 °C</p> <p>2. Absetzbare Stoffe 0,3 ml/l</p> <p>3. pH-Wert 6,5 - 8,5</p>	<p>1. Temperatur 35°C</p> <p>2. Absetzbare Stoffe 10 ml/l</p> <p>3. pH-Wert 6,0 – 10</p>
		Anorganische Parameter	
<p>1. Freies Chlor d)</p> <p>2. Gesamtchlor 0,4 mg/l</p> <p>3. Ammonium 5,0 mg/l</p> <p>4. Chlorid durch G_F begrenzt</p> <p>5. Ges. geb. Stickstoff g) h)</p> <p>6. Gesamt- Phosphor 2,0 mg/l</p> <p>7. Sulfat -</p>		<p>0,2 mg/l</p> <p>0,4 mg/l</p> <p>-</p> <p>-</p> <p>200 mg/l, im Einzelfall nach Baustoffen und Ver- dünnung im Kanal höhere Werte zulässig (ÖNORM B 2503, September 1992)</p>	
		Organische Parameter	
<p>1. TOC i)</p> <p>2. CSB j)</p> <p>3. BSB₅</p> <p>4. AOX</p> <p>5. Schwerflüchtige lipophile Stoff</p>		<p>30 mg/l</p> <p>90 mg/l</p> <p>20 mg/l</p> <p>0,5 mg/l</p> <p>100 mg/l</p>	

Herstellung von Sauergemüse BGBl 1081/ 94 (STEINLECHNER & ROBRA 1997)

ERLÄUTERUNGEN		EMISSIONSBEGRENZUNGEN	
		Bei Einleitung in ein Fließgewässer	Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation
<p>a) Im Einzelfall ist ein höherer Emissionswert zulässig, sofern sichergestellt ist, dass es zu keiner Ausbreitung von Dämpfen oder Vereisungen und zu keiner Gefahr der gesundheitlichen Belastung durch Dämpfe für das Betriebspersonal einer öffentlichen Kanalisation kommt.</p> <p>b) Ökotoxikologischer Kennwert: im Rahmen der Fremdüberwachung gem. § 4 Abs. 3 bei begründetem Verdacht oder konkretem Hinweis der fließgewässerschädigenden Wirkung einer Abwasserreinigung, nicht jedoch in der Eigenüberwachung gemäß § 4 Abs. 2 einzusetzen.</p> <p>c) Die Festlegung für den Parameter Absetzbare Stoffe erübrigt eine Festlegung für den Parameter Abfiltrierbare Stoffe.</p> <p>d) Im Einzelfall ist ein höherer Emissionswert zulässig, sofern sichergestellt ist, dass es zu keinen Ablagerungen aufgrund einer Einleitung gemäß § 1 Abs. 2 kommt, die den Betrieb der öffentlichen Kanalisation oder der Abwasserbehandlung stören.</p> <p>e) Gilt nur bei einer Abwassertemperatur größer 12 °C im Ablauf der biologischen Stufe der Abwasserbehandlungsanlage. Die Abwassertemperatur von 12 °C gilt als unterschritten, wenn bei fünf gleichmäßig über den Probenzeitraum verteilten Temperaturmessungen mehr als ein Messwert unter dem Wert von 12 °C liegt.</p> <p>f) Der Emissionswert ist im Einzelfall bei Gefahr von Geruchsbelästigungen oder bei Korrosionsgefahr für zementgebundene Werkstoffe im Kanalisations- und Kläranlagenbereich (ÖNORM B 2503, Sept. 1992) festzulegen.</p> <p>g) Summe von Org. geb. N, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N.</p> <p>h) Liegt der wasserrechtlichen Bewilligung der Abwasserbehandlungsanlage eine Tagesroh-zuladung von mehr als 150 kg BSB₅ zugrunde, so ist die der Abwasserbehandlungsanlage zuzurechnende Fracht an Ges. geb. N um mehr als 75 % zu vermindern (Mindestwirkungsgrad).</p> <p>i) Die Festlegung für den Parameter Chemischer Sauerstoffbedarf erübrigt eine Festlegung für den Parameter Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff.</p> <p>j) Vorschreibung nur bei Abwasser gemäß § 1 Abs. 2 Z 2 erforderlich, wenn bei der Weiterverarbeitung Speiseöl zugesetzt wird.</p>	<p>1. Temperatur 30°C</p> <p>2. Toxizität GF < 2</p> <p>3. Absetzbare Stoffe 0,3 ml/l</p> <p>4. pH-Wert 6,5 - 8,5</p>	<p>1. Ammonium 5,0 mg/l</p> <p>2. Chlorid durch G_F begrenzt</p> <p>3. Ges. geb. Stickstoff 2,0 mg/l</p> <p>4. Gesamt- Phosphor 0,1 mg/l</p> <p>5. Sulfid 1,0 mg/l</p>	<p>1. Temperatur 35°C</p> <p>2. Toxizität GF keine Beeinträchtigung der biologischen Abbauvorgänge</p> <p>3. Absetzbare Stoffe 10 ml/l</p> <p>4. pH-Wert 6,0 - 9,5</p>
		<p><u>Anorganische Parameter</u></p> <p>e) durch G_F begrenzt</p> <p>f) - - - 1,0 mg/l</p>	
		<p><u>Organische Parameter</u></p> <p>i) 90 mg/l 20 mg/l</p> <p>j) 20 mg/l</p>	<p>- - 100 mg/l</p>

3.2.4 BRANCHENSPEZIFISCHE SITUATION IN ÖSTERREICH

In Österreich gibt es nach der letzten Stichprobenerhebung der Statistik Austria (1999) 139 Betriebe mit 3.124 Beschäftigten und Umsatzerlösen von 952.394 (in 1.000 €).

Beispielsweise sind im Bundesland Steiermark sind derzeit (Stand Stichprobenerhebung 1999) fünf Gemüse- und Obstverarbeitende Betriebe vorhanden. Davon ist nur ein Betrieb ein Indirekteinleiter. Drei Betriebe haben eigene Reinigungssysteme mit einer Anlagengröße von < 1000 EW, ein Betrieb ist größer als 110.000 EW.

Die durchgeführten Literaturrecherchen ergaben keine Ergebnisse für den Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Abwässern aus der Gemüse- und Obstverarbeitenden Industrie.

3.3 TENSIDHÄLTIGE ABWÄSSER

3.3.1 ABWASSERSPEZIFIKATION

Wasch- und Reinigungsmittel stellen - allein schon wegen der hohen Menge ihres Verbrauchs - eine Produktgruppe von hoher Umweltrelevanz dar. Die jährliche Menge an verbrauchten Textilwaschmitteln liegt in Österreich bei ca. 65.000 Tonnen, was einem pro-Kopf-Verbrauch von 8 kg entspricht. Hinzu kommen noch ca. 20.000 Tonnen Weichspüler und ca. 30.000 Tonnen Reinigungsmittel.

Die Einsatzgebiete von Tensiden sind derart vielfältig geworden und werden in vielen Produktionen nicht nur wegen ihrer waschaktiven Eigenschaften sondern darüber hinaus aufgrund ihrer solubilisierenden, suspendierenden bzw. dispergierenden Eigenschaften eingesetzt. Die Einsatzbereiche umfassen kosmetische und pharmazeutische Produktionen, Nahrungsmittelindustrie, Gastronomie, Getränkeindustrie, Textil- und Faserindustrie, Produktion von Farben, Lacken, Dispersionen und Kunststoffen, Zellstoff- und Papierindustrie, Metallverarbeitung, Bauindustrie, Mineralölindustrie, Chemische Industrie u.a.

Die aus den genannten Produktionen anfallenden Tensidbelastungen im Abwasser sind hinsichtlich der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe sowie der Mengen stark unterschiedlich.

Das Wirken von Wasch- und Reinigungsmittel wird durch ein Zusammenspiel verschiedenster Inhaltstoffe gewährleistet, wobei eine grobe Einteilung in die Substanzgruppen der waschaktiven Substanzen (Tenside), der Waschmittelaufbaustoffe (Builder), der Sonderzusätze (Bleichmittel u.a.) und der Hilfsstoffe (Enzyme u.a.) erfolgen kann. Die wichtigste Gruppe der Waschmittelinhaltsstoffe stellen die waschaktiven Substanzen (Tenside) dar, wobei nach ihrer chemischen Struktur eine Einteilung in anionische (z.B. Seife, LAS), kationische, nichtionische und amphotere Tenside erfolgen kann. Die Wirkung der Tenside wird unterstützt durch die sogenannten Builder, wobei anorganische (z.B. Phosphate) und organische (z.B. NTA und EDTA) Builder unterschieden

werden können. Als die weltweit wichtigste Tensidgruppe werden lineare Alkylbenzolsulfonate (LAS) eingestuft.

In Wasch- und Reinigungsmittel werden üblicherweise LAS mit einer Alkyllänge von 10-13 Kohlenstoffatomen verwendet (JAKOBI & LÖHR, 1987). LAS (C10-13) sind somit genaugenommen ein Stoffgemisch, das sich aus 4-Alkylketten-Homologen (C10, C11, C12 und C13) zusammensetzen. Die jeweiligen LAS-Homologe zeichnen sich durch unterschiedliche ökologische Eigenschaften (z.B. mikrobieller Abbaubarkeit) und ökotoxikologischen Eigenschaften aus. LAS sind biologisch unter aeroben Bedingungen gut und rasch abbaubar. Der Abbauvorgang geht einher mit einer Reduktion der Länge der Kohlenstoffketten und somit der Toxizität. In Kläranlagen mit biologischer Abwasserreinigung wurden Abbauraten von > 95 % gefunden (BERNA et al., 1991; CAVALLI et al., 1996; SCHÖBERL 1995).

3.3.2 BRANCHENSPEZIFISCHE NORMEN UND RECHTLICHE VORGABEN

Die Festlegung der Emissionsbegrenzungen wird aufgrund der unterschiedlichen Herkünfte in mehreren branchenspezifischen Indirekteinleiterverordnungen geregelt.

Auf gesetzlicher Ebene werden darüber hinaus in Österreich Mindestanforderung an die Primärabbaubarkeit von anionischen und nichtionischen Tensiden über das österreichisches Bundesgesetz bezüglich der Umweltverträglichkeit von Waschmittel, BGBL. Nr. 300/1984 geregelt.

Die Verordnung 2000/214/II "Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Seifen, Wasch-, Putz- und Pflegemitteln (AEV Wasch- und Reinigungsmittel) regelt Emissionsstandards in der primären Wasch- und Reinigungsmittelproduktion.

Für Abwässer aus Betrieben oder Anlagen die Tenside unter Einsatz von chemischen oder biochemischen Synthesen oder durch Verseifen von Fetten und Ölen herstellen, die Seifen, Waschmittel, Putz- und Pflegemittel herstellen bzw. formulieren und Anlagen die Abluft und wässrige Kondensate aus diesen Tätigkeiten reinigen gelten folgende Emissionsbegrenzungen:

EMISSIONSBEGRENZUNGEN		
Bei Einleitung in ein Fließgewässer		Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation
<u>Allgemeine Parameter</u>		
1. Temperatur	30°C	35°C
2. Toxizität (a)		
a. Algentoxizität G _A	8	(b)
b. Bakterientoxizität G _L	4	(b)
c. Daphnientoxizität G _D	4	(b)
d. Fischtoxizität G _F	2	(b)
3. Abfiltrierbare Stoffe (c)	30 mg/l	150 ml/l (d)
4. pH-Wert	6,5 - 9,0	6,5 - 10,5
<u>Anorganische Parameter</u>		
1. Aluminium (ber. als Al)	2,0 mg/l	durch abfiltr. Stoffe begrenzt
2. Ammonium (ber. als N)	5,0 mg/l	(e)
3. Bor (ber. als B)	5,0 mg/l	10 mg/l
4. freies Chlor (ber. als Cl ₂) (f) (g)	0,2 mg/l	0,5 mg/l
5. Flourid (ber. als F)	10 mg/l	20 mg/l
6. Ges. geb. Stickstoff (TN _b) (h)	50 mg/l	--
7. Phosphor Ges. (ber. als P)	2,0 mg/l	--
8. Sulfat (ber. als SO ₄)	--	(i)
<u>Organische Parameter</u>		
1. TOC (j)	30 mg/l	(k)
2. CSB (i)	90 mg/l	(m)
3. BSB ₅	20 mg/l	--
4. AOX	1,0 mg/l	2,0 mg/l
5. schwerflüchtige lipophile Stoffe	20 mg/l	100 mg/l (n)
6. Summe Kohlenwasserstoffe	5 mg/l	20 mg/l
7. Phenolindex	0,1 mg/l	10 mg/l
8. Summe Tenside (o)	2,0 mg/l	(p)
9. Summe flüchtigen arom. Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Xylose und Ethylbenzol BTXE	0,1 mg/l	0,1 mg/l

- a: bei der Wahl des Toxizitätstestes ist darauf zu achten, dass die empfindlichste Testorganismusgruppe berücksichtigt wird.
- b: es darf keine Beeinträchtigung der biologischen Abbauprozesse in einer öffentl. Kanalisation hervorgerufen werden.
- c: die Festlegung des Parameters abfiltrierbare Stoffe überbrückt die Festlegung des Parameters absetzbare Stoffe.
- d: im Einzelfall sind höhere Emissionswerte zulässig.
- e: im Einzelfall sind bei Korrosionsgefahr im Kanal bzw. in der ARA Emissionsbegrenzungen festzulegen.
- f: die Festlegung des Parameters freies Chlor überbrückt den Parameter Gesamt Chlor.
- g: es darf bei der Reinigung kein freies Chlor bestimmbar sein.
- h: Summe von org. geb. N, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N.
- i: siehe e.
- j: Mindesteliminationsleistung bei einem Zulauf > 120 mg/l muss 75 % betragen.
- k: die Einleitung ist nur zulässig wenn eine aerobe biologische Abbaubarkeit von > 75 % im Abbautest nachgewiesen ist.
- l: CSB Mindesteliminationsleistung von 75 % bei einem Zulauf von > 360 mg/l;
- m: CSB Gehalte dürfen nach der Vorreinigung nicht > 360 mg/l sein.
- n: im Einzelfall sind höhere Emissionen zulässig.
- o: Summe der anionischen, kationischen und nichtionischen Tenside.
- p: Einleitung darf keine Störungen verursachen.

Tabelle 8: Emissionsbegrenzungen Reinigungs- und Waschmittelerzeugung

3.4 MILCHVERARBEITUNG / KÄSEREI

3.4.1 ABWASSERSPEZIFIKATION

Die Belastung von Molkereiabwasser ist überwiegend auf die Vermischung mit organisch hochkonzentrierten Produktresten aus Reinigungsprozessen zurückzuführen und nur sekundär auf nicht verwertbare Restkonzentrate und Reinigungsmittel. Der überwiegende Teil sind gelöste organische Verbindungen. Diese sind leicht abbaubar, wenn Besonderheiten des Molkereiabwassers wie starke Konzentrationsschwankungen (BSB_5 , pH) und erhöhte Temperaturen berücksichtigt werden.

Abwässer aus milchverarbeitenden Betrieben können wie folgt differenziert werden:

Kühl- und Kondenswasser

Sanitärabwässer

Betriebsabwasser

- Vorbehandlung
- Produktverluste
- wirtschaftlich nicht mehr verwertbare Restprodukte
- Waschwasser
- Reinigungslösungen
- Reinigungs- und Spülwasser
- Wasseraufbereitung

Niederschlagswasser

Die organische Belastung des Molkereiabwassers - hochmolekulares Eiweiß, Milchzucker, Fette und Salze - resultiert zu > 90 % aus Milchbestandteilen und Produktresten. Diese Stoffe liegen in Form von Emulsionen, Suspensionen und echten Lösungen vor und zeigen große Konzentrationsschwankungen (ÖWAV 1982).

Die Abwasserbelastung wird vorwiegend vom Erzeugungsprogramm, vom Produktionsumfang, von den technischen Einrichtungen, der Technologie, der Art der Reinigung sowie von der Sorgfalt der Betriebsangehörigen beeinflusst.

Kenndaten für unbehandeltes Molkereiabwasser (aus ATV 1985, ÖWAV 1982):

	Tagesmittel	Schwankungsbereich
Schmutzwassermenge pro 1000 kg Milch (m ³ /1000kg)	1-2	0,5-4,0
BSB ₅ -Fracht pro 1000 kg Milch (kg/1000 kg)	0,8-2,5	0,3-5,0
BSB ₅ (mg/l)	500-2000	1-50000
BSB ₅ /CSB	Durchschnitt 0,70 Vollmilch 0,69 Magermilch 0,63 Molke 0,52 Lactose 0,53 Casein 0,46 Molkeeiweiß 0,23	0,35-0,9
BSB ₅ /N	~ 15 Magermilch ~ 21 Molke	
BSB ₅ /P	~ 100-50	
absetzbare Stoffe (ml/l)	~ 1-2	
pH	6-10,5	1-13
Temperatur °C	25-35	5-60

Abwasserkennwerte einzelner Molkereiprodukte - MILCHVERARBEITUNG:

	Vollmilch 3,5 % Fett g/l	Mager- milch g/l	Butter- milch g/l	Rahm 30 % Fett g/l	Kondens- milch 7,5 % g/l	Lab- molke g/l	Sauer- molke g/l	Mager- milch- pulver g/kg	Labmolke pulver g/kg
Wasser	875	908	913	621	740	938	954	43	50
TS	125	92	87	379	260	62	56	957	950
Fett	35	0,5	5	315	75	0,5	0,5	10	12
Eiweiß	36	36	35	28	71	7,5	7,5	350	123
Ges. N	6	6	6	4	11	1,2	1,2	60	20
Milchzucker	47	47	40	3	98	47	40	519	732
Salze	7	7	7	3	16	7	8	78	83
BSB ₅	114	90	61	400	271	42	35	700	600
KMnO ₄ - Verbr.	175	-	155	150	519	85	75	980	1600
CSB	183	147	134	750	378	65	60	950	--
TOC	70	62	55	186	208	27	25	374	--

Kennwerte für Molkereiabwasser - KÄSEERZEUGUNG:

Produktion	BSB ₅ (max/min)	EW ₆₀	CSB (max/min)	spez. Schmutz- wassermenge (max/min)	absetzb. Stoffe (max/min)	l/1000kg
Käse mit Molke- ableitung	37,5	650	58			
Käse ohne Molke Frischkäse	1,8 (4,25/1,25)	30	2,29 (6,10/1,53)	2,2 (3,5/1,93)	5,0 (5,4/3,0)	11,0
Weichkäse	2,14 (3,45/1,67)	36	2,98 (4,27/2,02)	3,11 (3,12/3,10)	0,8 (2,3/0,04)	2,49
Schnittkäse	1,32 (3,413/0,81)	22	2,72 (6,05/1,15)	1,52 (3,86/0,61)	0,9 (1,9/0,4)	1,37
Hartkäse	1,54 (2,19/1,38)	24	2,23 (2,0/2,23)	1,74 (4,01/0,85)	1,3	2,26
Schmelzkäse	--		3,46 (4,47/2,81)	4,7 (8,0/3,25)	0,2 (0,2/0,12)	0,94

Reinigungswasser

Zur Reinigung der Milchverarbeitungsanlagen werden neben Wasser, Reinigungs- und Desinfektionsmittel eingesetzt. Laugen werden zum Verseifen von Fetten und Peptisieren von Proteinen eingesetzt und Säuren sollen Milchstein aus der Hitzebehandlung der Milch lösen.

Als Reinigungsmittel werden überwiegend Natronlauge und Salpetersäure in 0,5 – 2%iger Verdünnung verwendet. Weiters werden konfektionierte Mittel eingesetzt, die zusätzlich Natriumkarbonat, -silikat und -phosphat sowie EDTA und Polyphosphat enthalten können außerdem Detergentien und Desinfektionsmittel (chlorhaltige und quartäre Ammoniumverbindung).

Die pH-Werte unterliegen starken Schwankungen. Spitzenwerte zwischen 1 - 13 können auftreten. Im Regelfall werden die sauren pH-Werte meist von den überwiegend alkalischen überdeckt, so dass im Durchschnitt Werte zwischen 9,5 - 11 gemessen werden. Zur Reinigung wird Heißwasser bzw. heiße Lauge verwendet, wodurch mit erhöhten Abwassertemperaturen zu rechnen ist (25-30 °C).

Die Produktbeschaffenheit hat generell Einfluss auf Rückstände bzw. Schmutzfracht. Viskosere Produkte wie Rahm, Sauermilchprodukte oder Eiscreme haben dickere Rückstandfilme in Gefäßen etc., sodass hier nach Multiplikation mit höheren Konzentrationen dieser viskoseren Produkte stark erhöhte Schmutzfrachten auftreten können.

In mehreren Prozessen der Milchverarbeitung fallen außer dem Abwasser aus der Reinigung andere hochkonzentrierte flüssige Reststoffe (z.B. Molke) an, mit Konzentrationen von ca. 0,5 – 30 % Trockensubstanz, ca. 5000-100000 mg/l BSB₅ und ca. 8000 - 150 000 mg/l CSB. Überwiegend eignen sich diese Stoffe zur Verfütterung oder anderer weiteren Verwendung (Hefefermentation, Nahrungsmittel). In manchen Fällen wird Molke auch als Abwasser mit aeroben, anaeroben oder Land-Behandlungsverfahren behandelt.

3.4.2 VORRANGIG EINGESETZTE REINIGUNGSTECHNOLOGIEN

Vorbehandlung von Molkereiabwässern:

Der Gehalt an absetzbaren Stoffen im Molkereiabwasser (außer bei Trocknung und Käsewäsche) beträgt durchschnittlich 1-2 ml/l, entsprechend 30-70 mg absetzbarer Stoffe/l mit einem organischen Anteil von 65 – 98 %. Entsprechend gering ist die Reduktion von BSB₅ beim Absetzen, nämlich nur 5 – 10 %.

Von den nicht absetzbaren Inhaltstoffe lassen sich Fette und Eiweiß mit chemisch/physikalischen Verfahren aus dem Wasser eliminieren, Milchzucker bleibt im Abwasser gelöst.

Milchfett kann mit Entspannungsflotation zu 90 % eliminiert werden. Kaseineiweiß koaguliert nach dem Ansäuern auf einen pH-Wert unter 4,6 und lässt sich dann mit einem Absetzverfahren eliminieren (Flockungsflotation).

Weiters sind Membranverfahren im Einsatz. Angewendet wird Ultrafiltration, wobei bei diesem Verfahren noch der gesamte Milchzucker im Filtrat enthalten ist. Das UF-Permeat kann auf Grund der hohen Rest BSB₅ Belastung nicht als Abwasser abgeleitet werden. Ebenso sind Ionenaustauscher und Aktivkohlefiltration zur innerbetrieblichen Reinigung wenig organisch verschmutzter Abwässer im Einsatz. Derart gereinigte Abwässer werden innerbetrieblich im Kreislauf geführt, oder ins Kanalsystem eingeleitet.

Am häufigsten sind Misch- und Ausgleichsbecken als Vorbehandlungseinrichtungen, zum Mengen- und Konzentrationsausgleich (Mischneutralisation) im Einsatz.

Abwasserbehandlung:

Generell zeigt Molkereiabwasser gute biologische Abbaubarkeit. Die BSB-Elimination verläuft schneller als im häuslichen Abwasser, bedingt durch die schnelle biochemische Umsetzung der Laktose im Molkereiabwasser.

Belebungsanlagen sind zur Reinigung gut geeignet. Probleme entstehen durch die pH-Schwankungen, gelegentlichen Stickstoffmangel, starke Konzentrationsschwankungen und Blähschlamm-Bildung.

Im Vergleich zu häuslichem Abwasser ist der Gehalt an absetzbaren Stoffen höher - häufig zeigen Molkereiabwasser-Schlämme ungünstigere Absetzeigenschaften im Vorklärbecken.

Vorrangig eingesetzte Reinigungstechnologien sind schwach belastete Belebungsverfahren. Diese werden aus mehreren Gründen bevorzugt eingesetzt:

- ≠ auf einen Betrieb eines Misch- und Ausgleichsbeckens kann verzichtet werden
- ≠ Überschussschlammproduktion ist geringer
- ≠ gelegentlicher Stickstoffmangel führt nicht so oft zu Entartungen des belebten Schlammes
- ≠ geringere Schlammindizes

Auslegung einer KA für Molkereiabwässer - Beispiel:

verstärkte Belüftung (OC/load > 3,0 kg/O₂/kg BSB₅ anstatt 2,5 für häusliches Abwasser)

erhöhte Schlammbelastung $B_{TS,BSB5}$ 0,06 bis 0,08 kg/kg.d statt 0,05 kg/kg.d

Schlammindex 150 - 200 ml/g

Sandfang und Rechen sollten immer vorhanden sein (handgeräumte Anlagen reichen aus)

Überschussschlammproduktion: = ζ (=belastungsabhängiger Beiwert) x kg / BSB₅ Abbau/m³.d - η
(= belastungs- und temperaturabhängiger Beiwert) x Trockensubstanz im Belebtschlamm (kg/m³)

In Kunststofftropfkörpern geht man von einer Überschussschlammproduktion von 0,3 kg TS /kg BSB₅ Abbau aus.

3.4.3 BRANCHENSPEZIFISCHE NORMEN UND RECHTLICHE VORGABEN

Die Emissionsbegrenzungen für die Direkteinleiter orientieren sich im Hinblick auf die gute biologische Abbaubarkeit der Abwasserinhaltsstoffe an den mit kommunalen Abwasserreinigungsanlagen erzielbaren Reinigungsleistungen. Dabei muss durch betriebsinterne Wiederverwertungs- oder Mehrfachnutzungsmaßnahmen dem Problem der Aufkonzentrierung von betrieblichem Abwasser Rechnung getragen werden.

Für Milchbearbeitungs- und -verarbeitungsbetriebe ist in Österreich die AEV Milchwirtschaft (BGBl. II Nr. 11/1999) gültig. Diese ersetzte mit ihrem in Krafttreten am 12.1.2000 die bis dato gültige AEV Milchwirtschaft aus dem Jahr 1991 (BGBl. Nr. 183/1991) und die WRG-Novelle 1993, Abschnitt V BGBl. Nr. 537/1993).

EMISSIONSBEGRENZUNGEN		
Bei Einleitung in ein Fließgewässer		Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation
<u>Allgemeine Parameter</u>		
1. Temperatur	30°C	35°C
2. Absetzbare Stoffe	0,3 ml/l	10 ml/l
3. pH-Wert	6,5 - 8,5	6,0 - 10,5
<u>Anorganische Parameter</u>		
1. Gesamt-Chlor	0,4 mg/l	0,4 mg/l
2. Ammonium bei $T \geq 12$ °C	5 mg/l	ist im Einzelfall festzulegen
3. Gesamt geb. Stickstoff TN_b *	a	-
4. Gesamt- Phosphor	2 mg/l	-
<u>Organische Parameter</u>		
1. TOC	25 mg/l	-
2. CSB	75 mg/l	-
3. BSB ₅	20 mg/l	1,0 mg/l
4. AOX	0,1 mg/l	100 mg/l ¹⁾
5. direkt abscheidbare lipophile Stoffe	10 mg/l	

* TN_b = Summe von organisch gebundenen Stickstoff, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N

a: wenn der wasserrechtlichen Bewilligung der biologischen Stufe der ARA eine Tagesrohzaufkraft von über 150 kg BSB₅ zugrunde liegt, ist die der biologischen Stufe der ARA zufließende Fracht an TN_b um mehr als 75 % zu vermindern (Mindestwirkungsgrad).

Tabelle 9: Emissionsbegrenzungen Milchverarbeitung

Im Kontext mit wasserbezogenen EU-Richtlinien ist die Richtlinie RL 76/464/EWG, die EU Programme zur Verminderung der Gewässerbelastung durch Stoffe der Liste I (Schwarze Liste) und durch Stoffe der Liste II (graue Liste - Zuständigkeitsbereich Mitgliedsstaaten) zu sehen. Im Bereich der Milchwirtschaft kommen für die Liste I die halogenierten organischen Verbindungen (erfasst als AOX) in Frage. Für die Liste II kommen Gesamtchlor (Biozide) und Ammonium in Betracht. Die AEV Milchwirtschaft stellt ein nationales Programm zur Verminderung der Gewässerbelastungen durch die genannten Stoffe im Abwasser aus der Milchwirtschaft dar.

Weiters hat die EU abweichend vom Konzept der Einzelstoffregelung nach RL 76/464/EWG in der Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser aus 1991 (91/271/EWG) die Mitgliedsstaaten verpflichtet, autonome nationale Regelungen für Abwasser aus dem Herkunftsbereich der Milchwirtschaft zu erlassen, was mit der AEV Milchwirtschaft in Österreich erfüllt ist.

In der Richtlinie RL 96/61/EG, Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen (IPPC), werden unter anderem Anlagen zur Behandlung und Verarbeitung von Milch (bei Milchmengen über 200 t/Tag im Jahresmittel) genannt, für welche ein integriertes Bewilligungsverfahren, bei dem Schutzmassnahmen für alle Umweltmedien auf dem Niveau des Standes der Technik vorzusehen sind, durchgeführt werden muss.

Emissionsgrenzwerte für Slowenien und Österreich im Vergleich: (bei Einleitung in Fließgewässer)

	Slowenien	Österreich
Temperatur (°C)	--	30
Absetzbare Stoffe (mg/l)	0,3	0,3
gelöste Stoffe (mg/l)	80	--
pH-Wert	6,5 - 9,0	6,5 - 8,5
Gesamt - Chlor (mg Cl / l)	0,4	0,4
Ammonium (mg N/l)	10 (T > 10 °C)	5 (T > 12)
Gesamt - Phosphor (mg P / l)	2	2
CSB (mg/l)	120	75
BSB ₅ (mg/l)	25	20
TOC (mg/l)	30	25
AOX (mg/l)	0,14	0,10
schwerflüchtige lipophile Stoffe (mg/l)	20	--
direkt abscheidbare lipophile Stoffe (mg/l)		10

Tabelle 10: Emissionsbegrenzungen für Slowenien und Österreich

3.4.4 PFLANZENKLÄRANLAGEN ZUR REINIGUNG VON MOLKEREIABWÄSSERN

Versuchsanlage des landwirtschaftlichen Betriebes Frolois/Cote d`Or in Frankreich (BOUTIN, LIENARD & ESSER 1996) - 2stufiges Schilfboot-System mit einem nicht bindigen Bodenfilter.

1. Reinigungsstufe aus drei parallelen Becken, vertikal durchströmt; 2. Stufe aus drei parallel geschalteten horizontal durchströmten Becken

Pilotanlage der Käserei Scheimatt in der Schweiz (ZÜST & SCHÖNBORN 1994); vertikal durchströmtes Becken mit nicht bindigem und bindigem Boden; 3 horizontale Schichten

Pilotanlage der Molkerei und Käserei Münchehofe in Deutschland (GRÜNEBERG B., KERN J. 2000); Vorversuch in Versuchstöpfen mit unterschiedlichem Filteraufbau und Bepflanzung.

Aus der Untersuchung der Anlage Scheimatt wird abgeleitet, dass eine Flächenbelastung von 26 mm/d als optimal anzusehen ist. Die obere hydraulische Belastungsgrenze für Sand-Pflanzen-Filter sollte auch bei Belastungsspitzen infolge von Starkniederschlägen 126 mm/d nicht überschreiten. Wie die Untersuchungen der oben genannten Anlagen gezeigt haben ist die Reinigung von Molkerei- und Käsereiabwässern durch Pflanzenkläranlagen mit Bodenpassage (SSF) sehr effizient. Für die Klärung großindustrieller Abwässer im technischen Maßstab fehlen noch Erfahrungswerte (PUSSARNIG 2000).

Branchenspezifische Situation in Österreich

Nach der Stichprobenerhebung der Statistik Austria (1999) sind Österreichweit 117 Betriebe der Gruppe Milchverarbeitung und Herstellung von Speiseeis vorhanden. Wobei davon 105 Betriebe Milchverarbeiter sind mit einer Beschäftigungszahl von insgesamt 4.112 Beschäftigten und Umsatzerlösen (aus dem Jahr 1999) von 1.688.581,5 (in 1.000 €).

Nach einer Erhebung der Steiermärkischen Landesregierung (2001) ist derzeit in der Steiermark nur eine einzige Anlage mit einer eigenen Abwasserreinigungsanlage (21.667 EW) vorhanden. In dieser werden allerdings sowohl Abwässer aus der Milchverarbeitung als auch Abwässer aus der Fleischverarbeitung gereinigt. Alle anderen Molkereien in der Steiermark sind Indirekteinleiter in Kanalisationsanlagen.

3.5 FISCHVERARBEITUNG

3.5.1 ABWASSERSPEZIFIKATION

Abwasser aus der Fischverarbeitung ist organisch hochbelastet mit hohem Anteil an Ölen, Fetten, Eiweißen und Chloriden. Grundsätzlich ist es leicht abbaubar. Die Verschmutzungen liegen überwiegend in gelöster und kolloidaler Form vor.

Für die Frischfischverarbeitung von der Rohware zum Filet ist eine Wassermenge von ca. 7 m³ pro Tonne Rohware erforderlich. Das Abwasser enthält Fischabfälle, ev. Speisesalz und Reinigungsmittel.

Im Abwasser sind hohe Anteile an ungelösten, schwer absetzbaren Stoffen mit kleiner Sinkgeschwindigkeit

Abwasser kennwerte aus unterschiedlichen Produktionslinien (ATV 1985):

Verarbeitung	PH-Wert	abs. Stoffe ml/l	ungel. Stoffe ml/l	KMNO ₄ -Verbr.	BSB ₅ g/l	BSB ₅ Fracht kg/d (MW)	EGW ₆₀ (MW)	Fett mg/l	Chlorid g/l	Eiweiß g/l
Hering	4,5-6,0	20-70	220-1520	1,8-3,5	2,3-4,0	2285	38100	190-450	2,0-3,3	--
Frischfisch	6,0-6,6	1-210	170-3650	0,2-4,6	1,0-6,25	720	12270	46-2500	0,1-0,4	--
Konserven	6,2-7,0	3-54	300-1530	1,1-3,3	1,6-8,1	--	--	18-1400	--	1,0-2,0
Räucherei	6,7-7,1	0,1-34	14-845	0,8-2,2	1,0-1,7	132	2200	24-180	0,6-4,5	--
Auftauen	6,2-10,6	0,1-8,0	0-70	0,04-1,05	0,03-1,8	167	2800	4-46	0,05-0,5	--
Frosten	5,7-8,2	5-18	500-1060	0,7-2,4	0,6-1,4	478	8300	10-90	--	--
Feinkost	4,4-5,5	1,0-19	50-120	0,9-7,3	0,6-4,5	120	2000	20-675	0,4-2,6	--

Tabella 11: Abwasser kennwerte - Fischverarbeitung

3.5.2 VORRANGIG EINGESETZTE REINIGUNGSTECHNOLOGIEN

Vorbehandlung von Abwässern aus der Fischverarbeitung:

Zur innerbetrieblichen Abwasservorbehandlung sind Rechenanlagen im Einsatz. Das Rechengut wird zusammen mit anderen Abfällen zu Fischmehl weiterverarbeitet.

Seltener ist der Einsatz von Sieben - die Siebreste mit einem Feststoffanteil von ca. 20 % können ebenfalls in der Fischmehlindustrie weiter verarbeitet werden.

Weitere Vorbehandlungsmöglichkeiten ist die Sedimentation mit oder ohne die Verwendung von Flockungsmitteln. Geruchsprobleme können hierbei auftreten.

Je nach Produktion können erhebliche Schwankungen bei den Schmutzfrachten aus den verschiedenen Produktionszweigen der Fischindustrie auftreten. Mit einem Flotationsverfahren lässt sich eine erhebliche Reduzierung der organischen Schmutzfracht erreichen. Der Einbau von Flotationsanlagen zur Vorbehandlung des Abwassers ist insbesondere dann sinnvoll wenn eine Trennung von Fäkal- und Betriebswasser möglich ist, so dass das Flotat in der Fischmehlindustrie weiter verwertet werden kann.

50 % der Schmutzfrachten und 90 % der Fette und 70 % Eiweiße können durch ein Flotationsverfahren zurückgehalten werden. Weit verbreitet ist die Entspannungsflotation, d.h. die chemische Konditionierung mit Metallsalzen (FeSO_4 bzw. FeCl_3 oder Aluminiumhydroxid) und Anhebung des pH-Wertes auf 8 - 8,5 durch Kalkzugabe (Ca(OH)_2). Weiters kann eine Flockung mit Polyelektrolyten erfolgen.

Zur Vermeidung von Ablagerungen (Fetten) in der Kanalisation und damit verbundenen möglichen Geruchsemissionen ist eine Vorbehandlung eine gute Lösung.

Abwasserbehandlung:

Auf Grund der Zusammensetzung der Schmutzstoffe im Fischereiabwasser ist davon auszugehen, dass sie leicht biologisch abbaubar sind. Das Verhältnis CSB/BSB_5 lässt Rückschlüsse auf den biologischen Abbau zu. Im Mittel kann von einem CSB/BSB_5 - Verhältnis von 1,5/1 ausgegangen werden. Untersuchungsergebnisse einer einstufigen biologischen Reinigung zeigten, dass bei entsprechend langer Aufenthaltszeit eine BSB_5 -Abbauleistung von durchschnittlich 96 % erzielt werden konnte. Mit steigender Belastung ist mit Blähschlammproblemen zu rechnen.

Erfahrungen haben gezeigt, dass bei der Behandlung von Fischereiabwässern (getrennt oder zusammen mit Fäkalabwässern) sowohl mit Belebungsverfahren als auch bei der Verwendung von technischem Sauerstoff eine gute Reinigungsleistung zu erzielen ist. Der Vorteil der Reinsauerstoffverfahren liegt in den günstigen Schlammverhältnissen mit sehr niedrigen

Schlammindices, so dass eine Blähschlamm-Bildung nicht auftreten dürfte. Die Verwendung von geschlossenen Systemen bietet Vorteile im Hinblick auf Geruchsbelastungen.

3.5.3 BRANCHENSPEZIFISCHE NORMEN UND RECHTLICHE VORGABEN

Emissionsbegrenzungen für Fischproduktionsanlagen sind im Bundesgesetzblatt BGBl 1075/94 (STEINLECHNER & ROBRA 1997) festgeschrieben:

ERLÄUTERUNGEN	EMISSIONSBEGRENZUNGEN	
	<i>Bei Einleitung in ein Fließgewässer</i>	<i>Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation</i>
a) Im Rahmen der Fremdüberwachung gem. § 4 Abs. 3 bei begründetem Verdacht oder konkretem Hinweis der fließgewässerschädigenden Wirkung einer Abwassereinleitung, nicht jedoch in der Eigenüberwachung gemäß § 4 Abs. 2 einzusetzen.	<u>Allgemeine Parameter</u>	
b) Die Festlegung für den Parameter Absetzbare Stoffe erübrigt eine Festlegung für den Parameter Abfiltrierbare Stoffe.	1. Temperatur	30°C
c) Im Abwasser darf kein Freies Chlor bestimmbar sein.	2. Toxizität G _F a)	2
d) Gilt nur bei einer Abwassertemperatur größer 12 °C im Ablauf der biologischen Stufe der Abwasserbehandlungsanlage. Die Abwassertemperatur von 12 °C gilt als unterschritten, wenn bei fünf gleichmäßig über den Probenzeitraum verteilten Temperaturmessungen mehr als ein Messwert unter dem Wert von 12 °C liegt.	3. Absetzbare Stoffe b)	0,3 ml/l
e) Der Emissionswert ist im Einzelfall bei Gefahr von Geruchsbelästigungen oder bei Korrosionsgefahr für zementgebundene Werkstoffe im Kanalisations- und Kläranlagenbereich; (ÖNORM B 2503, Sept. 1992) festzulegen.	4. pH-Wert	6,5 - 8,5
f) Die Summe von Org. geb. N, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N.	<u>Anorganische Parameter</u>	
h) Die Festlegung für den Parameter CSB erübrigt eine Festlegung für den Parameter TOC	1. Freies Chlor c)	0,2 mg/l
	2. Gesamt-Chlor	0,4 mg/l
	3. Ammonium d)	5,0 mg/l
	4. Chlorid durch G _F begrenzt	-
	5. Ges. geb. Stickstoff f) g)	-
	6. Gesamt-Phosphor	1,0 mg/l
	<u>Organische Parameter</u>	
	1. CSB h)	90 mg/l
	2. BSB ₅	20 mg/l
	3. AOX	0,5 mg/l
	4. Schwerflüchtige lipophile Stoffe	20mg/l

g) Liegt der wasserrechtlichen Bewilligung der Abwasserbehandlungsanlage eine Tagesrohzauftracht von mehr als 150 kg BSB₅ zugrunde, so ist die der Abwasserbehandlungsanlage zufließende Fracht an Ges. geb. Stickstoff um mehr als 75 % zu vermindern (Mindestwirkungsgrad). Der Mindestwirkungsgrad bezieht sich auf die der Abwasserbehandlungsanlage zufließende bzw. die aus der Abwasserbehandlungsanlage abfließende Fracht an Ges. geb. Stickstoff eines Tages.

Tabelle 12: Emissionsbegrenzungen Fischverarbeitung

	Slowenien	
	Einleitung in Fließgewässer	Einleitung in Kanalisation
Temperatur (°C)	30	35
Absetzbare Stoffe (mg/l)	0,3	10
gelöste Stoffe (mg/l)		
pH-Wert	6,5-8,5	6,0-9,5
Gesamt - Chlor (mg Cl / l)	0,4	0,4
freies Chlor (mg/l)	0,05	0,2
Chlorid (mg/l)	^b	
Ammonium (mg N/l)	5	^a
Gesamt - Phosphor (mg P / l)	1	--
CSB (mg/l)	90	--
BSB ₅ (mg/l)	20	--
TOC (mg/l)		
AOX (mg/l)	0,5	0,5
lipophile Stoffe (mg/l)	20	100
a: bei ARA < 2.000 EW 100 mg/l; bei ARA > 2.000 EW 200 mg/l b: limitiert mit Toxizität		

Tabelle 13: Emissionsbegrenzungen Slowenien

3.5.4 BRANCHENSPEZIFISCHE SITUATION IN ÖSTERREICH

Nach der Erhebung der Statistik Austria sind in Österreich derzeit 7 Fischverarbeitungsbetriebe mit insgesamt 302 Beschäftigten und Umsatzerlösen von 34.562,5 (in 1.000 €) vorhanden.

Über den Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Reinigung von Abwässern aus Fischverarbeitungsbetrieben sind keine Erfahrungen bekannt.

3.6 SCHLACHTUNG UND FLEISCHVERARBEITUNG

3.6.1 ABWASSERSPEZIFIKATION

Abwasser aus Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetrieben wird u.a. durch Blut, Pansen- und Darminhalte sowie durch feste Abfallstoffe hoch belastet. Es ist gekennzeichnet durch hohe Gehalte an Fett, Eiweiß und Eiweißabbauprodukte, wasserdampfflüchtige Säuren, Amine und weitere organische Stickstoffverbindungen und häufig durch erhöhte Salzgehalte. Aber auch Kohlenhydrate und viele anderen Komponenten des Blutes, der Gewebeflüssigkeit etc. sind im Abwasser in gelöster oder kolloidaler Form vorhanden. Generell kann Schlachthofabwasser auch diverse Krankheitserreger enthalten. Konzentration und Anfallsmengen können starken Schwankungen unterliegen.

In den einzelnen Produktionsbereichen eines Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebes gibt es grundsätzliche die Produktionsprozesse Schlachten, Bearbeitung des Fleisches (Zerlegung, Bratfertig machen etc.) und Verarbeitung des Fleisches (Wurstherstellung etc.). Weiters können in Betrieben folgende Nebenproduktionsbereiche vorhanden sein: Verarbeitung des Blutes und der Fette für Ernährungszwecke, Sortieren, Salzen und Lagern der Häute und Bearbeitung der Knochen, des Blutes und sonstiger Abfälle für technische Zwecke. Die in den jeweiligen Bearbeitungsschritten entstehenden Teilabwasserströme weisen zum Teil sehr hohe Belastungsunterschiede auf, prozessbedingt fallen diese Abwässer oft diskontinuierlich an (z.B. Entleerung von Brühkesseln, etc.).

Beschaffenheit von Schlachthofabwässern: (ATV 1985, ÖWAV-Regelblatt 3, 1992)

Bezugseinheiten	Spezifische Schmutzwassermenge (l/E)	Spezifische Schmutzfracht	
		BSB ₅ (g/E)	CSB (g/E)
Schlachtung einer Großvieheinheit (insb. Rinder)	500 - 1000	1000 - 3500	1400 - 5000
Schlachtung einer Kleinvieheinheit (insb. Schweine)	100 - 300	200 - 350	300 - 600
Verarbeitung einer Großvieheinheit	1000 - 1500	1000 - 1400	1400 - 2000
Verarbeitung einer Kleinvieheinheit	300 - 400	300 - 400	400 - 600
Zerlegen von 1000 kg Fleisch	150 - 170	75 - 100	100 - 150
Verarbeitung von 100 kg Schlachtgewicht in Fleischwarenfabriken	500 - 700	700 - 900	1000 - 1300
Schlachtung von Federvieh	10 - 30	7 - 20	10 - 40
Schleimen von 100 Schlägen Därmen	2000 - 5000	9000 - 26000	13000 - 28000

Tabelle 14: Abwassermengen und Schmutzfrachten – Fleischverarbeitung

3.6.2 VORRANGIG EINGESETZTE REINIGUNGSTECHNOLOGIEN

Abwasservorbehandlung

Für die Abwasservorbehandlung in Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetrieben gelangen vor allem mechanische Verfahren zum Einsatz. Dies sind Rechen- und Siebe (feststehende Siebe, Trommelsiebe, Feinrechen, etc.), Fettabscheider und Flotationsanlagen (mechanische Flotation, Entspannungsflotation).

Zum Ausgleich von Volumens- und Konzentrationsströmen können Speicher- oder Mischbecken installiert werden. Zu beachten dabei ist, dass Abwasser aus Schlachtbetrieben sehr fäulnisfähig ist und daher eine ausreichende Belüftungen notwendig ist. Weiters sind zur biologischen Vor- und Teilreinigung der bereits mechanisch oder physikalisch-chemisch vorbehandelten Abwässer vor allem aerobe Belebungsverfahren im Einsatz. Für die Bemessung von aeroben Belebungsanlagen zur biologischen Teilreinigung können BSB₅-Schlammbelastungen zwischen 0,5-1,0 kg/kg/d zugrunde gelegt werden.

Abwasserbehandlung

Die in Schlachthaus- und Fleischereiabwässern enthaltenen Abwässer sind gut abbaubar. Nach entsprechender Vorreinigung bereitet es auch keine Schwierigkeiten diese zusammen mit häuslichem Abwasser einer Reinigung zu erzielen.

Grundsätzlich muss das ausgewählte Reinigungssystem unempfindlich gegen Stoßbelastungen und Belastungsschwankungen sein soll.

Als einsetzbares Verfahren eignen sich besonders ein- und mehrstufige aerobe Belebungsanlagen. Weiters sind kombinierte mehrstufige biologische Verfahren (Belebung / Tropfkörper / Schönungsteiche) im Einsatz. Tropfkörperanlagen kommt nur eine untergeordnete Rolle zu.

3.6.3 BRANCHENSPEZIFISCHE NORMEN UND RECHTLICHE VORGABEN

Für Schlachtbetriebe und fleischverarbeitende Betriebe ist in Österreich die AEV Fleischwirtschaft BGBl. II Nr. 12/1999 in Kraft. Folgende Emissionsbegrenzungen sind darin festgeschrieben:

EMISSIONSBEGRENZUNGEN			
Bei Einleitung in ein Fließgewässer		Bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation	
<u>Allgemeine Parameter</u>			
1. Temperatur	30°C	35°C	(a)
2. Abfiltrierbare Stoffe	30 mg/l	150 mg/l	(b)
3. pH-Wert	6,5 - 8,5	6,0 - 9,5	
<u>Anorganische Parameter</u>			
4. Gesamt-Chlor	0,4 mg/l	0,4 mg/l	
5. Ammonium ber. als N (c)	5 mg/l		(d)
6. Ges. geb.N - TN _b (e)	(f)		
7. Gesamt- Phosphor	1 mg/l		
<u>Organische Parameter</u>			
8. TOC (ber. als C)	30 mg/l	-	
9. CSB (ber. als O ₂)	90 mg/l	-	
10. BSB ₅ (ber. als O ₂)	20 mg/l	-	
11. AOX (ber. als Cl)	0,1 mg/l	1,0mg/l	
12. Schwerflüchtige lipophile Stoffe	20 mg/l	150 mg/l	(g)

(a) im Einzelfall sind höhere Emissionswerte zulässig;

(b) im Einzelfall sind höhere Emissionen zulässig;

(c) gilt bei Temperaturen > 12 °C im Ablauf;

(d) Emissionsbegrenzung ist im Einzelfall festzulegen;

(e) TN_b = Summe von organisch gebunden N, Ammonium-N, Nitrit-N und Nitrat-N;

(f) bei Tagesrohzaufträgen von mehr als 150 kg BSB₅, ist die zufließende Fracht TN_b um mehr als 75 % zu vermindern (Mindestwirkungsgrad);

(g) bei Gefahr der Ausbildung von Fettablagerungen bzw. Schwimmschlammdecken ist eine geringere Emissionsbegrenzung vorzuschreiben, jedoch nicht kleiner als 100 mg/l

Tabelle 15: Emissionsbegrenzungen Fleischverarbeitung

Die EU legt für bestimmte Stoffe Programme zur Vermeidung und Verminderung der Gewässerbelastung durch Stoffe der Liste I (Schwarze Liste) und der Liste II (Graue Liste). (RL 76/464/EWG). Im Bereich der Fleischwirtschaft kommen für die Liste I halogenierte organische Verbindungen (als AOX aus Arbeits- und Hilfsstoffen sowie aus dem Einsatz chlorabspaltender Chemikalien in der Reinigung und zur Desinfektion) in Frage. Für die Liste II kommen Gesamtchlor (Biozide) und Ammonium in Betracht. Bisher hat die EU noch keine Einzelrichtlinie für einen Stoff der Liste I erlassen, die für Abwasser aus der Fleischwirtschaft gültig ist. Die AEV Fleischwirtschaft stellt daher das nationale Programm zur Verminderung der Gewässerbelastung durch die genannten Stoffe im Abwasser der Fleischwirtschaft dar.

Abweichend vom Konzept der Einzelstoffregelungen hat die EU in der Richtlinie über die Behandlung von kommunalem Abwasser (RL 91/271/EWG) die Mitgliedsstaaten verpflichtet, autonome nationale Regelungen für unterschiedlichste Abwässer zu erlassen (Lebensmittelsektor = Anhang III der RL), wozu auch Abwässer aus der Schlachtung und Fleischverarbeitung fällt. Die AEV Fleischwirtschaft erfüllt somit diesen EU-Auftrag.

Weiters ist die RL 96/61/EG von Bedeutung in der Betriebe genannt sind für welche ein integriertes Bewilligungsverfahren nach dem Stand der Technik vorzusehen ist. Dazu zählen auch Fleischverarbeitungsbetriebe mit einer Schlachtkapazität von über 50 t und einer Verarbeitung von tierischen Rohstoffen von mehr als 75 t Fertigerzeugnis pro Tag.

3.6.4 SCHLAMMCHARAKTERISTIK UND -BEHANDLUNG

Flotatschlamm aus Schlachtbetrieben

Flotat aus Schlachthöfen ist ein dünnflüssiger bis pastöser Schlamm mit einem Trockenrückstand von 5 – 24 %. Flotatschlämme mit ihrem hohen Gehalt an organischer Substanz eignen sich grundsätzlich für eine aerobe oder anaerobe biologische Behandlung. Häufige Entsorgungswege stellen die Abgabe an Spezialverwertungsunternehmen oder Tierkörperverwertungsanlagen, die Zugabe in Faulbehälter des Schlachthofes oder einer Kläranlage oder die direkte Abgabe an die Landwirtschaft dar. Auch mit der Kompostierung des Flotates in Kombination mit anderen Schlachthofabfällen wurden gute Ergebnisse erzielt. (SCHUCHARDT 1994)

Durch eine Flotation werden einerseits in ungelöster Form vorliegende Fette und andererseits Schwebstoffe und emulgierte Fette sowie durch Flockungsmiteinsatz auch kolloidal gelöste Stoffe aus dem Abwasser eliminiert. Gekennzeichnet sind die anfallenden Flotate durch relativ hohe Gehalte an Eiweißstoffen und Fetten, bezogen auf den Feststoffgehalt. Durch den hohen Eiweiß- und Wassergehalt kommt es beim Flotat zu einem raschen Wachstum saprophytärer Keime. Fettreiche Flotate sind einem schnellen Verderb ausgesetzt. Infolge von leicht einsetzenden Fäulnisprozessen entstehen organische Säuren, die eine weitere Verarbeitung erschweren können (TRITT et al. 1991).

3.6.5 PFLANZENKLÄRANLAGEN ZUR REINIGUNG VON SCHLACHTHOFABWÄSSERN

Anlagen für kleine gewerbliche Schlachthöfe - Abwasser mit häuslichem Abwasser vermischt; vertikal durchflossener Kiesfilter; Hofschlachtungen bis zu vier KVE pro Monat - Ökologisches Projekt Graz

Versuchsanlage des Schlachthofes Pachuca (Mexico) (RIVERA & AL. 1995 und 1996)

Glashausversuche in Belgien (DE MAESENER 1993)

Hühnerfarm und Schlachthof in Australien (FINLAYSON C. M., VON OERTZEN & CHICK 1990)

Die recherchierten Pflanzenkläranlagen zeigten gut Reinigungsleistungen. Die Untersuchungen an den oben genannten Anlagen zeigten, dass die Anwesenheit von Schilf einen günstigen und stabilisierenden Einfluss auf die Reduktion von Bakterien aufweist, was sich vor allem dann

auswirkte wenn die Vorklärung auf Grund von Betriebsstörungen ausfiel. Die Pflanzen sind für die Aufrechterhaltung einer guten Durchlässigkeit des Bodenfilters wichtig. Die Beschickung sollte intermittierend und "schockartig" schnell mit einer Beaufschlagung von ca. zehn Zentimetern erfolgen, um einen guten Sauerstoffeintrag in den Bodenfilter zu gewährleisten (PUSSARNIG 2000).

3.6.6 BRANCHENSPEZIFISCHE SITUATION IN ÖSTERREICH

In Österreich sind nach einer Stichprobenerhebung der Statistik Austria (1999) insgesamt 177 Schlachthäuser (ohne Geflügelschlachtung), 6 Geflügelschlächtereien und 1.034 Fleischverarbeitungsbetriebe vorhanden. Die Beschäftigungszahl betrug insgesamt 18.479, erwirtschaftet wurden 2.463.687,8 (in 1.000 €) Umsatzerlöse.

Von 36 in der Steiermark erfassten Betrieben haben 10 Betriebe eine eigenen Abwasserreinigungsanlage. Alle anderen treten als Indirekteinleiter auf. Nachfolgende Tabelle zeigt die vom Amt der Steiermärkischen Landesregierung erfassten Direkteinleiter.

Brache	EW 60 nach BSB₅	
Fleisch	< 1.000	3 Betriebe
Fleisch	9.700	
Fleisch	9.667	
Fleisch	5.230	
Fleisch	6.700	
Fleisch	3.400	
Fleisch	7.000	
Fleisch	4.000	
Milch und Fleisch	21.667	

Tabelle 16: Direkteinleiter - Fleischverarbeitung - Steiermark

4 EXPERIMENTELLE FELDVERSUCHE

Für das Projekt wurde der Schwerpunkt im Bereich der Lebensmittelindustrie gesetzt und folgende Beispielsbetriebe in Slowenien ausgewählt:

ESSIGERZEUGUNG UND (DETERGENTIEN)	SAMPIONKA d.d., Bukovica
OBST- UND GEMÜSEVERARBEITUNG	DROGA d.d, Scredisce ob Dravi
MILCHVERARBEITUNG - KÄSEERZEUGUNG	A&C OGLEDNA SIRARNA ²
FISCHVERARBEITUNG	FISH FARM DOMINIK, GORICAR MARKO

Durch den Einstieg des kroatischen Ziviltechnikbüros BIECO in das Projekt wurde zusätzlich, eine im Bereich der Abfalldéponie Zagreb errichtete Pilotanlage zur Déponiesickerwasserreinigung, in eingeschränktem Umfang untersucht und bewertet.

4.1 BETRIEBSCHARAKTERISTIKA - PILOTANLAGEN

4.1.1 DETERGENTIEN UND ESSIGERZEUGUNG - ŠAMPIONKA D.D., BUKOVICA 47/A, 5292 REN E, SLOWENIEN

Die Firma Sampionka beschäftigt am Standort in Rence 120 Mitarbeiter und hat zwei unterschiedliche Produktionssektoren:

- ≠ Essig- und
- ≠ Detergentienerzeugung

4.1.1.1 PRODUKTLINIEN

- ∅ Essig: (Weinessig, Alkoholesig, Apfelessig, Speziallessig) mit einem slowenischen Marktanteil von 25 %.
- ∅ Detergenzien: Hausreiniger (flüssig und fest) mit einem slowenischen Marktanteil von 6 %.

² Während der Laufzeit des Projektes konnte die geplante Pflanzenkläranlage aus wirtschaftlichen Gründen nicht errichtet werden. Die Ergebnisse beschränken sich somit auf Cleaner Production Strategien und Umweltkostenrechnungen

Eingesetzte Rohstoffe umfassen:

Für die Essigproduktion: Wein, Apfelkonzentrat, Spiritus

Für die Detergentienproduktion: Kalziumcarbonat

Produktionsbeschreibung

Ø Essig: Die Essigbereitung erfolgt in Bottichen (siehe Abbildungen)

Alkoholesig (ca. 300 l Spiritus) wird in 4-5 Tage fertiggestellt (6000 l)

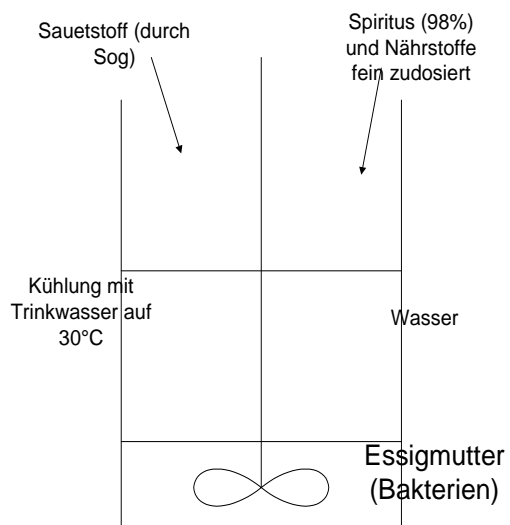


Abbildung 2: Alkoholesigbereitung - schematisch

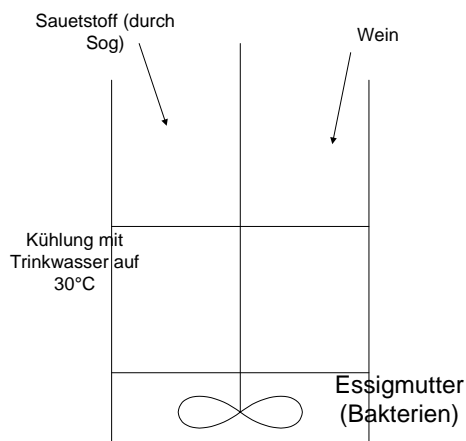


Abbildung 3: Weinessigbereitung - schematisch (Dauer ca. 30 Stunden)

Apfelessig: Most wird mit Apfelkonzentrat und Hefe erzeugt (Gärung bei 17 °C); dann gleich wie Weinessigherstellung

Spezalessig: Lagerung von 2-3 Monaten von Kräutern und Essig in der Flasche

Vor dem Abfüllen fließt der Essig zur Klärung durch einen Membranfilter.

Ø Detergenzienerzeugung: Trockene Mischung und nasse Mischung der Inhaltsstoffe

Abfüllen in Kunststoffflaschen (PP und PVC - soll in PET verändert werden) (eigene Extruder zur Herstellung der Flaschen)

Abfüllen von Spray-Dosen unter Ex-Schutz; Treibmittel Propan/Butan



Abbildung 4: Detergenzienerzeugung; Mischanlage, Extruder zur Herstellung der Flaschen, Abfüllanlage

4.1.1.2 ABWASSERCHARAKTERISTIK

Das im Betrieb der Firma anfallende Teilströme des Rohabwassers gliedern sich wie folgt:

Ø Abwasseranfall aus der Produktion von flüssigen und pulverigen Detergentien:

Die Gesamtabwassermenge aus der Detergentienproduktion beträgt im Durchschnitt 13 m³/Tag. Am Beispiel von Einzelproben ist dieser Abwasserteilstrom in Abhängigkeit der Produktion wie folgt charakterisiert:

		Probe 1	Probe 2	Probe 3
pH		7,4	7,2	7,6
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	3	15	8,0
Absetzbare Stoffe	ml/l	0,1	<0,1	<0,1
Toxizität	GL	23	3	1
Chlorid	mg Cl ₂ /l	<0,1	<0,1	<0,1
Ammonium	mg/l	4,0	2,4	1,9
Ges.-Phosphat	mg/l	0,58	0,45	0,5
CSB	mgO ₂ /l	250	180	50
BSB ₅	mgO ₂ /l	86	76	19
AOX	mg/l	0,03	0,04	0,03
anionische Tenside	mg/l	11,5	13,7	5,0

Tabelle 17: Abwasserkennwerte aus der Detergentienproduktion Sampionka am Beispiel von Einzelbefunden

Die Tensidbelastung war in der Vorerhebung mit einem Maximalwert von 13,7 mg/l relativ gering. Wie in den Detailerhebung ausgewiesen, wurden im späteren Verlauf Belastungsspitzen > 100 mg/l ermittelt.

Ø Essigerzeugung:

Bezogen auf den gesamten Wasserverbrauch für die Essigerzeugung beträgt der Anteil für die Reinigung der Essigbereiter ca. $\frac{1}{4}$, der Verbrauch für Kühlzwecke ca. $\frac{3}{4}$ der gesamten eingesetzten Wassermenge. Die Gesamtabwassermenge aus der Essigerzeugung beträgt maximal 14 m³/d. Am Beispiel von Einzelproben ist dieser Abwasserteilstrom in Abhängigkeit der Produktion wie folgt charakterisiert:

		Probe 1	Probe 2	Probe 3
pH		6,1	7,3	7,5
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	121	10	14
Absetzbare Stoffe	ml/l	1,5	< 0,1	< 0,1
Toxizität	GL			1
Ammonium	mg/l	0,9	2,1	0,95
Ges.-Phosphat	mg/l	1,1	0,33	0,27
CSB	mgO ₂ /l	540	55	32
BSB ₅	mgO ₂ /l	318	37	9
TOC	mg/l	0,13	0,06	0,09
Lipophile Stoffe	mg/l	2,4	2,8	< 1

Tabelle 18: Abwasserkennwerte aus der Essigproduktion

Ähnlich den Vorerhebungen zur Abwasserbelastung aus der Detergentienproduktion wurden in den Folgeuntersuchung wesentlich ausgeprägtere Schwankungen des pH-Wertes gemessen, der sich in weiterer Folge auch als eine kritische Größe in der Reinigungsleistung erwies.

Ø Reinigungswasser und Fäkalwasser:

Fäkalwasser von 120 Arbeitnehmer entsprechend 60 EW

Kühlwasser: 55.000m³/Jahr aus beiden Linien; kommt mit ca. 33 °C aus Produktion und wird direkt in den Schönungsteich eingeleitet

Die durchschnittliche Gesamtabwassermenge pro Produktionstag betrug 25 m³.

Die Abwasserteilströme aus der Essigerzeugung, der Detergentienproduktion sowie die anfallenden Fäkalwässer werden zur Pufferung und mechanischen Vorreinigung einem Ausgleichsteich zugeführt. Aus diesem werden abgesetzte Fraktionen diskontinuierlich entnommen und damit die Klärschlammvererdung beschickt. (siehe Fotos und Pläne)

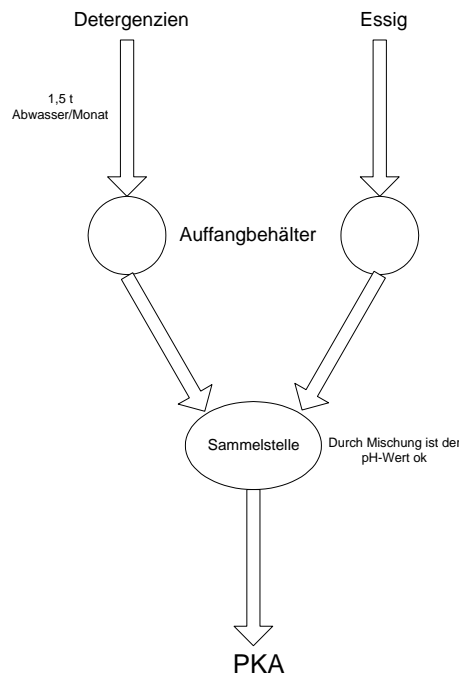


Abbildung 5: Ablaufschema - Abwasserreinigung

4.1.1.3 DIMENSIONIERUNG DER PFLANZENKLÄRANLAGE

Als Dimensionierungsgrundlage für die Planung der Pflanzenkläranlage wurde von einem täglichen Abwasseranfall von 12 - 20 m³ ausgegangen. Abwasserspitzen und Meteorwässer werden durch eine Kompensationslagune abgepuffert. Die Gesamtanlage gliedert sich in ein vorgeschaltetes Filterbeet, einem vertikal durchströmten Hauptreinigungsbeet sowie einem nachgeschaltetem Nachreinigungsbeet. Als letzte Reinigungsstufe wurde ein Schönungsteich konzipiert in den auch das anfallende Kühlwasser direkt eingeleitet wird.

Der Hauptteil der biologischen Bodenkörperfilteranlage besteht mehreren, mit einer Folie abgedichteten Becken die mit Sand und Rundkies gefüllt sind. Das Abwasser wird über ein eigenes Verteilsystem auf die Oberfläche aufgebracht. Die Becken wurden mit Schilf (*Phragmites australis*) bzw. Seggen (*Carex acutiformis*) bepflanzt.

Die Abdichtung der Bodenkörperfilteranlage besteht aus einer wurzelfesten, UV-beständigen, knickfesten, säuren- und laugen beständigen PE-HD Dichtungsbahn in einem Stück mit einer Stärke von 1,5 mm. Das Ablaufrohr wird durch die Folie geführt. Die Durchführung ist mit einem Flansch gedichtet. Die Becken wurden mit gewaschenem Sand 0,06-4 mm und Rundkies 4-8 mm befüllt. Die Sandschicht hat eine Mindeststärke von 50 cm. Der Rundkies dient als Verteiler- bzw. Sammeldrainage. Die Durchlässigkeit der Sandschicht ist so beschaffen sein, dass die wirksame Korngröße $d_{10} > 0,17$ mm ist. Für 20 m³ Abwasser wird eine Retentionszeit in der Anlage von 10 - 15 Tagen angenommen.

	(m)			Fläche	Volumen	Effectives Volumen
	Länge	Breite	Tiefe	m ²	m ³	m ³
Pufferbecken	15	15	1	225	200	200
PKA-Vorreinigung	8	10	0,5	80	40	12
PKA-Hauptreinigung	35	10	0,8	350	280	84
PKA-Nachreinigung	20	10	0,4	200	80	24
Schönungsteich	35	25	0,5	875	437	437
Klärschlammvererdung	10	5	0,5	50	25	25

Tabelle 19: Dimensionierung der Pflanzenkläranlage

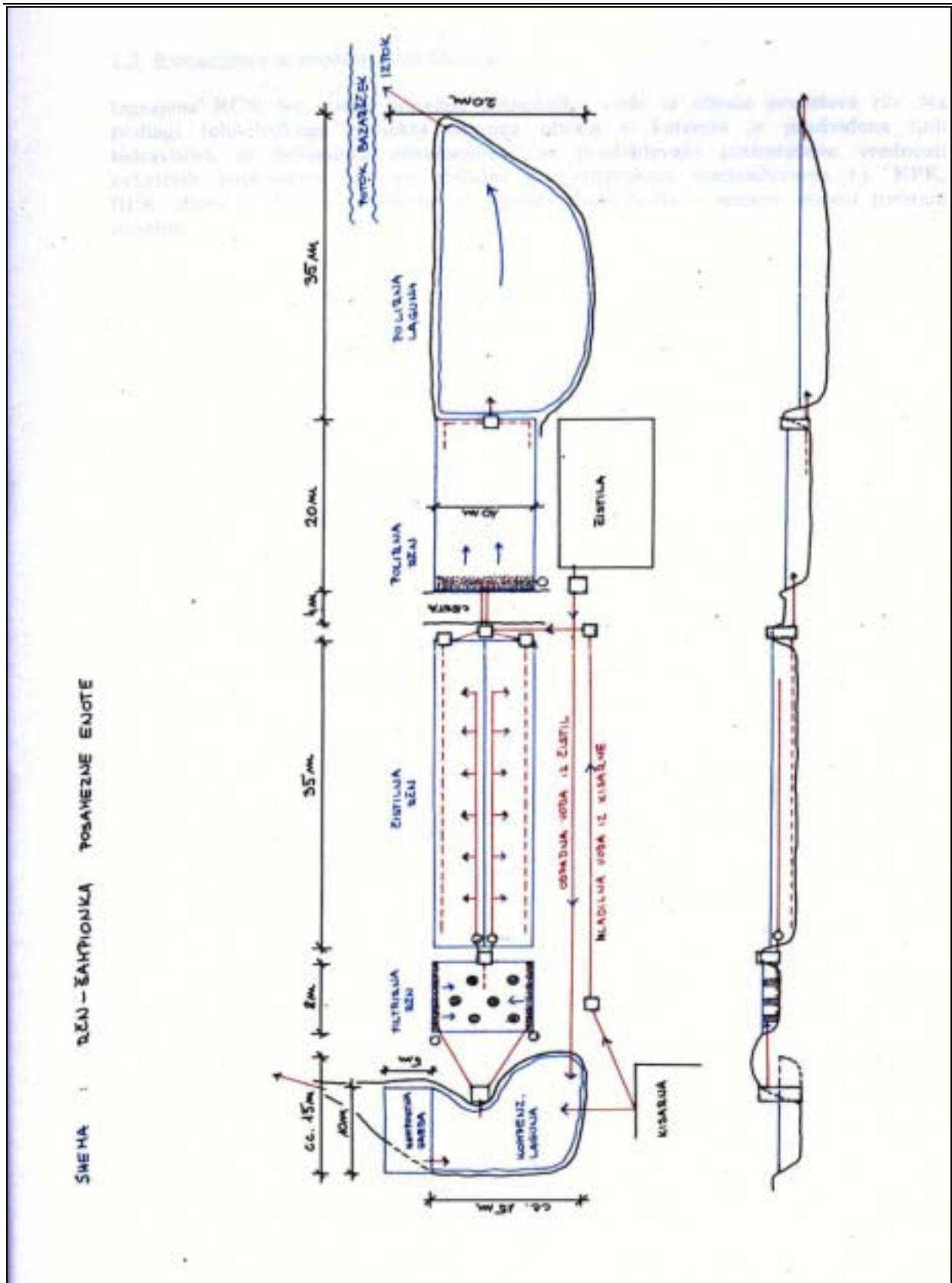


Abbildung 6: Plan der Kläranlage in Sampionka



Abbildung 7: Pflanzenbecken in Sampionka



Abbildung 8: Pufferbecken

4.1.1.4 KLÄRSCHLAMMVERERDUNG MIT SCHILF

Zur weiteren Entwässerung und Stabilisierung des in der Anlage anfallenden Schlammes wurde ein Klärschlammvererdungsbecken gebaut.

Das Vererdungsbecken hat eine Grundfläche von 50 m² (5x10m) und eine Tiefe von 0,5 m, d.h. ein Volumen von 25 m³.

Das Vererdungsbecken ist ein mit Folie abgedichtetes Becken mit einer Drainageschicht aus Schotter (0,3 m) und einem Drainagevlies. Über dem Drainagevlies wurde nochmals Kies eingebracht und Schilf gesetzt. Um ein Austrocknen des Schilfs zu verhindern, wurde das Becken mit Wasser eingestaut. Eine Rohrleitung zur Rückleitung des Sickerwassers in den Ausgleichsteich wurde vorgesehen.

Der Schilfbestand im Becken entwickelte sich schon im ersten Jahr sehr gut, so dass am Ende der ersten Vegetationsperiode bereits ein fast lückenloser Bestand vorhanden war.



Abbildung 9: Klärschlammvererdung in Sampionka

Die Klärschlammvererdung mit Schilf ist ein Verfahren zur stofflichen Verwertung von Klärschlämmen. Bei diesem Verfahren, welches sich sowohl für aerob stabilisierte als auch für anaerobe Flüssigschlämme und für Fäkalschlämme eignet, erfolgt eine Entwässerung und Stabilisierung bzw. Mineralisierung des Schlammes in mit Schilf bepflanzten Becken. Der flüssige Klärschlamm wird über einen Zeitraum vom 8-10 Jahren in bestimmten Mengen und Intervallen direkt in die Schilfbecke, welche herkömmlichen Trockenbecken ähneln, gepumpt. Dort erfolgt eine natürliche Entwässerung des Schlammes über das Drainagesystem der Becken und durch die Evapotranspiration des Schilfs.

Durch die Tätigkeiten des Schilfs und der sich darauf gründenden Bakteriengesellschaften wird der in ein Klärschlammvererdungsbecken eingebrachte Schlamm nicht nur entwässert sondern auch stabilisiert und qualitativ verbessert.

Je nach Auslegung der Anlage erfolgt die maschinelle Räumung der Becken nur alle 8-10 Jahre. Der regelmäßige Betrieb der Anlage wird durch die Beckenräumung nicht unterbrochen, die geräumten Becken können sofort wieder in Betrieb genommen werden.

Die Klärschlammvererdung bringt eine Volumenreduzierung, Entwässerung und Stabilisierung des Schlammes ohne zusätzlichen Energieaufwand. Das Endprodukt ist ein relativ stabiles erdähnliches Material, das gut lager- und transportfähig ist und verschiedensten Verwendungen, vor allem im Bereich Rekultivierung und Landschaftsbau, zugeführt werden kann.

Für den Betrieb von Vererdungsanlagen mit Schlämmen wie sie in Sampionka anfallen liegen bis dato keinerlei Erfahrungen vor. Im Projektverlauf konnten allerdings keine diesbezüglichen Untersuchungen durchgeführt werden, da während der gesamten Projektlaufzeit kein richtiger Schlamm anfiel.

Beschickungen wurden zwar durchgeführt, es handelte sich dabei jedoch nur um Trübwasser, das relativ schnell wieder in den Ausgleichsteich zurückfloss. Es ist anzunehmen, dass sich im Laufe der nächsten Betriebsjahre mehr Schlamm absetzen wird, sodass ein kontinuierlicher Betrieb der Vererdung dann möglich sein wird.

4.1.2 FISCHPRODUKTION- UND VERARBEITUNG - FISH FARM GORICAR MARKO, SLOWENIEN

Produktionslinie

Die Fischfarm Goricar verarbeitet Forellen (aus eigener Zucht) und Karpfen (Zukauf).

Rohstoff: 300 t Fisch/Jahr (ca.1 t Fisch/Tag).

Produktion: äußere Reinigung der angelieferten Fische mittels Hochdruckreiniger; Entnahme der Innerein und innere Reinigung; Abwiegen der Fische und weitere Verarbeitung (Einpacken, Filetieren, Räuchern, Würzen und Grillen)

Abfall: gereinigter Fisch: 16 % Abfall; filetierter Fisch: 40 % Abfall
Abfall kommt in Tierkörperverwertung (derzeit keine Entsorgungskosten für die Firma)

Wasser: 1-1,5 m³/Tag Abwasserverbrauch; Wasserreinigung über PKA kein Kanalanschluss vorhanden; keine Kosten beim Wasser



Abbildung 10: Fischverarbeitung, Reinigen, Filetieren

Abwasserreinigung

Die vorhandene Pflanzenkläranlage besteht aus einem Filterbeet, zwei vertikal durchflossenen Reinigungsbecken und einem Nachklärbecken. Für die Dimensionierung wurde eine Produktionsmenge von 50 t - max. 100 t pro Jahr als Grundlage herangezogen.

	Länge (m)	Breite (m)	Tiefe (m)	Volumen (m ³)
Filterbeet	4,5	6	0,7	18,9
vertikal durchflossene Hauptreinigungsstufen [1+2]	18	6	0,7	75,6
Nachklärbecken	3	6	0,4	7,2
Gesamt				101,7

Tabelle 20: Dimensionierung der Pflanzenkläranlage Goricar

Bei einem Exkursions- und Besichtigungsbesuch der Anlage am 24.07.2001 wurde festgestellt, dass die Abwasserreinigung zu diesem Zeitpunkt nicht funktionierte. Die Vorreinigung war zu klein und wurde nicht gewartet, alle Schächte waren eingestaut, die Verteileinrichtung funktionierte nicht, das 1. horizontale Becken war vermutlich verstopft; Kolmatierungen sind auch im Vertikalbecken wahrscheinlich.

Die Becken waren spärlich mit Schilf (*Phragmites australis*) bepflanzt.

Ein entsprechender Umbau der Anlage wurde in weiterer Folge vorgenommen.



Abbildung 11: Fischverarbeitung Goricar - Pflanzenkläranlage

4.1.3 MILCHVERARBEITUNG, KÄSEPRODUKTION - A&C OGLEDNA SIRARNA, SLOWENIEN

Produktionslinie

Produkte: 160 t Käse, 224 t Topfen, 69.500 l Sauerrahm, 206.000 l Schlagobers (pro Jahr)

Rohstoff: 3.500.000 l Milch/Jahr

Produktion: Milch wird pasteurisiert;

- 1.) Rahmproduktion: Milch und Rahmscheider; Beisetzen von Sauerrahmkulturen; Rahm wird abgefüllt; bei 25 °C gelagert bis er fest ist; Kühlraum
- 2.) Käseproduktion (Slowenischer Emmentaler – Bohinjski Sir): Milch wird mit Käsekulturen versetzt (in Rührbehälter); es entsteht der Käsebruch und Molke; Molke wird abgeschieden und Käsebruch zu Käselaib gepresst (weitere Molke wird herausgedrückt); Laib wird eingesalzen und 5 Tage in Salzlösung gelagert; dann Lagerung in warmer Umgebung damit Kulturen weiter fermentieren können (Entstehung der Löcher); kühlere Lagerung bis zur Reifung



Abbildung 12: Milchverarbeitungsanlage Olgendna

Abfall

Molke: 6-7 m³/Tag; wird zum Teil in Tanks aufgefangen und extern entsorgt (Bauern holen es v.a. im Winter zur Verfütterung ab, im Sommer nur eine geringe Mengen oder sie wird auf Deponie entsorgt)

3 Möglichkeiten der Weiterverarbeitung:

- €# Trocknung und Verfütterung (sehr teuer und hoher Energieaufwand)
- €# Kosmetische Produkte (Fa. Megle in Deutschland)
- €# Getränk

Abwasser: Hauptproblem (hohe CSB und BSB Belastung)

nur mechanische Reinigung (Fettabscheider und Dreiammersystem); danach geht Abwasser direkt in Fluss; keine PKA; 3 l Abwasser/l Milch;

10.300m³/Jahr Wasserverbrauch davon

7.200m³/Jahr für Reinigungs- und Waschwasser

3.900m³/Jahr Kühlwasser (Trinkwasserqualität)

Fäkalabwasser von 10 Arbeitern - EW 5

Regenwasser

Derzeit wird unverschmutztes Kühlwasser, Regenwasser, verschmutztes Reinigungs- und Waschwasser und Fäkalabwasser in einen Tank geleitet und nicht getrennt entsorgt.

Abwasserreinigung

Derzeit erfolgt die Einleitung nur nach mechanischer Reinigung; bei einer Neukonzeptionierung werden erweiterte Anforderungen an den Kläranlagenablauf gestellt, da ein relativ kleiner Vorfluter vorhanden ist.



Abbildung 13: Mechanische Vorreinigung und Einleitung in den Vorfluter

Abschätzung der weiteren Entwicklung:

Eine Erweiterung des Betriebes ist geplant; wie o. a. sollte auch die Abwasserreinigung in das Gesamtkonzept einfließen. Ein einreichfähiges Gesamtkonzept sieht die Errichtung einer PKA in Kombination mit einer technischen Verfahrensstufe vor.

Dimensionierung der Pflanzenkläranlage:

Für die Planung der Anlage wurde ein Abwasseranfall von 7-9 m³/Tag zu Grunde gelegt. Für 8 m³ Abwasseranfall pro Tag wird eine Aufenthaltsdauer in der Anlage von 4-5 Tagen erwartet.

Dimensionierung der Pflanzenkläranlage:

	(m)			Fläche m ²	Volumen m ³	Effectives Volumen m ³
	Länge	Breite	Tiefe			
Filterbeet	4	6	0,5	24	12	3,5
vertikal durchflossene Hauptreinigungsstufen [1+2]	22	6	0,8	132	106	31
Nachklärbecken	4	6	0,5	24	12	3,5
Gesamt	30	6	0,7	180	130	38

Tabelle 21: Dimensionierung der Pflanzenkläranlage

4.1.4 DROGA PORTOROŽ, ŽILVILSKA INDUSTRIJA D.D., SREDISCE OB DRAVI, SLOWENIEN

Produktionslinie

Produkte: 76 verschiedene Produkte

nasse Linie: Gemüse (Rote Rüben, Paprika, Pfefferoni, Gurken, gemischter Salat, Karotten, Kohl, Silber-Zwiebel, Mais, Tomaten, Pilze), Aijvar

trockene Linie: Zucker

80 % der Produkte werden in 4 Monaten des Jahres erzeugt (Juni-September)

3500 t Produkte / Jahr (max. 5000 t/Jahr); Absatzmarkt muss im Ausland gefunden werden

Mitarbeiter: 57 (Lager, Distribution, Einkauf, Buchhaltung)

Rohstoffe: aus einer Umgebung von 500 km (meist von Genossenschaften)

Produktion: Waschanlage, Sortiereinrichtung, Abfüllanlage, Pasteur (70-80 °C Wasserdusche)
Pasteurisierung ist der Engpass im Betrieb (Dusche mit Abfluss von pH 7-8)

Wasser Wasserverbrauch ist sehr unterschiedlich bei den verschiedenen Produkten

Abwasser nicht im Griff (alle anderen Nebenprodukte im Griff)

Wasserverbrauch 30.000 m³ (früher 35.000m³-DA über Wasserbilanz)

20 % Wassereinsparung bei Produktion von roten Rüben

Grosse Belastung des Abwassers bei der Reinigung (bei Aijvar, rote Rüben)

PKA bereits gebaut aber nicht in Betrieb

mechanische KA wird gerade gebaut (ohne Bewilligung)

Lagerung: Kühlraum mit Luftkompression



Abbildung 14: Gemüseverarbeitung - Essiggurken

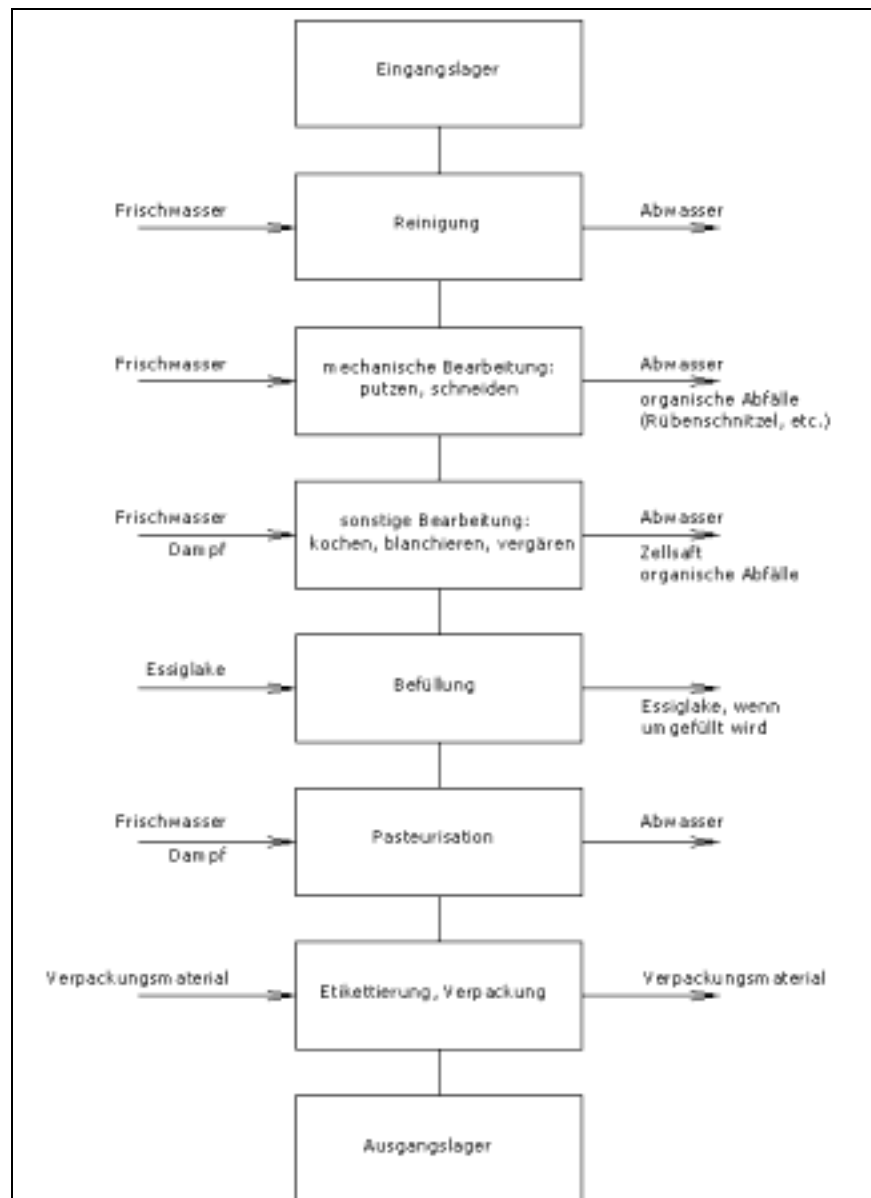


Abbildung 15: Allgemeines Verfahrensschema der Sauergemüseverarbeitung

Bezeichnung/Quelle	Inhaltsstoffe/Zusammensetzung/ Konzentration
Essiglake aus Umfüllen und Halbfertigprodukten	Essig, pH zwischen 2,6 und 3,5
Zellsaft aus Vergärung der sauren Rüben	hat einen Salzgehalt von etwa 1 %
Abwasser von Rübenreinigung	Verschmutzung mit Fusseln, auch sandhältig, hohe organische Belastung
Abwasser von der Reinigung der restlichen Rohware	verunreinigt durch Sand und organische Stoffe
Pasteur Badwechsel	Geringe Belastung
Pasteur Kühlung	Geringe Belastung

Tabelle 22: Abwasseranfall in Abhängigkeit von der Produktion

Abwasserreinigung

1992 baute LIMNOS eine Pilot-Pflanzenkläranlage für eine Beschickung mit 10 l/s, diese ist inzwischen veraltet und viel zu klein. Daher wurde die Abwasserreinigung umgebaut. Diese besteht nunmehr aus einer Flotationsanlage mit einer nachgeschalteten Pflanzenkläranlage.

Die neu errichtete Pflanzenkläranlage hat eine Gesamtfilterfläche von 1500 m² und unterteilt sich in ein horizontal durchströmtes Vorreinigungsbeet, einer kombinierten horizontal und vertikal durchströmten Hauptreinigungsstufe sowie einem Nachklärbecken.

	Länge (m)	Breite (m)	Tiefe (m)	Fläche (m ²)	Volumen (m ³)	Effectives Volumen (m ³)
Vorreinigungsbeet	10	30	0,6	300	180	54,1
Hauptreinigungs- stufe 1+2	25	2x15	0,8	750	600	180,2
Nachreinigungs- beet	15	30	0,5	450	225	67,6

Tabelle 23: Dimensionierung der Pflanzenkläranlage

Das Hauptproblem ist die entstehende Stoßbelastungen bei der Reinigung der Anlagen. Grundsätzlich gibt es Überlegungen neue Wege zu beschreiten, wie z.B. die Auslagerung von Teilprozessen (z.B. Waschen, Putzen der Roten Rübe schon beim Produzenten)

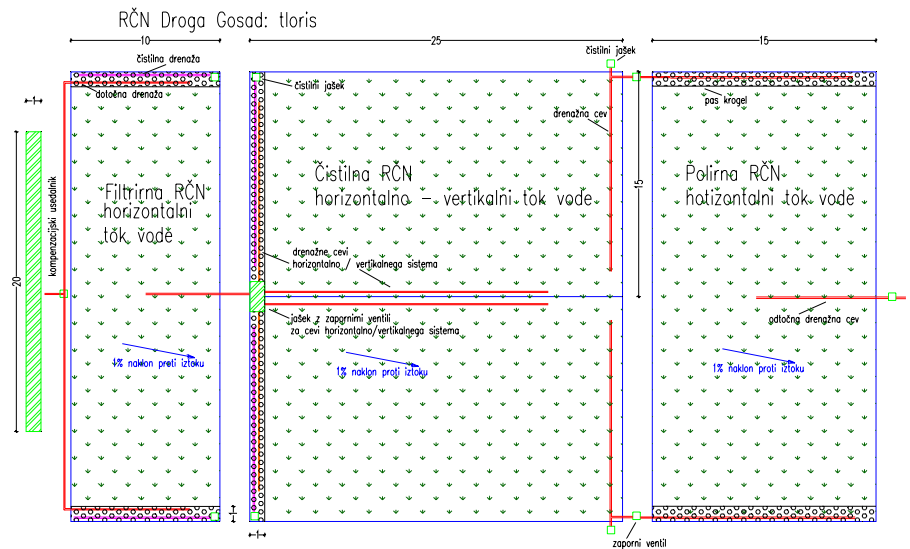


Abbildung 16: Übersichtsdarstellung der Pflanzenkläranlage der Fa. Droga d.d.

4.1.5 DEPONIESICKERWASSERREINIGUNG – ANLAGE JAKUSEVEC, KROATIEN

Als Beispiel für hochbelastetes organisches Abwasser wurde die Reinigung von Deponiesickerwasser der Deponie Jakusevec bei Zagreb miteinbezogen. Die Anlage wurde vom Projektpartner aus Kroatien der Fa. Bieco gebaut und betrieben und erst im Jänner 2002 in das Projekt aufgenommen.

Jakusevec ist die Hausmülldeponie für die Großregion Zagreb. Sie besteht aus einer Deponiefläche von ca. 80 ha und einer zusätzlichen Remediationsfläche von rund 6 ha. Für die Deponiesickerwässer wurden zwei Sammelbecken mit einem Fassungsvermögen von je 400 m³ gebaut. Der derzeitige Zufluss in diese Sammelbecken beträgt rund 20 m³ pro Tag.

In der Pilotpflanzenkläranlage wird nur ein geringer Teil, ca. 2,5 m³ der anfallenden Sickerwassermengen gereinigt.

Die Anlage besteht aus einem Sammelbehälter (23 m³ Fassungsvermögen), zwei Vertikalbecken (2 x 20 m²) und einem Horizontalbecken (60 m²).

Die Becken sind mit *Phragmites australis* bepflanzt. Während der gesamten Untersuchungsperiode war der Schilfbestand in den Becken lückenhaft und blieb sehr niedrig. Vermutlich liegt die Ursache der schlechten Pflanzenentwicklung in der hohen organischen Belastung des Abwassers.

Das Sickerwasser wird in den Sammelbehälter gepumpt von wo es im freien Gefälle zum Verteilerschacht für die alternierende Beschickung der Vertikalbecken gelangt.



Abbildung 17: Pilotanlage - Jakusevec

4.1.6 INVESTITIONSKOSTEN - PFLANZENKLÄRANLAGEN

Grundlage der Kostenschätzung von Pflanzenkläranlagen für österreichische Verhältnisse bilden die in POSCH 2000 verwendeten Ansätze:

Pflanzenkläranlage für	5 EW	10 EW	25 EW	50 EW
	€	€	€	€
Material				
für mech. Vorreinigung, Intervallbeschickung und Pflanzenbecken	2.652,50	4.723,73	9.810,83	17.804,84
Baudurchführung				
Erdarbeiten	581,38	872,07	1.453,45	2.906,91
Errichtung der PKA	1.816,82	2.906,91	5.450,46	13.081,11
<i>Sonstiges</i>				
Grundstückskosten	726,70	1.308,11	2.180,18	3.633,64
Planung/Projektierung	617,70	726,73	1.090,00	1.816,82
Investitionszahlung	6.395,21	10.537,56	19.985,03	39.243,30
Investitionszahlungen pro EW	1.279,04	1.053,76	799,40	784,86

Tabelle 24: Investitionskostenansätze für Pflanzenkläranlagen (POSCH 2000)

Die Übertragbarkeit der Kosten ist gegeben, wenn mit landesüblichen Kostenansätzen gerechnet wird. Dazu werden aus POSCH (2000) abgeleitete Preise pro m³ Filtervolumen bzw. Beckenvolumen eingesetzt. Für die Filterbecken wird der Gesamtpreis € 156,97 bei einer Ausbaugröße von 50 EW und mehr und € 159,88 bei einer Ausbaugröße von 25 EW, der alle Faktoren des Baues umfasst, eingesetzt, Kompensationsbecken und Schönungsteich werden mit € 33,43/m³ berechnet (Erdarbeiten, Planung und Grundstückskosten) und das Vererdungsbecken wird mit € 218,02/m³ veranschlagt.

Pflanzenkläranlage für	50 EW	€/ m ³ abgeleitet aus 50 EW (5m ³ /EW = 250 m ³)	25 EW	€/ m ³ abgeleitet aus 25 EW (5m ³ /EW = 125 m ³)
Material				
für mech. Vorreinigung, Intervallbeschickung und Pflanzenbecken	17.804,84	71,23	9.810,83	78,49
Baudurchführung				
Erdarbeiten	2.906,91	11,63	1.453,46	11,63
Errichtung der PKA	13.081,11	52,32	5.450,46	43,60
Sonstiges				
z.B. kalk. Grundstückskosten	3.633,64	14,53	2.180,19	17,44
Planung/Projektierung	1.816,82	7,27	1.090,09	8,72
Investitionszahlungen	39.243,30	156,97	19.985,03	159,88
Investitionszahlungen pro EW	784,86		799,40	

Tabelle 25: abgeleitete Kostenansätze pro m³ der jeweiligen Bauteile (in €)

Unter Heranziehung der Dimensionierungsangaben zu den einzelnen Anlagen und der oben dargestellten Kostenansätze pro Bauteil ergeben sich folgende Kostenschätzungen für die ausgewählten Pilotanlagen in Slowenien.

Sampionka	Dimension	Ansätze für Sampionka	errechnete Kosten
	m ³	€/m ³	€
Ausgleichsteich	200	33,43	6.685,90
Vorreinigungsstufe	40	156,97	6.278,93
Hauptreinigungsstufe	280	156,97	43.952,53
Nachreinigungsstufe	80	156,97	12.557,87
Nachklärbecken	437	33,43	14.608,69
Vererdungsbecken	25	218,02	5.450,46
Summe	1.062		89.534,39

Tabelle 26: Kostenschätzung der PKA Sampionka mit für Österreich relevanten Kostenansätzen (in €)

Fischverarbeitung Goricar	Dimension	Kostenansätze	errechnete Kosten
	m ³	€/m ³	€
Vorreinigungsstufe	19	159,88	3.022
Hauptreinigungsstufe	76	159,88	12.087
Nachreinigung	7	159,88	1.151
Summe	102		16.260

Tabelle 27: Kostenschätzung der PKA Goricar mit für Österreich relevanten Kostenansätzen (in €)

A & C Ogledna	Dimension	Kostenansätze	errechnete Kosten
	m ³	€/m ³	€
Vorreinigungsstufe	12	156,9	1.884
Hauptreinigungsstufe	106	156,9	16.639
Nachreinigungsstufe	12	156,9	1.884
Summe	130		20.407

Tabelle 28: Kostenschätzung der PKA A & C Ogledna mit für Österreich relevanten Kostenansätzen (in €)

Droga d.d.	Dimension	Kostenansätze	errechnete Kosten
	m ³	€/m ³	€
Vorreinigungsstufe	180	156,9	28.242
Hauptreinigungsstufe	600	156,9	94.140
Nachreinigungsstufe	225	156,9	35.302
Summe	1005		157.684

Tabelle 29: Kostenschätzung der PKA Droga d.d. mit für Österreich relevanten Kostenansätzen (in €)

4.1.7 PFLANZENAUSWAHL UND BEPFLANZUNG

Die in der Wasserreinigung und auch in der Schlammbehandlung einsetzbaren Pflanzen sind Helophyten und Hydrophyten. In nur gering überstauten Becken werden meist helophytische Gräser gepflanzt. COOPER & AL. 1996 geben an, dass Schilf (*Phragmites australis*) die beliebteste Pflanze in europäischen Pflanzenkläranlagen darstellt. Andere oft verwendete Gattungen sind Teichbinsen (*Schoenoplectus* sp.) und Rohrkolben (*Typha* sp.). Je nach Einsatzbereich finden auch häufig Rohrglanzgras (*Phalaris arundinacea*), Simsen (*Juncus* sp.), Binsen (*Scirpus* sp.) und Seggen (*Carex* sp.) ihre Anwendung. Weitaus seltener kommen Bäume zum Einsatz. HASSELGREN 1989 gibt ein Beispiel einer schwedischen Anlagen zur Reinigung von Sickerwässern aus Mülldeponien in welcher Weiden (*Salix* sp.) vorhanden sind.

Untersuchungsergebnisse, aus dem nichtkommunalen Bereich (unter anderem von DE MAESENEER 1993) zeigen, dass bepflanzte Bodenfilter im Gegensatz zu unbepflanzten Anlagen bessere Abscheidewirkungsgrade und eine höhere Stabilität aufweisen. Pflanzen stehen in symbiotischer Wechselwirkung zu den Mikroorganismen und bauen direkt organische Verbindungen ab (KNIGHT, KADLEC & OHLENDORF 1999; WETZEL 1993). Die Wirkung ist ebenfalls von der gewählten Pflanzenart bzw. -zusammensetzung abhängig. Überblicksmäßig lässt sich die Auswirkung der Bepflanzung in den folgenden Effekten zusammenfassen:

<u>Physikalische Effekte (nach BRIX 1996)</u>	<u>Biologische und andere Effekte</u>
<u>Filterwirkung:</u> Bieten gute Bedingungen für die physikalische Filtration. Pflanzliche Gewebe im Wasser können größere Stücke herausfiltern.	<u>Erhöhte Bakteriendichte</u> durch Bereitstellung günstiger Bedingungen für die Mikroorganismen im Boden, sogenannter Rhizosphäreneffekt (u. a. KNIGHT, KADLEC & OHLENDORF 1999).
<u>Verbesserung der Absatzvorgänge:</u> Verringerung der Windgeschwindigkeit; Minderung der Erosionsgefahr aber auch verringerte Belüftung der Wasseroberfläche.	<u>Bereitstellen einer großen Aufwuchsfläche für Mikroorganismen:</u> Diese Biofilme sind verantwortlich für die Mehrzahl der mikrobiologischen Prozesse, die in der Pflanzenkläranlage ablaufen (BRIX 1996).
<u>Stabilisierung der Filteroberfläche:</u> Verminderung der Oberflächenerosion.	<u>Verbesserte Reinigungsleistung der Pflanzenkläranlage im Vergleich zu unbepflanzten Bodenfiltern (FLAMISCH 1995):</u> Nur in bepflanzten, nicht aber in unbepflanzten Bodenfiltern wurde bisher der Abbau von Ölen und Fetten nachgewiesen.
<u>Offenhalten der Oberfläche</u> durch die Bewegungen der Pflanzen.	<u>Exkretion von photosynthetischem Sauerstoff in die Rhizosphäre durch die Pflanzenwurzeln</u> (u.a. BAHLO & WACH 1992; WETZEL 1993) beeinflusst nach einigen Studien die biogeochemikalischen Kreisläufe durch veränderten Redox-Status und erhöht den aeroben Abbau (BRIX 1996). FLAMISCH 1995 berichtet, dass die Pflanzen den Gesamtsauerstoffeintrag vermutlich kaum beeinflussen.

<u>Physikalische Effekte (nach BRIX 1996)</u>	<u>Biologische und andere Effekte</u>
<u>Mithilfe beim Abbau von organischem Material</u> durch das Wurzelwachstum im Filtermedium.	<u>Veränderung der Milieubedingungen im Porenwasser durch die Ausscheidung von Wurzelexsudaten</u> (z.B. Säuren – siehe BAHLO 1992)
<u>Vermeidung von Kolmation</u> (in vertikal durchflossenen Systemen) ebenfalls durch die Durchwurzelung.	<u>Direkte Aufnahme und Speicherung von Nährstoffen:</u> Durch die Aufnahme von Stickstoff und Phosphor durch die Pflanzen können durch Ernte jährlich 50 bis 150 kg Phosphor pro Hektar und 1.000 bis 2.500 kg Stickstoff pro Hektar aus dem System entfernt werden. Werden die Pflanzen nicht geerntet, so werden diese Stoffe nur zurückgehalten und nicht aus dem System entfernt. Dasselbe gilt für Schwermetalle und nicht oder schwer abbaubare Substanzen (FLAMISCH 1995). BAHLO 1992 gibt an, dass der Nährstoffzug durch die Pflanzenmasse nur in geringem Ausmaß stattfindet. QUESLATI, HADDAD & THAYER 1996 führen die Phenolaufnahme von <i>Juncus fontanesii</i> an SEIDEL 1968 berichtete in den 60er Jahren, dass <i>Scirpus lacustris</i> ebenso diese Fähigkeit besitzt.
<u>Einfluss auf das Mikroklima</u> Vergleichmäßigung der Temperatur durch Beschattung im Sommer und Schutz der Pflanzenkläranlage vor Auskühlung im Winter durch die Bildung einer Isolierschicht aus den am Ende der Vegetationsperiode absterbenden und nicht geernteten oberirdischen Pflanzenteilen (MAYER 1995). Dieses abgestorbene Material schützt den Boden vor dem Frieren im Winter, hält ihn aber auch kühler während des Frühlings.	<u>Schaffung wichtiger Kohlenstoffquelle für nitrifizierende und denitrifizierende Bakterien:</u> In manchen Anlagen ist die von den Pflanzen gebildete Kohlenstoffmenge in den ersten Jahren größer als die durch das Abwasser eingebrachte. Das, von den Pflanzen produzierte organische Material konkurriert mit den gelösten organischen Substanzen des Abwassers und reduziert die Effizienz des Systems (WETZEL 1993).
<u>Hydraulische Durchlässigkeit</u> Aufrechterhaltung und Verbesserung aufgrund der Durchwurzelung (FLAMISCH 1995).	<u>Zusätzliche Wertschöpfung (value added) durch hohen Biotopwert und ästhetisches Erscheinungsbild:</u> Lebensraum für viele Pflanzen und Tiere (FLAMISCH 1995 und AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE 1998)
Verhinderung von übermäßigem <u>Algenwachstum</u> , Vor allem in bepflanzten Teichen durch Beschattung.	<u>Abgabe von Antibiotika</u> (z.B. bei <i>Schoenoplectus</i> sp.) und anderen organischen Verbindungen (BRIX 1996)
<u>Verminderung des Abflusses</u> durch Verdunstungsleistung der Pflanzen vor allem im Sommer und in trockenen heißen Klimaten. HARKARE & al. 1996 berichten von bepflanzten Bodenfiltern in Indien mit einer täglichen Evapotranspiration von 35 bis 40 Liter pro Quadratmeter.	<u>Aufnahme von Schwermetallen</u> (OJO & MASHAURI 1996)

Tabelle 30: Überblick über die möglichen Auswirkungen der Bepflanzung

Für die Bepflanzung der Kläranlagen wurde auf Grund der vorliegenden Erfahrungswerte Schilf (*Phragmites australis*) gewählt. Weiters wurde in der Anlage Sampionka die Kompensationslagune versuchsweise mit der Wasserhyazinthe (*Eichornia crassipes*) und zwei der Becken mit Seggen (*Carex acutiformis*) bepflanzte.

Das Schilfrohr, *Phragmites australis* (Poaceae) ist eine der am weitesten verbreiteten Pflanze der Welt. Es ist in allen Erdteilen mit Ausnahme von einigen Tropengebieten (z.B. Amazonas-Gebiet), dem südlichsten Teil von Südamerika und Island verbreitet. *Phragmites* braucht, um sich normal entwickeln zu können, eine gewisse Zeit der Winterruhe.

Die enorme Biotopbreite, die große morphologisch-anatomische und physikalische Variabilität des Schilfes und die Fähigkeit, ausgedehnte monospezifische Bestände zu bilden, unterstreichen die Sonderstellung von *Phragmites* (HÜRLIMANN 1951, RODEWALD-RUDESCU 1974, BJÖRK 1967). In Europa kommt Schilf bestandsbildend als Verlandungspflanze an stehenden und langsam fließenden Gewässern auf nährstoffarmen bis nährstoffreichen Böden vor.

Das Schilf ist die einzige Art der Poaceen, die mit ihren Rhizomen vertikal und horizontal wandert. Dabei kann der Boden über 2 m tief durchwurzelt werden. FEES 1992 zählte in einer Pflanzenklär-anlage im Mittel pro Quadratmeter 1802 Wurzeln und 47 Rhizome mit einem mittleren Durchmesser von 9,5-13,1 mm Durchströmfläche, wobei sich die Menge der für die Reinigungswirkung unentbehrlichen Haarwurzeln und Wurzelhärchen nur ahnen lässt.

Im Abwasser und auch in Schlämmen wächst das Schilf wie an seinem natürlichen Standort. Wird es mit Abwasser oder Schlamm überstaut, bilden sich an den überstauten Nodien Sekundärwurzeln. Im fließenden Abwasser bilden sich an den Halmen submers ein mikrobieller Aufwuchs und an der Grenzfläche zu Luft Krustationen aus Biomasse und auskristallisierten Salzen (SEIDL 1977).

Neben der Eigenschaft hohe organische Belastung vertragen zu können, gilt Schilf auch an natürlichen Standorten als ausgesprochen nitrophil.

Jedoch ist auch Schilf nicht unbegrenzt belastbar, was beim Einsatz von Schilf zur Reinigung von hochbelasteten Abwässern, wie sie teilweise in der Lebensmittelverarbeitenden Industrie anfallen, zu berücksichtigen ist. In Schilfbeständen von abwasserbeeinflussten Standorten oder zum Beispiel in Schlammvererdungsbecken (REINHOFER 1997) ist der Blattlausbefall (Mehlige Pflaumenblattlaus, *Hyalopterus prunii*) meist erhöht. Die Blätter sind, wie dies von überdüngten Standorten her bekannt ist, nicht hellgrün, sondern graugrün gefärbt. Dies regt *Hyalopterus prunii* zum Anflug an.

An stark nährstoffhaltigen Standorten, wird weniger Silizium aufgenommen und die Halme sind damit spezifisch leichter. Auch das Sklerenchym ist schlechter ausgebildet. An sehr nährstoffreichen Standorten gewachsenes Schilf ist daher mechanisch weniger belastbar.

Bei zu hoher Nährstoffzufuhr reicht der über das Wurzelsystem abgegebene Sauerstoff zu einer Entgiftung der Rhizosphäre nicht aus und extrem anaerobe Bedingungen sind die Folge. Im Prinzip kann Schilf zwar auch dann gedeihen, die Gefahr einer Schädigung durch Stoffe wie Schwefelwasserstoff, Methan, organische Sulfide, organische Säuren etc. ist aber erhöht. Auch

der Nitratmangel kann sich nachteilig auf das Gedeihen des Schilfs auswirken. Möglicherweise spielt auch "Luxuswachstum" verbunden mit mangelnder Energiekonservierung eine Rolle. Übermäßige Nährstoffzufuhr kann jedenfalls zum Absterben eines Schilfbestandes führen (HOFMANN 1992).

Im Herbst bildet das Laub der fallenden Blätter eine Sperrschicht, die den Gasaustausch über die Bodenoberfläche behindern kann, andererseits jedoch eine Art "Wärmeisolierung" bilden, was besonders beim Einsatz von Schilf in Pflanzenkläranlagen und bei der Klärschlammvererdung den Vorteil einer "Wärmeisolierung" bringt. Die Halme bleiben bis zum folgenden Frühjahr stehen und übernehmen auch im Winter die Funktion des Sauerstoffeintrages. Was wiederum besonders beim Einsatz des Schilfs in Pflanzenkläranlagen und bei der Schlammvererdung Vorteile bringt (REINHOFER 1997, HOFMANN 1992).

Folgende morphologische und physikalische Eigenschaften des Schilfs werden beim Einsatz in Pflanzenkläranlagen genutzt:

- ≠# Das Schilf zeigt ein starkes Wasserbedürfnis, das die Niederschlagsmengen bei weitem übersteigen kann (RODEWALD-RUDESCU 1974). Dies ist vor allem beim Einsatz zur Entwässerung von Schlämmen von großer Bedeutung.
- ≠# Es zeigt sich gegenüber dem Boden- und Wasserchemismus relativ widerstandsfähig (RODEWALD-RUDESCU 1974)
- ≠# Es hat eine sehr große ökologische Amplitude und kann auch in staunassen, überfluteten und anaeroben Böden gedeihen (GESSNER 1995 UND BURIAN 1973).
- ≠# Das reich verzweigte Rhizomsystem gewährleistet eine gute Durchwurzelung.
- ≠# Durch das Aerenchym wird Luftsauerstoff in die Wurzeln transportiert. Bei ausreichender Sauerstoffversorgung kann Sauerstoff direkt an die Wurzelumgebung abgegeben werden, wo er zu chemischen und biochemischen Umsetzungsvorgängen genutzt werden kann (GRIES, KRETZSCHMAR & WIDMOSER 1991). Diese Sauerstoffabgabe ist für die Pflanze lebensnotwendig, kostet jedoch viel Sauerstoff und muss daher in irgendeiner Weise kontrolliert werden. Die Pflanze löst dieses Problem durch eine optimale und möglichst ökonomische Nutzung des in das Rhizomsystem transportierten Sauerstoffs. So beschränkt sich bei *Phragmites australis* die Sauerstoffabgabe auf ganz bestimmte Bereiche der Wurzeln und Rhizome. An den feinen Verzweigungen junger Wurzeln ist die Sauerstoffabgabe am höchsten (WISSING 1995). Nach den Untersuchungsergebnissen verschiedener Autoren liegt beim Schilfrohr der Eintrag von Sauerstoff über das Rhizomsystem im Jahresdurchschnitt bei 5 g pro Quadratmeter und Tag, was immerhin rund 15 Litern Luft entspricht. Neben der direkten Abgabe von Sauerstoff durch die Rhizomwurzeln kommt noch hinzu, dass infolge der Wühlarbeit der Wurzeln und des

Wasserentzugs durch die Pflanzen das Porenvolumen des Bodens vergrößert wird. Auf diese Weise erfolgt eine weitere Verbesserung der Sauerstoffversorgung (HOFMANN 1992).

In den Anlagen Gorica, Oglenda, Droga und Jakusevec wurde zur Bepflanzung der Becken ausnahmslos Phragmites eingesetzt. In der Anlage Sampionka wurde nur die Becken zwei und drei sowie das Klärschlammvererdungsbecken mit Phragmites bepflanzt.

Die Pflanzen wurde Gruppenweise in die Becken gepflanzt. Zur Verhinderung des Austrocknens der Pflanzen im Vererdungsbecken in Sampionka wurde das Becken bis zur ersten Beschickung eingestaut.

Die Seggen (Carex sp.)

Die Seggen (Carex sp.) stellen die zahlenmäßig größte und botanisch vielfältigste Gattung der Riedgrasgewächse dar.

Ihre bestandbildenden Arten, wie die Ufersegge (Carex riparia), die Schlanksegge (Carex gracilis) oder die Sumpfsegge (Carex acutiformis), sind in ihrem Leistungsspektrum mit dem Schilf vergleichbar.

Der ausgebildete Wurzelfilz ist dicht und fest und dem Schilf ähnlich. Auch das Rhizomwachstum ähnelt dem Schilf. Die bis zu 30 cm langen Rhizome durchwandern und verfestigen das Wurzelgeflecht durch weitere Wurzelbildung. Knospen werden unten am Rhizom angelegt und wandern über einen Bogen an die Erdoberfläche.

Weniger geeignet für den Einsatz in Pflanzenkläranlagen sind die horstig wachsenden helophytischen Seggen sind die Spezialisten der nährstoffarmen Stillgewässer. Sie kommen mit organisch saurem Wasser, wie es an moorigen Standorten der Fall ist, gut zurecht, brauchen aber an ihren nährstoffarmen natürlichen Standorten die im Horst gehaltene Biomasse für die Entwicklung in der folgenden Vegetationsperiode.

Die dreikantigen Blätter der Seggen wachsen basal. Die im Herbst absterbenden Blätter hinterlassen schnell eine dicke und dichte Detritusschicht. Eine herbstliche Mahd oder das Säubern der Oberfläche von Seggenbecken ist erforderlich.

In Bezug auf ihre Leistung in der Abwasserreinigung sind die Seggen im Vergleich zum Schilf weit weniger im Einsatz. Es gibt allerdings einige Versuche mit sehr guten Erfolgen beim Einsatz der Sumpfsegge (Carex acutiformis) zur Reinigung von Abwasser (WITT 1993).

Wie die anderen bestandbildenden Riedgrasartigen sind auch die bestandbildenden Seggen sehr anpassungsfähig an verschiedene Abwässer. Alle Seggen lassen sich generativ und vegetativ leicht vermehren.

Das erste und vierte Becken der Anlage Sampionka wurde mit *Carex acutiformis* bepflanzt. Die Pflanzen hatten auf Grund von schlechter Wasserversorgung im ersten Betriebsmonat der Anlage starb ein Großteil der Pflanzen ab. Im Juni 2001 wurden diese nachgepflanzt.

Eichornia crassipes (Wasserhyazinthe)

Die meist frei schwimmende Wasser- oder Sumpfpflanze gehört zur Familie der Pontederiaceae. In einer gedrungenen Sprossachse steht eine große Zahl rosettenförmig angeordneter Blätter. Die Blattstiele sind blasenartig aufgetrieben, das Gewebe im Inneren stark lufthaltig. Der Blütenstand stellt eine Scheinähre dar, die sechs Blütenblätter sind am Grund verwachsen. Dreifährige Kapseln bilden die Früchte. Die Pflanze ist sehr wärme liebend und in Europa nicht winterhart.

Die in den Tropen der ganzen Welt verbreitete Wasserhyazinthe ist eines der gefürchteten produktivsten Unkräuter welches sogar Fischfang und Schifffahrt beeinträchtigen kann. Beheimatet war sie ursprünglich in Süd-Amerika. Wegen ihrer attraktiven Blüten gelangte sie Ende des letzten Jahrhunderts in einen Botanischen Garten auf Java. Von dort aus breitete sie sich, rasch über Asien nach Afrika und schließlich in die USA aus.

Die Gattung mit insgesamt 6 Arten besitzt zahlreiche, kammartig gefiederte Wurzeln. Die Rosetten vermehren sich durch Ausläufer, die in den Blattachsen entspringen. Die Pflanze ist sehr produktiv. Bei optimaler Temperatur zwischen 25 – 27,5 Grad verdoppelt sich die Fläche innerhalb von 5-15 Tagen. Das Wachstum wird durch gute Nährstoffversorgung gefördert. Die Pflanze bildet auch im Abwasser hochproduktive Bestände aus.

Weltweit wird *Eichornia crassipes* in verschiedenen Abwasserreinigungsverfahren eingesetzt. Beispielsweise wurde in einer Versuchsanlage zur Reinigung kommunaler Abwässer eine durchschnittliche Reinigungsleistung von über 90 % für CSB, von 96 % für Phosphor ges. und von 92 % für abfiltrierbare Stoffe erzielt (UNIV. KARLSRUHE 2003).

Obwohl die Pflanze nicht winterhart ist, wurde sie versuchsweise in der Kompensationslagune in Sampionka eingesetzt. Erwartungsgemäß starben die Pflanzen nach der ersten Frostperiode ab. In der zweiten Untersuchungsperiode starben die eingebrachten Pflanzen auf Grund des niedrigen pH-Wertes in der Lagune ab.

5 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER PILOTANLAGEN

5.1 PILOTANLAGE ŠAMPIONKA D.D., BUKOVICA 47/A, 5292 REN E, SLOWENIEN

5.1.1 ABWASSERBELASTUNG

Das begleitende Monitoringprogramm zur kontinuierlichen Beurteilung der Reinigungseffizienz der Pilotanlage und Betriebsstabilität wurde mit Juli 2000 gestartet und dauerte bis Juni 2002. Die Probenahmen erfolgten im ersten Jahr in monatlichen Intervallen, diese wurden im 2. Untersuchungsjahr auf 2 Monate ausgedehnt. Die Probenahme, Probenstabilisierung und Zwischenlagerung wurde durch den slowenischen Projektpartner vorgenommen. Die durchschnittliche hydraulische Tagesbelastung im Untersuchungszeitraum betrug 25 m^3 .

Die den Untersuchungen zugrunde liegenden Methodenvorschriften entsprechen gültigen ÖNORM bzw. DIN-Vorschriften.

Korrespondierend zu den Zu- und Ablaufbilanzen wurde in den Zulaufproben bzw. in den Zu- und Ablaufproben die biologische Abbaubarkeit bzw. Bakterientoxizität unter standardisierten Bedingungen bestimmt um damit Rückschlüsse auf die effektive Reinigungskapazität der Anlage ziehen zu können.

Die Anlage unterlag in Abhängigkeit der Produktion sehr starken Schwankungen in der Belastung. Bezogen auf eine durchschnittliche CSB Konzentration von 862 mg/l (MIN-MAX $17,7 \text{ mg/l}$ - 3290 mg/l) und einer durchschnittlichen hydraulischen Belastung von $25 \text{ m}^3/\text{d}$ errechnet sich eine mittlere CSB-Fracht von $21,5 \text{ kg/d}$. Dies entspricht einer Belastung, gemessen an Standardbemessungsgrundlagen (100 g CSB/d/EW) von 215 EW . Im Vergleich lag die durchschnittliche BSB_5 Konzentration bei $344,8 \text{ mg/l}$ (MIN-MAX $9,0 \text{ mg/l}$ - 1050 mg/l) entsprechend einer BSB_5 Fracht von $8,6 \text{ kg/d}$ oder einer Belastung von 144 EW . Das Verhältnis zwischen CSB zu BSB_5 liegt im Durchschnitt bei $2,2:1$, kann an Einzeltagen allerdings auch bis zu $5,9:1$ betragen.

Bei einer Gesamtoberfläche von 630 m^2 und verglichen mit jenem dem Stand der Technik in Österreich entsprechendem Bemessungsansatz von $5 \text{ m}^2/\text{EW}$ ist die Anlage damit zu rund 100% ausgelastet.

Die Stoffkomponenten, die das Produktionsabwasser charakterisieren unterliegen einer ausgeprägten Heterogenität. Eindeutige Zusammenhänge ergeben sich lediglich im Vergleich der Summenparameter organischer Kohlenstoffverbindungen. Eine eindeutige Korrelation der CSB und BSB_5 Konzentrationen lassen diesbezüglich auf konstante Belastungsverhältnisse schließen. Auffallend sind erhöhte Eisenwerte im Zulauf, die nicht produktionsbedingt zu erklären sind. Vielmehr handelt es sich dabei um Remobilisierungen von Fe-Ionen aus dem Pufferspeicher, der eine natürliche Abdichtung durch Lehm aufweist. Dies ist besonders bei Absenkungen des pH-Wertes durch Abwässer der Essigproduktion bemerkbar. Tensidkonzentrationen weisen ebenfalls

sehr starke Schwankungen auf. Die durchschnittliche Konzentrationen an anionischen Tensiden beträgt $25,4 \pm 31,9$ mg/l auf (MIN-MAX 3,5 mg/l-114,5 mg/l). Erhöhte Tensidwerte sind korreliert mit erhöhten Chloridwerten.

	pH	LF	CSB	BSB₅	TOC	NH₄-N	N_{org}	PO₄-P	Chlorid	Tenside	Eisen
pH	1	0,29	-0,46	-0,49	-0,68	0,10	-0,64	-0,41	0,16	-0,13	-0,67
LF		1	0,62	0,45	0,45	0,37	0,04	0,34	0,78	0,63	0,64
CSB			1	0,94	0,98	0,44	0,57	0,85	0,27	0,32	0,91
BSB₅				1	0,97	0,43	0,52	0,93	-0,08	-0,01	0,79
TOC					1	0,36	0,14	0,01	0,01	0,09	0,49
NH₄-N						1	-0,04	0,54	-0,03	0,06	0,38
N_{org}							1	0,56	0,65	0,56	-0,37
PO₄-P								1	-0,15	-0,10	0,63
Chlorid									1	0,94	-0,18
Tenside										1	-0,01
Eisen											1

Tabelle 31: Korrelationsmatrix spezifischer Zulaufparameter der Pilotanlage

5.1.2 BIOLOGISCHE ABBAUBARKEIT UNTER STANDARDISIERTEN LABORBEDINGUNGEN

Biologische Abbauuntersuchungen der Zulaufproben dienten der Potentialabschätzung des Abbauverhaltens und werden im folgenden mit den aktuellen Bilanzdaten der Pilotanlage verglichen. Die Abbauuntersuchungen ergaben unter Berücksichtigung sämtlicher Zulaufproben eine durchschnittliche Abbaurrate innerhalb der Inkubationszeit von 28 Tagen von 73,9 % im Closed-Bottle-Test bzw. 74,0 % im modifiziertem OECD Screening Test. Die Konsistenz des Produktionsabwasser kann somit als mäßig gut biologisch abbaubar eingestuft werden. Bei jenen Proben, bei denen die Abbauraten unterhalb von 50 % lagen waren im Vergleich zur durchschnittlichen Belastungen sehr hohe Tensidkonzentrationen festzustellen. Ein potentieller Zusammenhang zwischen der Tensidkonzentration und der Abbaurrate zeigt, dass ab einer Zulaufkonzentration > 10 mg/l, Abbauraten unter 80 % zu liegen kommen. Aus dieser Erkenntnis ist abzuleiten, dass der Gesamtwirkungsgrad der Anlage primär durch die Tensid Eingangskonzentrationen bestimmt wird.

Basierend auf der empirischen Datengrundlage sind im Anlagenbetrieb folgende Emissionsdaten zu erwarten.

CSB	224,9	mg/l
BSB ₅	90,0	mg/l
TOC	78,0	mg/l

Wie später noch detaillierter beschrieben, betrug die tatsächlich ermittelten Ablaufwerte 297,3 mg CSB/l, 123,4 mg BSB₅/l sowie 108,2 mg TOC/l. Die tatsächliche Reinigungseffizienz lag somit um rund 36% unter jenen unter optimalen Bedingungen eruierten Maximalwerten.

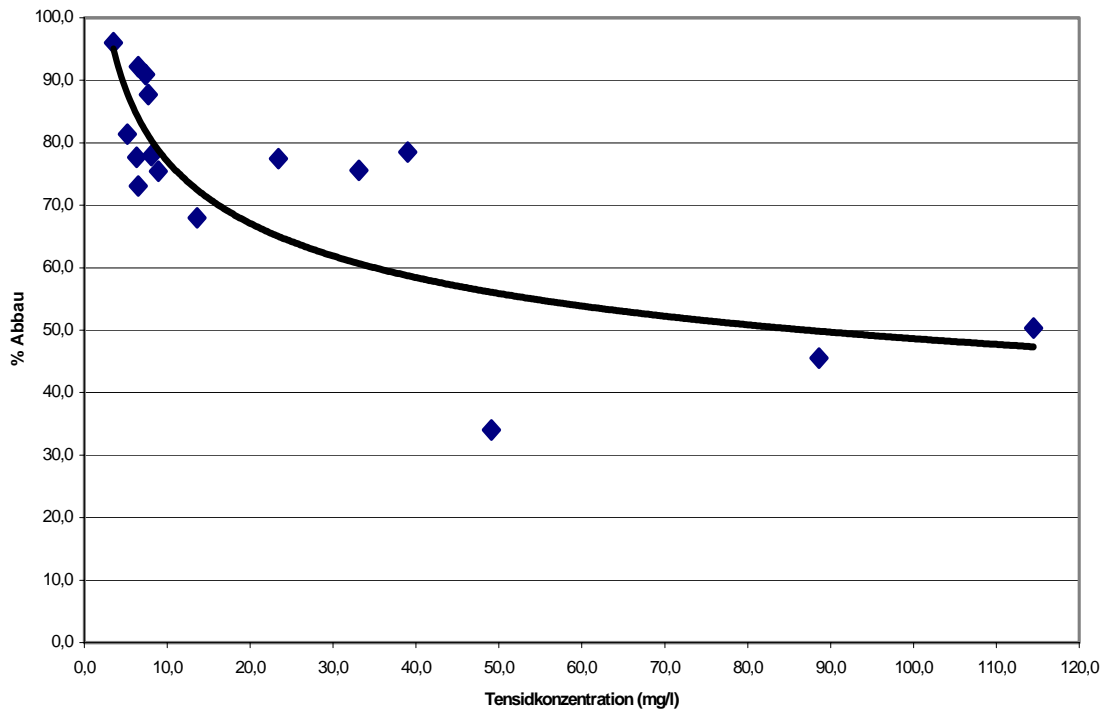


Abbildung 18: Abhängigkeit der Abbaubarkeit des Produktionsabwassers von der Tensidbelastung

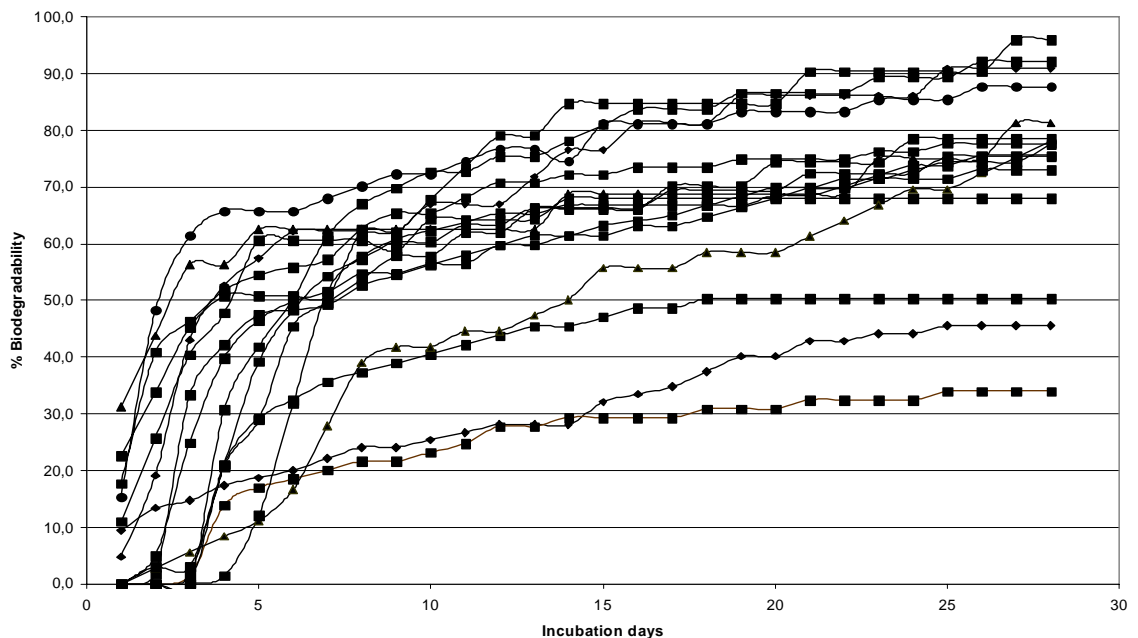


Abbildung 19: Abbaubarkeit des Produktionsabwassers unter standardisierten Bedingungen im Closed Bottle Testverfahren

5.1.3 TOXIZITÄTSUNTERSUCHUNGEN

Zur Beurteilung der Bakterientoxizität wurden korrespondierende Zu- und Ablaufproben unter Heranziehung der Methode zur Bestimmung der Hemmwirkung von Abwasserinhaltsstoffen auf das Biolumineszenzpotential von *Photobacterium phosphoreum* herangezogen. Die Untersuchungsergebnisse weisen eindeutige Zusammenhänge zwischen der toxischen Wirkung einerseits und der Abbaubarkeit des Produktionsabwasser andererseits auf und bestätigten somit die Limitierung der Abbaueffizienz durch die Abwassercharakteristik.

	Zulauf	Ablauf
	G _L -Faktor	G _L -Faktor
13.07.2000	53	2
30.08.2000	20	2
30.09.2000	14	2
03.11.2000	12	2
08.12.2000	28	4
05.01.2001	20	4
09.02.2001	19	4
08.03.2001	12	2
05.04.2001	49	2
11.05.2001	37	8
07.06.2001	23	2

Tabelle 32: Untersuchungsergebnisse zur Bakterientoxizität ausgewiesen als G_L Faktor

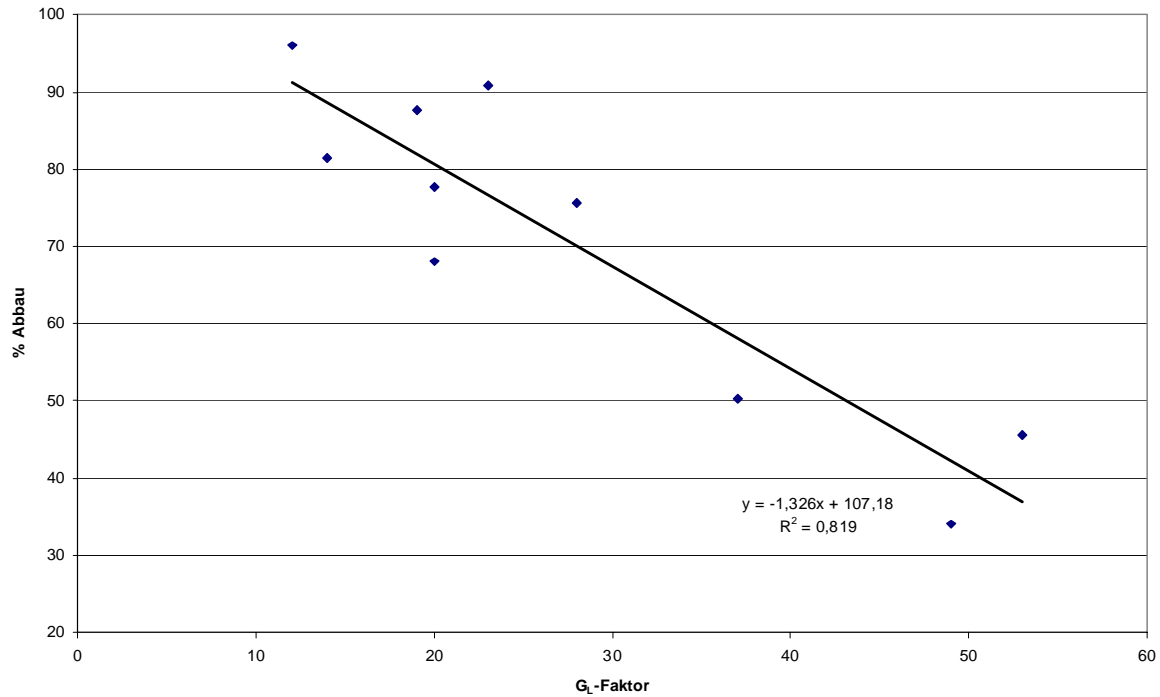


Abbildung 20: Zusammenhang zwischen der biologischen Abbaubarkeit des Produktionsabwassers und der Hemmwirkung auf *Photobacterium phosphoreum*

5.1.4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER PILOTANLAGE

Nachfolgende Abbildungen zeigen für relevante Abwasserparameter den Verlauf der jeweiligen Zu- und Ablaufkonzentrationen sowie die daraus resultierenden Abbauraten.

CSB (mg/l)		Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert					
		Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01			Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02
Zulauf PKA	747	272	719	79,9	45,8	569	367	228	18	323	616	1045	1790	1795	1210	602	1657	3290	854,1	814,3
Ablauf PKA	33	69	54	17	49	404	409	189	28	42	160	454	181	18	623	238	772	1365	283,6	341,7
% Abbau	95,6	74,6	92,5	78,7	0,0	29,0	0,0	17,1	0,0	87,0	74,0	56,6	89,9	99,0	48,5	0,0	53,4	58,5		66,8

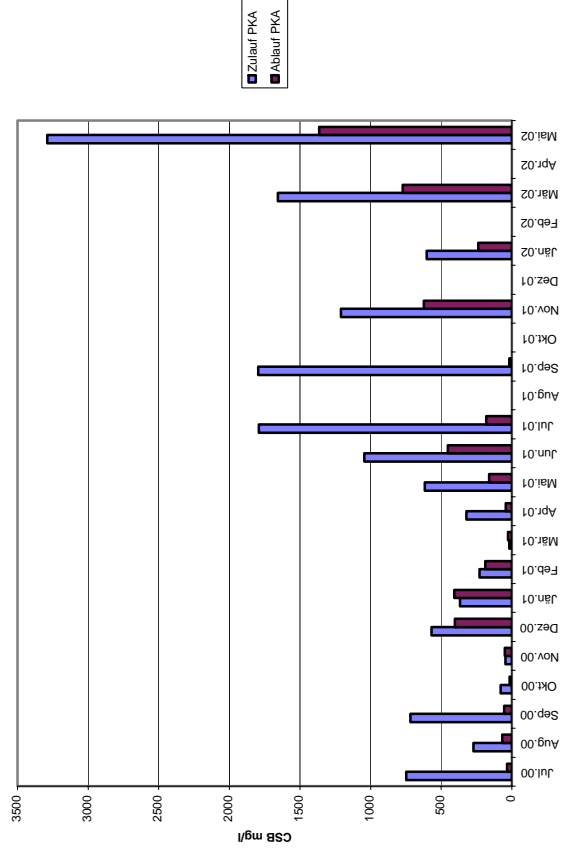
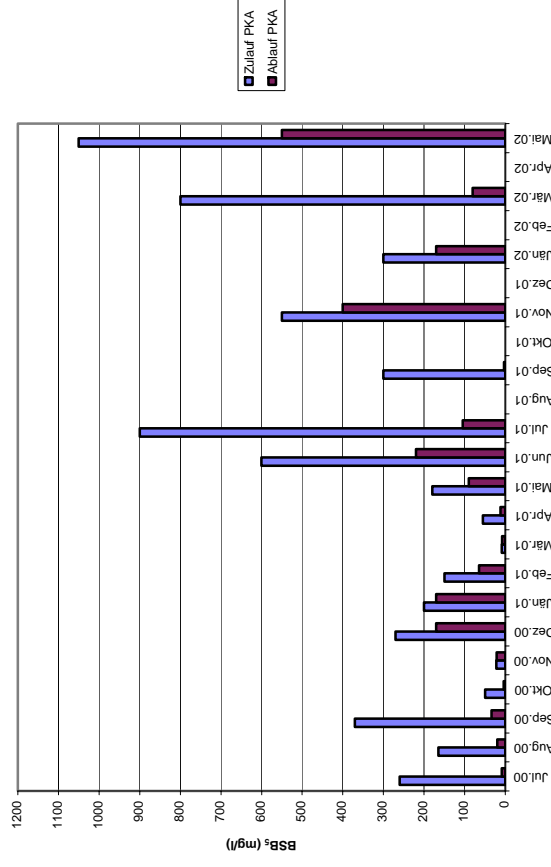


Abbildung 21: Verlaufsdaten hinsichtlich der CSB Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

BSB ₅ (mg/l)																	Mittelwert	Std. Abw	Mittelwert		
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02			
Zulauf PKA	260	165	370	50	22	270	200	150	9	55	180	600	900	300	550	300	800	1050	346,2	302,2	
Ablauf PKA	9	20	34	4	21	170	170	65	8	12	90	220	105	3	400	170	80	550	118,4	144,8	
% Abbau	96,5	87,9	90,8	92,0	0,0	37,0	0,0	56,7	0,0	78,2	50,0	63,3	88,3	99,0	27,3	0,0	90,0	47,6			65,8

Abbildung 22: Verlaufsdaten hinsichtlich der BSB₅ Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

TOC mg/l)	Mittelwert												Mittelwert	Std. Abw	Mittelwert					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01				Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02
Zulauf PKA	70,8	80,4	---	29,2	10,2	204,4	101,4	79,4	11,3	83,7	191,8	462,3	574,5	698,4	391,1	181,4	741,0	1169,	298,8	319,0
Ablauf PKA	12,7	24,1	---	5,5	7,4	144,4	130,7	70,2	17,1	11,7	50,9	205,9	55,4	6,0	212,9	70,0	282,7	531,3	108,2	134,1
% Abbau	82,1	70,0	---	81,2	0,0	29,4	0,0	11,6	0,0	86,0	73,5	55,5	90,4	99,1	45,6	0,0	61,8	54,6		63,8

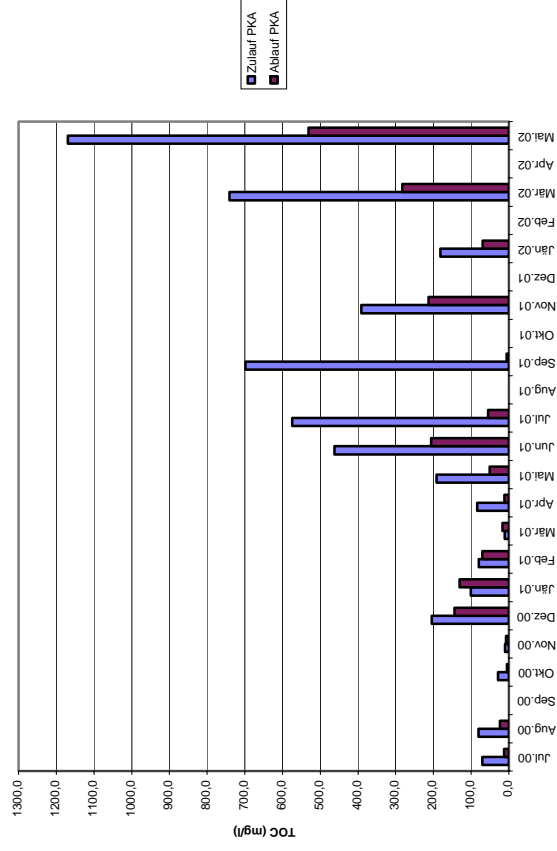


Abbildung 23: Verlaufsdaten hinsichtlich der TOC Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

Anionische Tenside (mg/l)		Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert							
		Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01			Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02	
Zulauf PKA	88,6	13,9	---	5,2	9,7	33,1	6,3	7,7	3,5	49,1	114,5	7,4	6,5	6,5	8,1	39,0	6,5	8,9	23,4	25,4	31,0	
Ablauf PKA	2,4	2,8	---	1,9	4,6	11,7	10,0	10,4	9,7	8,5	23,3	2,5	7,5	5,0	8,8	6,1	7,9	17,5	8,3	5,4		
% Abbau	97,3	79,9	---	63,5	0,0	64,7	0,0	0,0	0,0	82,7	79,7	66,2	0,0	38,3	77,4	6,2	11,2	25,2	67,4			

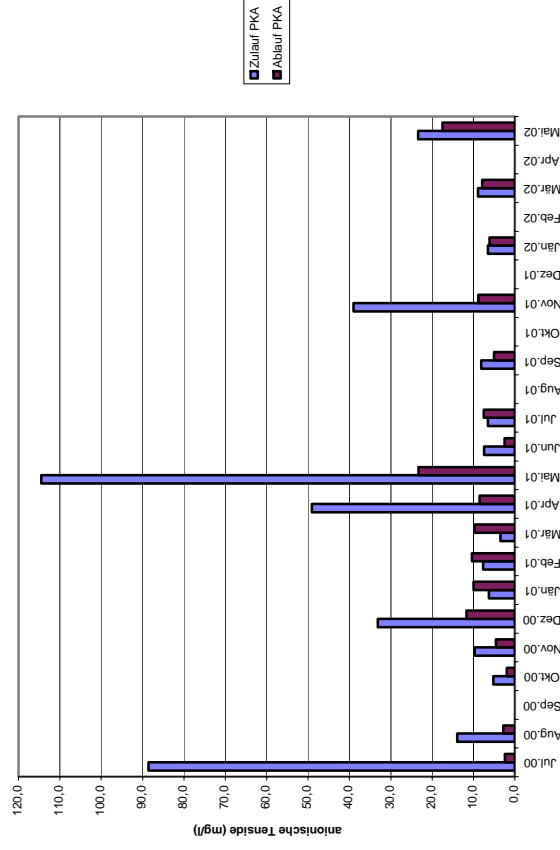
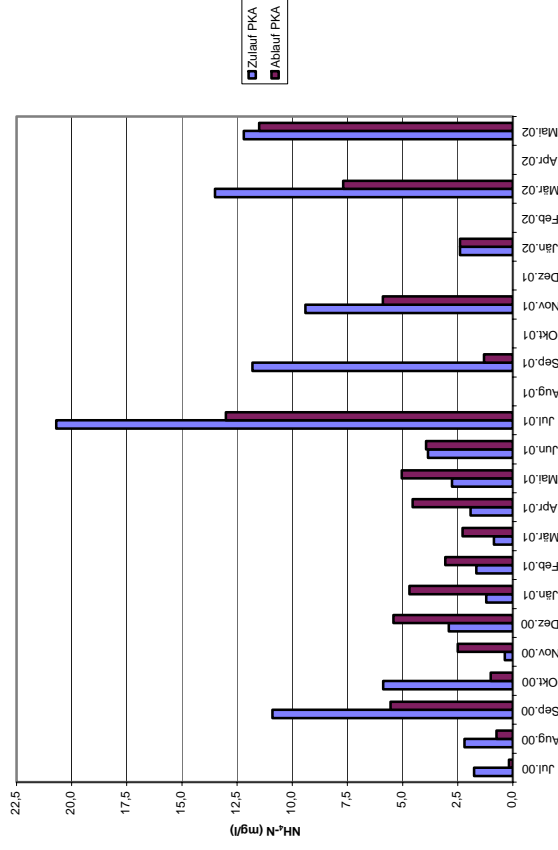
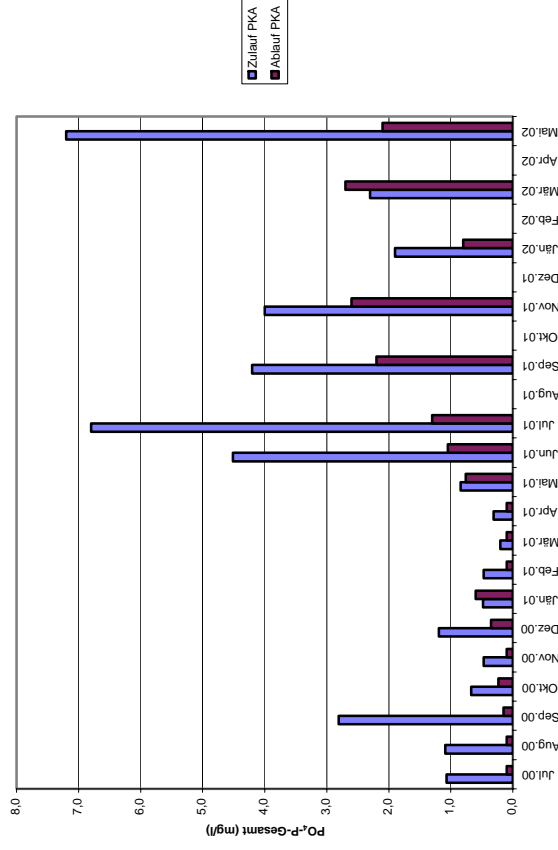


Abbildung 24: Verlaufdaten hinsichtlich der anionischen Tensid Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

NH ₄ -N (mg/l)	Mittelwert												Mittelwert	Std. Abw	Mittelwert				
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01				Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02
Zulauf PKA	1,8	2,2	10,9	5,9	0,4	2,9	1,20	1,7	0,9	1,9	2,8	3,9	20,7	11,8	9,4	2,4	13,5	12,2	
Ablauf PKA	0,2	0,7	5,5	1,0	2,5	5,4	4,7	3,1	2,3	4,6	5,0	3,9	13,0	1,3	5,9	2,4	7,7	11,5	
% Abbau	89,8	66,2	49,2	83,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	37,2	89,0	37,2	0,0	43,0	5,7	24,0

Abbildung 25: Verlaufsdaten hinsichtlich der NH₄-N Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

PO ₄ -P Gesamt (mg/l)		Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert					
		Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01			Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02
Zulauf PKA	1,1	1,1	2,8	0,7	0,5	1,2	0,48	0,5	0,2	0,3	0,8	4,5	6,8	4,2	4,0	1,9	2,3	7,2	2,3	2,2
Ablauf PKA	0,10	0,10	0,15	0,23	0,10	0,35	0,60	0,10	0,10	0,10	0,76	1,05	1,30	2,20	2,60	0,80	2,70	2,1	0,9	0,9
% Abbau	90,7	90,8	94,7	65,7	78,7	70,6	0,0	78,7	50,0	67,7	9,5	76,7	80,9	47,6	35,0	57,9	0,0	70,8		61,9

Abbildung 26: Verlaufsdaten hinsichtlich der PO₄-P-Gesamt Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Sampionka

pH-Werte													MIN	MAX						
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	7,8	7,3	8,4	7,3	7,4	4,9	6,90	7,2	6,9	10,1	5,2	4,4	4,8	4,5	4,6	4,9	4,5	5,1	4,4	10,1
Ablauf PKA	6,63	6,97	8,01	6,93	7,40	6,92	6,97	6,90	7,51	7,16	6,72	6,70	6,35	6,78	7,17	7,30	6,84	7,1	6,4	8,0

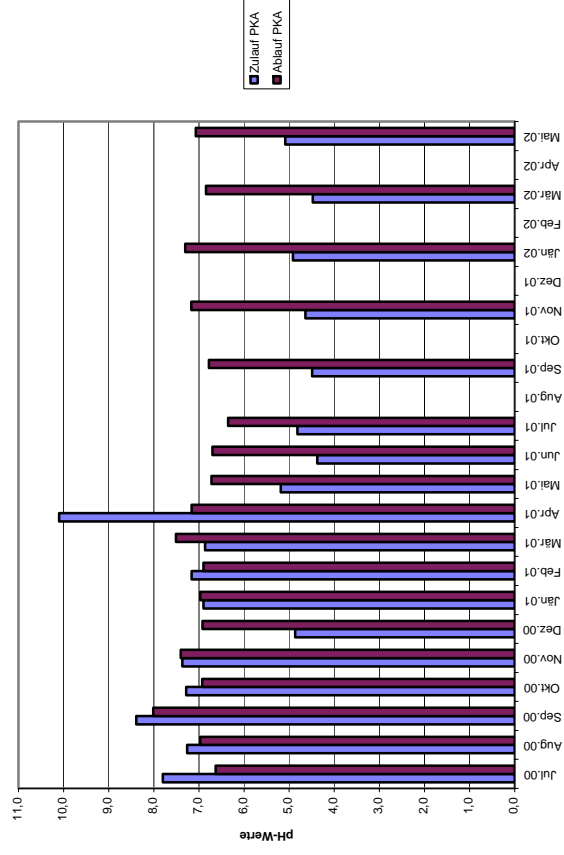


Abbildung 27: Verlaufdaten hinsichtlich der pH-Werte im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Sampionka

el. Leitfähigkeit (µS/cm)														MIN	MAX					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	692	418	668	343	325	432	483	228	17	323	616	1045	1490	1290	856	523	873	938	17	1490
Ablauf PKA	363	369	939	265	295	745	699	463	305	436	581	854	1155	449	1624	701	1542	1782	265	1782

NO ₃ -N (mg/l)														MIN	MAX					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	0,5	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,58	0,1	0,1	0,5	0,4	0,9	0,3	0,9	0,7	1,5	0,5	1,8	0,1	1,8
Ablauf PKA	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2

N _{KJ} (mg/l)														MIN	MAX					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	23,5	1,6	---	0,7	2,3	5,1	1,95	2,4	7,8	2,5	6,9	8,5	0,5	5,0	16,1	5,0	0,5	---	0,5	23,5
Ablauf PKA	7,6	1,4	---	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	2,7	2,40	< 0,05	1,00	< 0,05	---	< 0,05	7,6

Tabelle 33: Verlaufsdaten hinsichtlich el. Leitfähigkeit, NO₃-N und N_{KJ} im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Sampionka

Chlorid (mg/l)													MIN	MAX						
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	84,6	7,2	---	3,1	8,8	14,3	11,70	4,8	4,8	57,4	73,1	8,4	67,7	56,2	36,9	8,5	55,4	56,6	3,1	84,6
Ablauf PKA	10,0	5,8	---	9,0	12,9	22,1	33,8	12,9	22,9	11,1	70,1	10,9	138,0	24,7	50,0	19,2	63,9	86,7	5,8	138,0

adsorb. org. Halogene, AOX (mg/l)													MIN	MAX							
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02			
Zulauf PKA	0,1	< 0,05	---	< 0,05	0,1	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1	0,1	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,1
Ablauf PKA	< 0,05	< 0,05	---	< 0,05	< 0,05	0,06	0,09	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,07	< 0,05	0,41	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,08	< 0,05	< 0,05	0,1	0,4

absetzbare Stoffe (ml/l)													MIN	MAX						
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	< 0,1	0,9	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,2	4,3	0,2	0,1	0,4	1,0	0,1	4,3
Ablauf PKA	1,2	0,8	< 0,1	0,5	0,5	0,8	0,5	1	0,3	1	< 0,1	< 0,1	0,8	0,6	1,6	0,4	1,2	1,0	0,3	1,6

Tabelle 34: Verlaufsdaten hinsichtlich Chlorid, AOX und absetzbare Stoffe im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Sampionka

abfiltrierbare Stoffe (mg/l)														MIN	MAX					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	67	85	47	14	12	56	63	< 10	48	126	24	97	63	147	75	25	126	150	< 10	150,0
Ablauf PKA	90	140	12	116	10	97	81	123	62	113	53	48	205	194	255	154	220	195	10,0	255,0

Eisen (mg/l)														MIN	MAX					
	Jul.00	Aug.00	Sep.00	Okt.00	Nov.00	Dez.00	Jän.01	Feb.01	Mär.01	Apr.01	Mai.01	Jun.01	Jul.01	Sep.01	Nov.01	Jän.02	Mär.02	Mai.02		
Zulauf PKA	0,5	2,7		1,0	0,9	1,7	1,4	0,9	0,6	1,1	1,8	1,9	6,9	8,7	2,5	1,3	2,1	3,8	0,6	8,7
Ablauf PKA				1,4		7,9	6,6	5,8	1,1	4,0	2,2	0,4	3,0	1,4	3,6	2,0	6,4	5,7	0,4	7,9

Tabelle 35: Verlaufsdaten hinsichtlich abfiltrierbarer Stoffe und Eisen im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Sampionka

5.1.5 DETAILUNTERSUCHUNG

Zur Klärung der Wirkungsgrade einzelner Anlagenteile wurde am 16. Oktober 2001 ein Detailuntersuchung der Pilotanlage durchgeführt.

Reinigungseffizienz

Parameter		Zulauf	Ablauf Vorreinigung	Ablauf Hauptreinigung	Ablauf Nachreinigung	Ablauf Schönungsteich
pH-Wert		7,34	7,63	7,43	7,42	7,26
Leitfähigkeit	µS/cm	790	669	558	292	569
CSB	mg/l	535,0	504,5	170,4	17,2	55,9
TOC	mg/l	168,5	146,4	24,0	5,1	14,2
BSB ₅	mg/l	180,0	160,0	45,0	3,0	10,0
NH ₄ -N	mg/l	10,6	8,94	5,93	1,82	6,21
NO ₃ -N	mg/l	0,37	0,13	0,22	0,20	0,22
PO ₄ -P	mg/l	6,9	6,1	5,0	3,1	7,0
Chlorid	mg/l	17,9	18,5	23,9	14,7	23,0
AOX	mgCl/l	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Anionische Tenside	mg/l	8,7	8,1	8,5	4,2	6,7
Absetzbare Stoffe	ml/l	0,8	1,2	0,6	< 0,1	0,2
Fe	mg/l	1,63	1,78	4,36	0,37	1,52

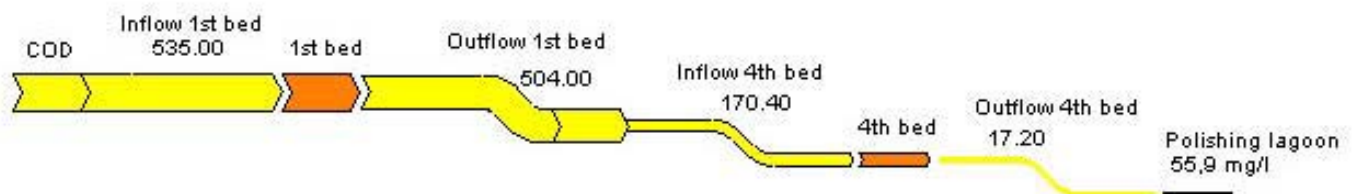
Tabelle 36: Untersuchungsergebnisse einzelner Kläranlagenteilströme

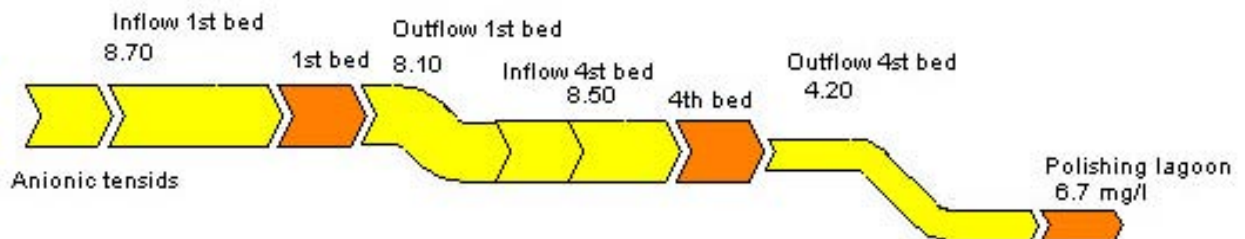
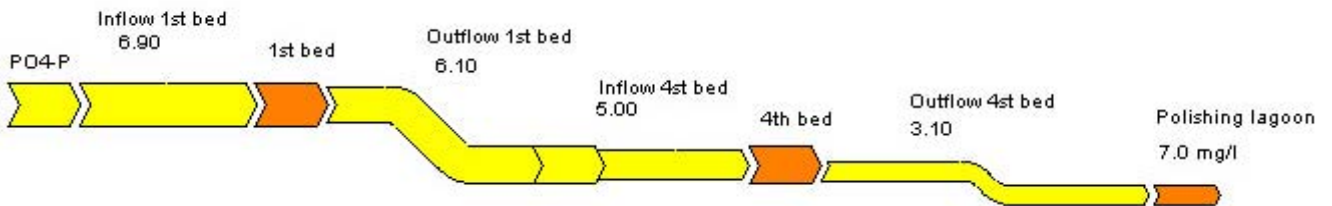
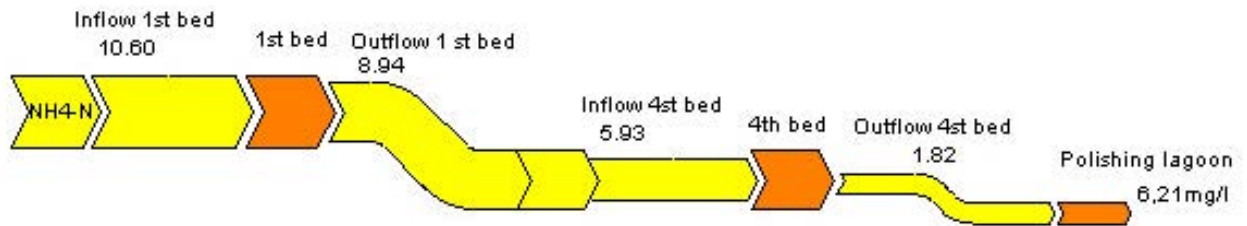
% Eliminationsleistung bezogen auf die Zulaufbelastung

Parameter		Ablauf Vorreinigung	Ablauf Hauptreinigung	Ablauf Nachreinigung	Ablauf Schönungssteich
CSB	mg/l	5,7	68,1	96,8	89,5
TOC	mg/l	13,1	85,7	97,0	91,6
BSB ₅	mg/l	11,1	75,0	98,3	94,4
NH ₄ -N	mg/l	15,7	44,0	82,8	41,4
PO ₄ -P	mg/l	11,6	27,5	55,1	0
Anionische Tenside	mg/l	2,3	6,9	51,7	23,0

Tabelle 37: Eliminationsleistung in Prozent bezogen auf die Zulaufbelastung

Das Abbauverhalten in den unterschiedlichen Anlagenteilen wird in Folge in Form von Sankey Diagrammen dargestellt:





Die Untersuchungsergebnisse zeigen insbesondere, dass für den Tensidabbau in den ersten Anlagenstufen die Verweilzeiten nicht ausreichend sind um entsprechende Wirkungsgrade zu erzielen. Hingegen werden jene organischen Kohlenstoffbelastungen, die einem mikrobiellen Stoffwechsel leichter zugänglich sind bereits mit einem hohen Wirkgrad im Vertikalfilter abgebaut. In allen Parameter ist eine Remobilisierung in dem nachgeschalteten Schönungsteich feststellbar.

5.1.6 ENZYMATISCHE UNTERSUCHUNGEN

Für die enzymatischen Untersuchungen wurden aus den Sedimentproben Fraktionen entsprechenden den Korngrößen 63-250 µm, 250-500 µm, 500-1000 µm und 1000-2000 µm hergestellt. Die Untersuchungsergebnisse wurden auf mgDNA/gTS als Biomasseparameter bezogen und entsprechend den Prozentanteilen gewichtet und kalkuliert.

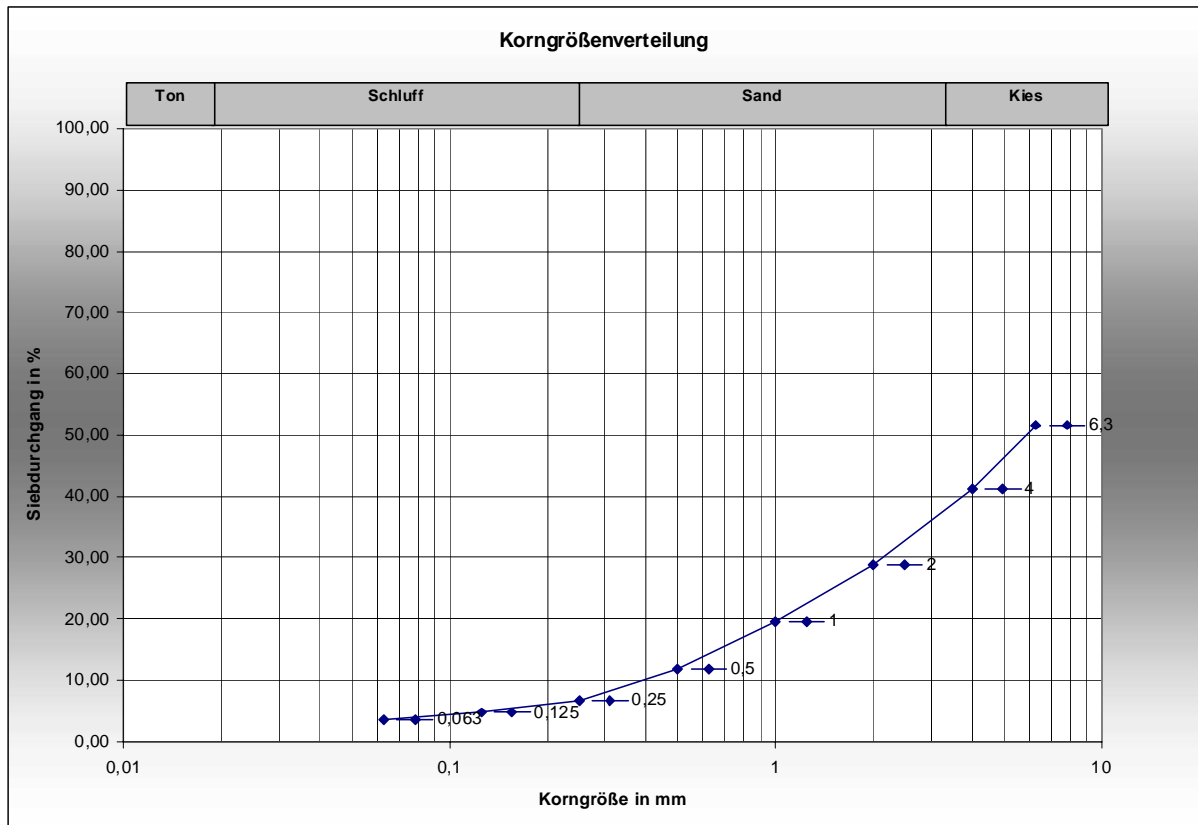


Abbildung 28: Sieblinie des Pflanzenfilters

Enzymatische Detailergebnisse

Becken 1: Horizontalfilter

	Esterasen	Alanin-Aminopeptidase	alpha-Glucosidasen	beta-Glucosidasen
	µg FDA/mg DNAgTS*h	µg 4-NA/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h
00 – 30 cm	701,7	1985,8	1455,7	238,1
30 – 60 cm	3177,5	619,7	389,1	165,4
Mittelwert	1939,6	1302,7	922,4	201,7

Tabelle 38: Enzymatische Detailergebnisse - Becken 1 - Horizontalfilter

Becken 2/3: Vertikalfilterfilter

PROBE A:	Esterasen	Alanin-Aminopeptidase	alpha-Glucosidasen	beta-Glucosidasen
	µg FDA/mg DNAgTS*h	µg 4-NA/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h
00 – 30 cm	85,6	224,1	152,6	132,9
30 – 60 cm	239,6	136,1	84,3	84,8
Mittelwert	162,6	180,1	118,4	108,8
PROBE C:	Esterasen	Alanin-Aminopeptidase	alpha-Glucosidasen	beta-Glucosidasen
	µg FDA/mg DNAgTS*h	µg 4-NA/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h
00 – 30 cm	723,2	393,6	299,6	133,1
30 – 60 cm	658,0	517,8	182,0	223,7
Mittelwert	690,6	455,7	240,8	178,4

Tabelle 39: Enzymatische Detailergebnisse - Becken 2/3 Vertikalfilter, Probe A und C

Becken 4: Horizontalfilter

PROBE A:	Esterasen	Alanin-Aminopeptidase	alpha-Glucosidasen	beta-Glucosidasen
	µg FDA/mg DNAgTS*h	µg 4-NA/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h
00 – 30 cm	311,8	229,4	192,6	137,7
30 – 60 cm	201,4	218,8	173,3	104,2
Mittelwert	256,6	224,1	182,9	120,9
PROBE B:	Esterasen	Alanin-Aminopeptidase	alpha-Glucosidasen	beta-Glucosidasen
	µg FDA/mg DNAgTS*h	µg 4-NA/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h	µg NP/mg DNAgTS*h
00 – 30 cm	207,7	194,0	106,4	112,8
30 – 60 cm	204,1	164,5	100,6	80,6
Mittelwert	205,9	179,2	103,5	96,7

Tabelle 40: Enzymatische Detailergebnisse - Becken 4, Horizontalfilter, Probe A und B

Hinsichtlich der Biomasseverteilung in den Becken zeigt sich in Flussrichtung eine deutliche Konzentrationszunahme im Becken 4 im Ausmaß von rund 25 %. Dies ist in erster Linie auf erhöhte Biomassen in den Sedimentfraktionen 63 bis 250 µm zurückzuführen.

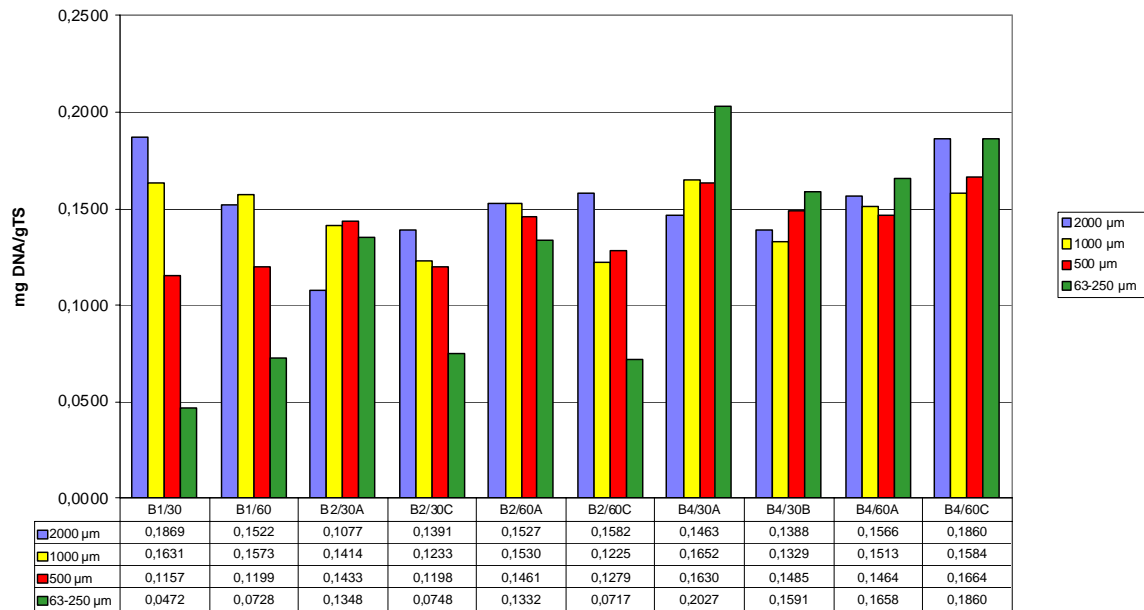


Abbildung 29: Biomasseverteilung in den einzelnen Kornfraktionen

5.1.7 BEPFLANZUNG DER BECKEN UND ENTWICKLUNG DES BESTANDES

Das erste und vierte Becken wurde mit *Carex acutiformis* bepflanzt. Die Pflanzen wurden aus einem nahegelegenen Feuchtgebiet entnommen. Auf Grund des Austrocknens der Pflanzenbecken im ersten Monat nach der Bepflanzung wurde auch im Juni 2001 eine Nachpflanzung notwendig.

Die Becken zwei und drei wurden mit *Phragmites australis* bepflanzt, welche aus einer nahegelegenen Pflanzenkläranlage entnommen wurden. Die Pflanzen wuchsen gut an. Nachpflanzungen waren hier nicht notwendig.

Das Pufferbecken wurde versuchsweise mit *Eichornia crassipes* bepflanzt. Die Pflanzen sind generell nicht winterhart, daher verschwanden sie nach der ersten Frostperiode. Weiters starben die Pflanzen im 2. Untersuchungsjahr auf Grund des niedrigen pH-Wertes ab.

Im Nachklärbecken entwickelte sich durch Anflug ein natürlicher Pflanzenbestand mit hauptsächlich *Alnus glutinosa*, *Salix alba*, *Salix caprea*, *Carex* spp., *Typha latifolia*, *Spharaganium oocarpum*.

Das Substrat wurde aus alluvialen Ablagerungen in der Nähe des Flussbeetes der So a entnommen.

5.1.8 ZUSAMMENFASSEND BEURTEILUNG

Vorliegende Untersuchungsergebnis zeigen eindeutige Probleme im Anlagenbetrieb der durch temporäre Spitzenbelastungen von Tensidkonzentrationen zurückzuführen ist. Die gemäß dem slowenischen und auch österreichischen Standard erforderlichen Emissionsgrenzwerte werden ganzjährig nicht eingehalten sondern zum Teil deutlich überschritten. Der durchschnittliche Wirkungsgrad der Pilotanlage betrug

€# 66,8 % für den CSB

€# 65,8 % für den BSB₅

€# 63,8 % für den TOC

Die sich daraus ergebenden durchschnittlichen Ablaufkonzentrationen betragen 283,6 mg CSB/l, 144,8 mg BSB₅/l sowie 108,2 mg TOC/l. Grenzwertüberschreitungen gemäß den Begrenzungen der AAEV BGBl. 186/96 wurden für den CSB zu 8 Terminen von insgesamt 18 festgestellt, für den BSB₅ zu 7 von 18 Terminen und für den TOC zu 6 von 17 Terminen. Die Anlage unterlag einem ausgesprochen Missverhältnis was dem Angebot an C:N:P anbelangt. Die Zulaufkonzentration an NH₄-N war mit durchschnittlich 5,9 mg/l nur unwesentlich über den vergleichbaren Ablaufwert von 4,5 mg/l. Als problematisch erwies sich der nachgeschaltete Schönungsteich in dem es temporär zu Remobilisierungen von Nährstoffen kam, die zu einer deutlichen Verschlechterung der Ablaufqualität führten.

Die Anlage wurde während der gesamten Beobachtungsphase maximal hydraulisch belastet, zu dem konnte ab dem 2. Betriebsjahr eine kontinuierliche Zunahme der Abwasserbelastung festgestellt werden.

Ein potentieller Zusammenhang zwischen der Tensidkonzentration und der Abbaurrate zeigt, dass ab einer Zulaufkonzentration > 10 mg/l die Eliminationsleistung deutlich abnimmt. Aus dieser Erkenntnis ist abzuleiten, dass der Gesamtwirkungsgrad der Anlage primär durch die Tensid Eingangskonzentrationen bestimmt wird.

Die Untersuchungsergebnisse weisen eindeutige Zusammenhänge zwischen der toxischen Wirkung einerseits und der Abbaubarkeit des Produktionsabwasser andererseits auf und bestätigten somit die Limitierung der Abbaueffizienz durch die Abwassercharakteristik.

Detailstudien zur Biomasseverteilung bzw. hinsichtlich der Aktivitätsprofile spezifischer Enzymgruppen lassen die unterschiedlichen hydraulischen Belastungen einzelner Anlagenteile mit den jeweiligen Auswirkungen auf den Reinigungsgrad erkennen. Es ist ferner anzunehmen, dass die zur Verfügung stehende Filterfläche nicht vollständig genutzt wird. Eine Problematik, die durch die Art der Abwasserverteilung bei vielen Pflanzenkläranlagen festgestellt werden konnte.

Zur Optimierung des Anlagenbetriebes sind neben den innerbetrieblichen Vermeidungs- und Optimierungsstrategien folgende anlagenspezifische Verbesserungen vorzunehmen.

- ≠# Erhöhung der Pufferkapazität zur Vergleichmäßigung der Zulaufkraft bzw. Vermeidung von Spitzenbelastungen
- ≠# Optimierung der Abwasserverteilung in den Vertikalfiltern
- ≠# Erhöhung der Aufenthaltszeit durch zusätzlich Substrateinbringungen im Filterbecken 4.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass mit der Inbetriebnahme der Pilotanlage die Gesamtabwassersituation des Betriebes deutlich verbessert werden konnte. Bezug nehmend sowohl auf die slowenische als auch die österreichischen Wasserrechtsgesetzgebung kann die Anlage die geforderten Emissionswerte ganzjährig nicht einhalten.

5.2 PILOTANLAGE FISCHPRODUKTION UND VERARBEITUNG GORI AR MARKO, SLIVJE 2, KOSTANJEVICA NA KRKI, SLOWENIEN

5.2.1 ABWASSERBELASTUNG

Die Pilotanlage wurde im März 2001 in Betrieb genommen. Seit Juli 2001 werden in monatlichen Intervallen Zu- und Ablaufuntersuchungen durchgeführt. Die durchschnittliche hydraulische Tagesbelastung beträgt $2,5 \text{ m}^3$. Die Filterfläche der Pilotanlage beträgt 153 m^2 entsprechend einem Volumen von $101,7 \text{ m}^3$.

Die durchschnittliche CSB-Belastungen im Untersuchungszeitraum $990,5 \text{ mg/l}$, dies entspricht einer CSB Fracht von $2,5 \text{ kg/d}$. Die korrespondierende BSB_5 Belastung lag im Durchschnitt bei $730,9 \text{ mg/l}$ bzw. $1,8 \text{ kg/d}$. Bezogen auf Einwohneräquivalente entspricht dies 25 bzw. 30 EW, im Mittel 27,5 EW.

Verglichen mit jenem dem Stand der Technik in Österreich entsprechendem Bemessungsansatz von $5 \text{ m}^2/\text{EW}$ bzw. $5 \text{ m}^3/\text{EW}$ ist die Anlage damit zu rund 90 % ausgelastet. Beurteilt man hingegen ausschließlich die Abwassermenge so ergibt sich eine hydraulische Belastung von $0,02 \text{ m}^3/\text{m}^2$. Dies entspricht ungefähr 50 % des vergleichbaren Bemessungsansatzes für die kommunale Abwasserreinigung.

Das Produktionsabwasser ist durch eine hohe organische Belastung charakterisiert. Der Fettanteil ist mit durchschnittlich $177,5 \text{ mg/l}$ außerordentlich hoch. Das Verhältnis von CSB zu BSB_5 mit 1:1,3 belegt ein hohes Maß an biologischer Abbaubarkeit der Abwasserinhaltsstoffe.

Aufgrund schwerwiegender Mängel in der mechanischen Vorreinigung mussten im Frühsommer 2001 Umbauarbeiten vorgenommen werden, die sich in weiterer Folge in einer reduzierten Zulaufbelastungen zur Pflanzenkläranlage und einer deutlichen Verbesserung der Reinigungsleistung auswirkten.

5.2.2 BIOLOGISCHE ABBAUBARKEIT UNTER STANDARDISIERTEN LABORBEDINGUNGEN

Untersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit belegen zu sämtlichen Probenahmeterminen die gute biologische Abbaubarkeit des Produktionsabwassers. Unter Berücksichtigung sämtlicher Rohabwasserproben betrug die durchschnittliche Abbaurate 95,0 %. Lediglich beim Termin Juli 2002 lag die Abbaurate mit 67,2 % deutlich darunter. Aus den Verlaufskurven zeigt sich, dass bereits nach einer Inkubationsdauer von 7 Tagen die durchschnittliche Abbaurate über 80 % liegt.

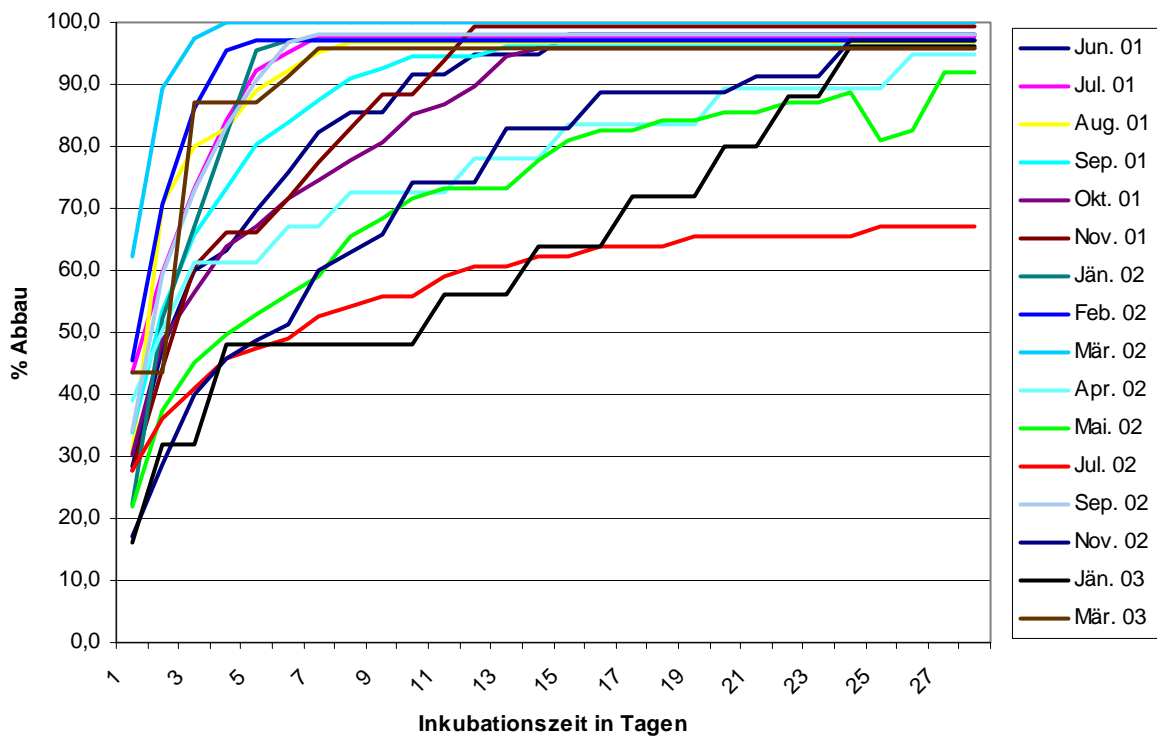


Abbildung 30: Abbaubarkeit des Produktionsabwassers unter standardisierten Bedingungen im Closed Bottle Testverfahren

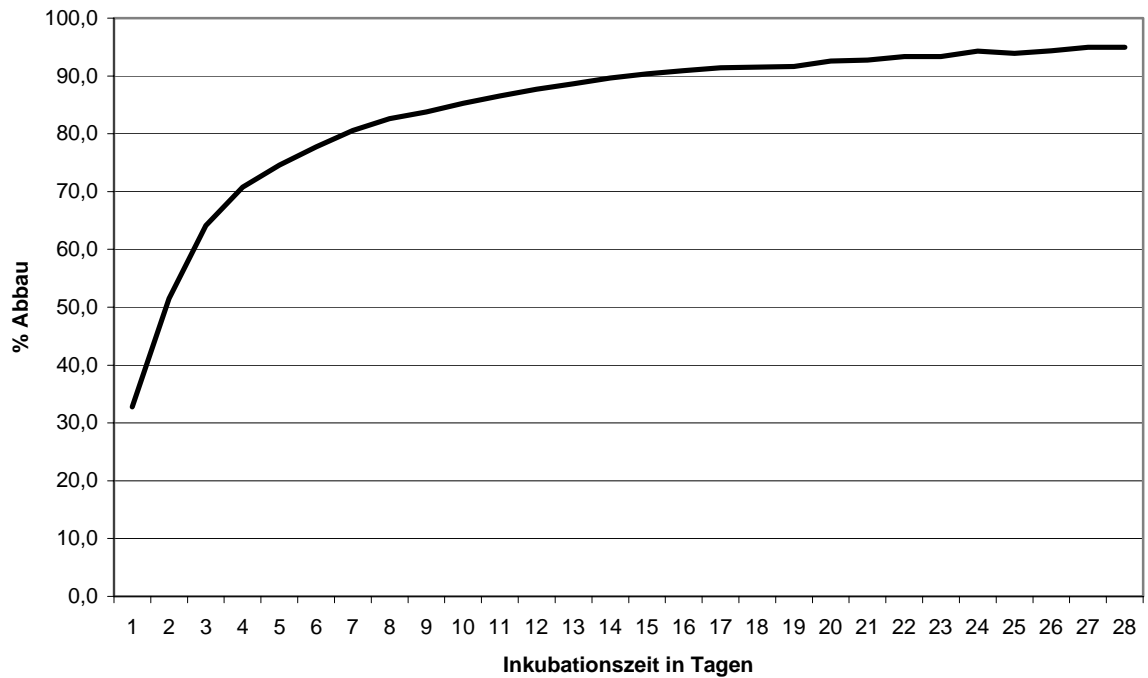


Abbildung 31: Durchschnittliche Abbaubarkeit unter Berücksichtigung sämtlicher Rohabwasserproben

5.2.3 TOXIZITÄTSUNTERSUCHUNGEN

Eine keiner der untersuchten Zu- und Ablaufproben konnte eine toxische Beeinflussung festgestellt werden. Der G_L -Faktor betrug durchgehend 2.

5.2.4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER PILOTANLAGE

Nachfolgende Abbildungen zeigen für relevante Abwasserparameter den Verlauf der jeweiligen Zu- und Ablaufkonzentrationen sowie die daraus resultierenden Abbauraten.

CSB (mg/l)	Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert				
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jun.02			Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03
Zulauf PKA	3160	1840	651	561	657	906	1340	638	257	89,6	1285	1220	1345	1750	125	22,7	990,5	789,4
Ablauf PKA	81,0	178	53,0	14,7	35,6	88,7	52,0	7,5	7,5	7,5	98,3	16,6	7,5	7,5	7,5	7,5	41,9	47,0
% Abbau	97,4	90,3	91,9	97,4	94,6	90,2	96,1	98,8	97,1	91,6	92,4	98,6	99,4	99,6	94,0	67,0	95,8	

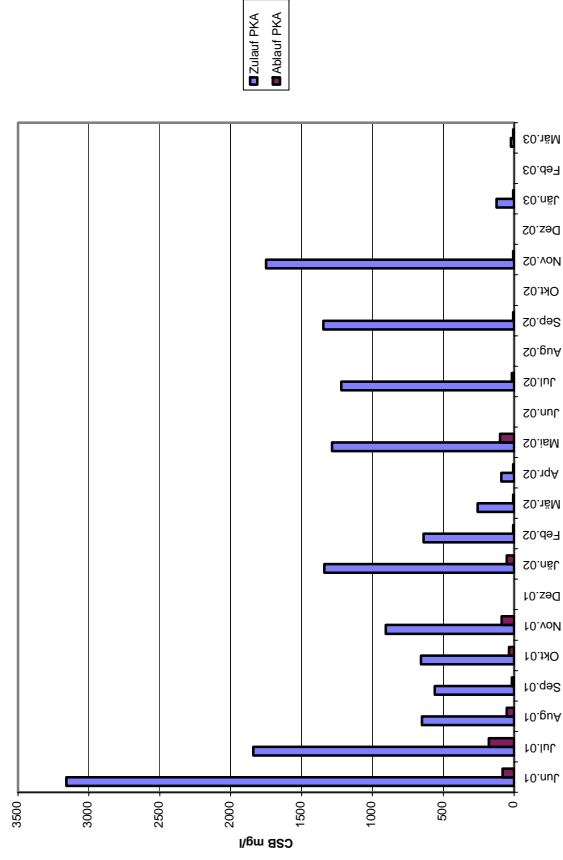
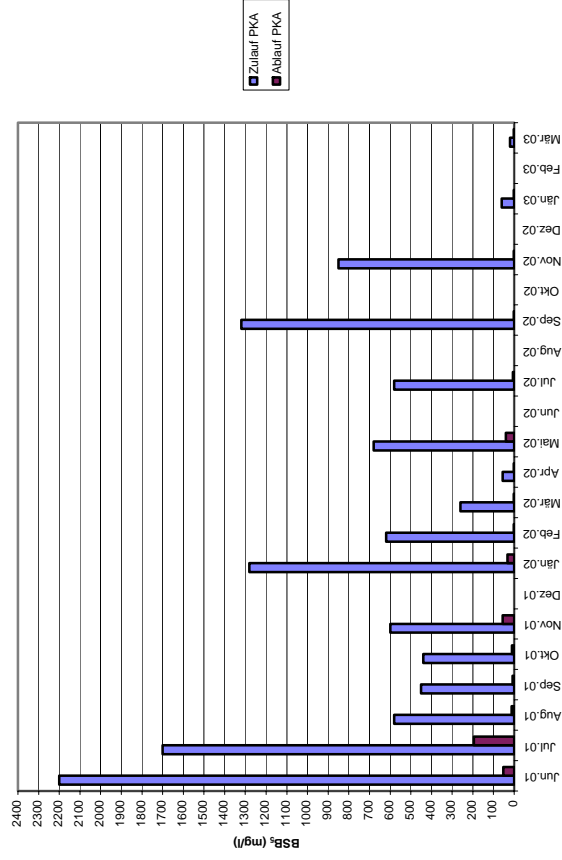


Abbildung 32: Verlaufsdaten hinsichtlich der CSB Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Goricar

BSB ₅ (mg/l)	Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert				
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02			Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03
Zulauf PKA	2200	1700	580	450	440	600	1280	620	260	55	680	580	1320	850	60	20	730,9	593,5
Ablauf PKA	52	195	13	7,0	11	56	33	1,0	1,0	1,0	40	6,0	1,0	1,0	2,0	2,0	26,4	47,3
% Abbau	97,6	88,5	97,8	98,4	97,5	90,7	97,4	99,8	99,6	98,2	94,1	99,0	99,9	99,9	96,7	90,0	96,4	

Abbildung 33: Verlaufsdaten hinsichtlich der BSB₅ Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Goricar

TOC (mg/l)	Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert				
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02			Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03
Zulauf PKA	1275	289	140	163	154	181	232	126	108	33,4	233	323	199	270	30,0	12,5	235,7	282,6
Ablauf PKA	24,0	80,2	10,0	7,0	11,0	56,0	33,0	6,0	1,5	2,1	41,0	12,0	3,5	2,6	2,0	1,7	18,4	22,4
% Abbau	98,1	72,2	92,9	95,7	92,9	69,1	85,8	95,3	98,6	93,7	82,5	96,3	98,2	99,0	93,3	86,4	92,2	92,2

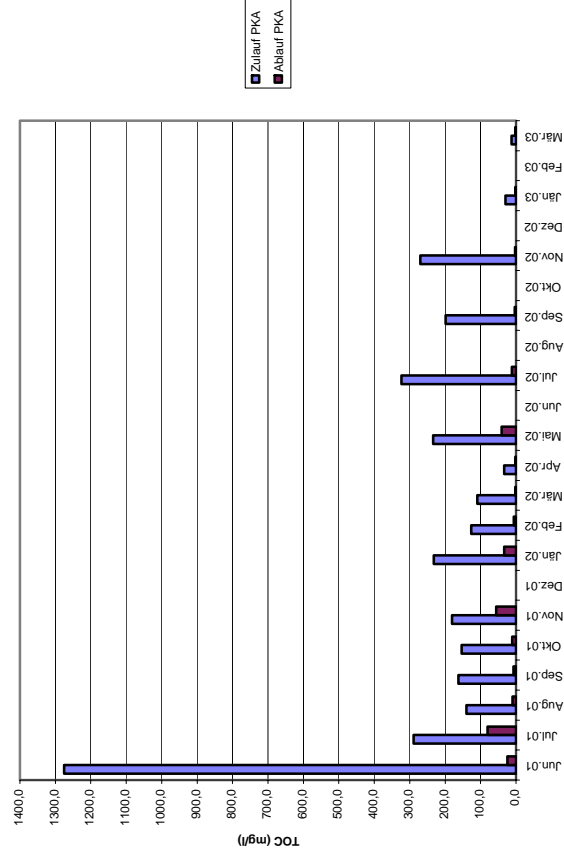


Abbildung 34: Verlaufsdaten hinsichtlich der TOC Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Goricar

schwerflüchtige lipophile Stoffe (mg/l)		Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert					
		Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jun.02			Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03
Zulauf PKA	660	475	130	75	62	128	350	118	10	2,5	154	106	341	223	2,5	2,5	2,5	177,5	183,3	660
Ablauf PKA	10,0	18,4	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	4,0	4,1	10,0
% Abbau	98,5	96,1	98,1	96,7	96,0	98,0	99,3	97,9	75,2	0,0	98,4	97,6	99,3	98,9	0,0	0,0	0,0			98,5

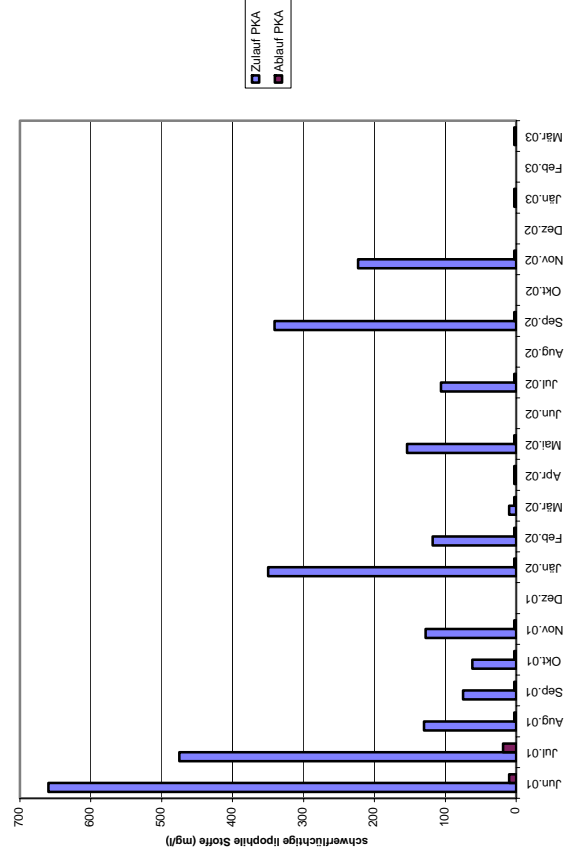
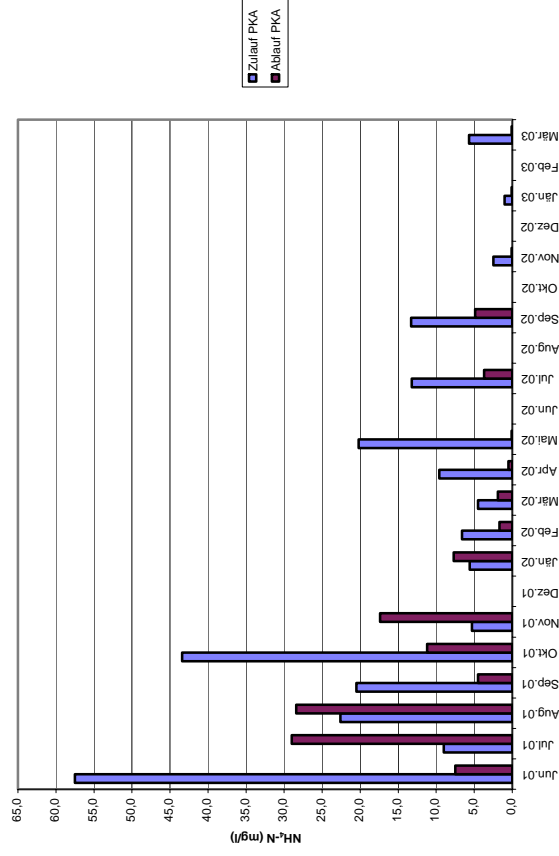
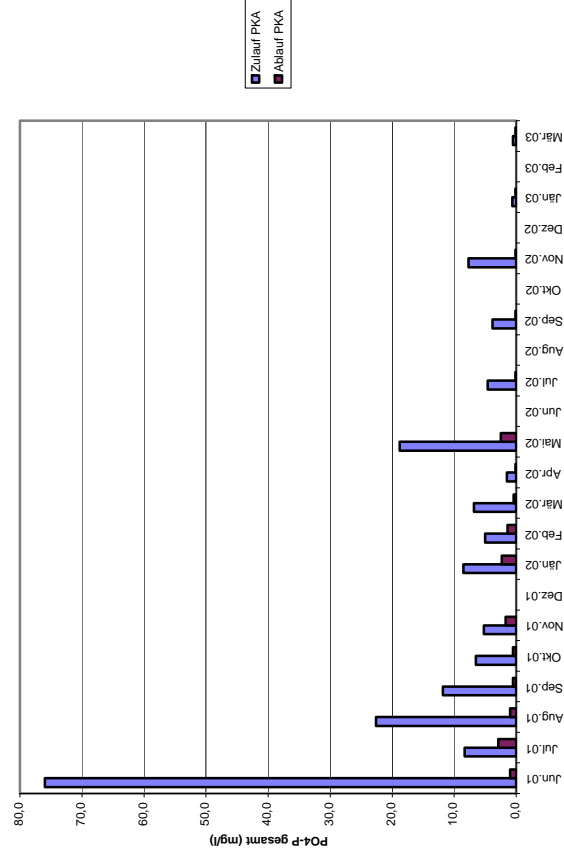


Abbildung 35: Verlaufsdaten hinsichtlich der Zu- und Ablaufkonzentrationen an schwerflüchtigen lipophilen Stoffen der Pilotanlage Goricar

Ammonium-N (mg/l)		Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert			
		Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jun.02			Jul.02	Sep.02	Nov.02
Zulauf PKA	57,5	9,0	22,6	20,5	43,4	5,3	5,6	6,6	4,5	9,6	20,2	13,2	13,3	2,5	1,0	5,7	15,0	
Ablauf PKA	7,5	29,0	28,4	4,5	11,2	17,4	7,7	1,7	1,9	0,5	0,1	3,7	4,9	0,1	0,1	0,1	7,4	
% Abbau	87,0	0,0	0,0	78,0	74,2	0,0	0,0	74,2	57,8	94,8	99,5	72,0	63,2	96,0	90,0	98,2		50,6

Abbildung 36: Verlaufdaten hinsichtlich der NH₄-N Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Goricar

Phosphat (mg/l)	Mittelwert												Std. Abw	Mittelwert				
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02			Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03
Zulauf PKA	76,0	8,3	22,6	11,8	6,5	5,2	8,50	5,0	6,8	1,5	18,8	4,6	3,8	7,7	0,6	0,5	11,8	17,6
Ablauf PKA	1,0	2,9	1,0	0,5	0,5	1,7	2,3	1,4	0,4	0,1	2,5	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,9	0,9
% Abbau	98,7	65,1	95,6	95,8	92,3	67,3	72,9	72,0	94,1	93,3	86,7	97,8	97,4	98,7	83,3	80,0	92,1	92,1

Abbildung 37: Verlaufsdaten hinsichtlich der PO₄-P Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Goricar

el. Leitfähigkeit ($\mu\text{S}/\text{cm}$)														MIN	MAX			
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03		
Zulauf PKA	887	637	714	996	942	689	589	1940	414	445	557	700	848	1116	439	465	414	1940
Ablauf PKA	453	692	584	399	394	607	514	313	336	294	510	552	624	370	342	388	294	692

pH-Wert														MIN	MAX			
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03		
Zulauf PKA	6,5	7,3	7,2	7,5	7,4	7,2	7,5	8,2	7,6	7,3	7,2	7,6	7,3	7,1	6,9	7,0	6,5	8,2
Ablauf PKA	6,9	7,7	7,7	7,3	6,9	7,2	7,1	7,7	7,3	7,1	7,5	7,2	7,3	7,0	6,8	7,0	6,8	7,7

NO ₃ -N (mg/l)														MIN	MAX			
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03		
Zulauf PKA	19,6	1,9	< 0,2	0,6	< 0,2	2,6	3,30	< 0,2	1,80	< 0,2	1,60	1,9	2,5	2,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2	19,6
Ablauf PKA	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,8	0,8	1,2	1,9	0,5	< 0,2	0,3	0,7	0,6	1,8	2,1	< 0,2	2,1

Tabelle 41: Verlaufsdaten hinsichtlich Leitfähigkeit, pH-Wert und Nitrat im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Goricar

absetzbare Stoffe (ml/l)														MIN	MAX				
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Feb.02	Mär.02	Apr.02	Mai.02	Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03			
Zulauf PKA	19,6	1,9	< 0,2	0,6	< 0,2	2,6	3,30	< 0,2	1,80	< 0,2	1,60	1,9	2,5	2,5	< 0,2	< 0,2	< 0,2	19,6	
Ablauf PKA	< 0,2	0,4	< 0,2	< 0,2	< 0,2	0,8	0,8	1,2	1,9	0,5	< 0,2	0,3	0,7	0,6	1,8	2,1	< 0,2	2,1	

abfiltrierbare Stoffe (ml/l)														MIN	MAX
	Jun.01	Jul.01	Aug.01	Sep.01	Okt.01	Nov.01	Jän.02	Jul.02	Sep.02	Nov.02	Jän.03	Mär.03			
Zulauf PKA	4900	560	226	57	225	329	278	190	220	175	310	180	270	1604	
Ablauf PKA	22	24	88	< 10	19	81	22	< 10	< 10	< 10	25,00	< 10	< 10	52	

Tabelle 42: Verlaufsdaten hinsichtlich absetzbarer und abfiltrierbarer Stoffe im Zu- und Ablauf der Pilotanlage Goricar

5.2.5 ZUSAMMENFASSENDER BEURTEILUNG

Nach Umbau der mechanischen Vorreinigung war eine deutliche Verbesserung in der Gesamtreinigungsleistung der Anlage feststellbar. Bezogen auf CSB Zulaufbelastungen betrug der Wirkungsgrad 95,8 %, bezogen auf BSB₅ Zulaufbelastungen betrug der Wirkungsgrad 96,4 % und bezogen auf TOC Zulaufbelastungen betrug der Wirkungsgrad 92,2 %. Die im Anlagenbetrieb festgestellten Abbauraten entsprechen somit den Erfahrungswerten wie sie in Laboruntersuchungen erhoben wurden.

Korrespondierend dazu verhält sich auch das Abbauverhalten von lipophilen Stoffen. Mit einem Wirkungsgrad von 98,5 % und einem durchschnittlichen Ablaufwert von 4,0 mg/l werden die gültigen slowenischen Emissionsstandards deutlich unterschritten.

Parameter		Direkteinleitung	Indirekteinleitung	Mittelwerte der Ablaufuntersuchungen
pH-Wert		6,5-8,5	6,0-9,5	6,5-8,2
Absetzbare Stoffe	ml/l	0,3	10	< 0,2-2,1
CSB	mg/l	90	-	41,9
BSB ₅	mg/l	20	-	26,4
schwerfl. lipophile Stoffe	mg/l	20	100	4,0

Tabelle 43: Vergleich der bisher vorliegenden Ablaufanalysen mit den slowenischen Standards für Direkt- und Indirekteinleiter

Der Parameters BSB₅ lag bei 5 von 16 Probenahmeterminen über den zulässigen Emissionswert. Dies begründen sich in erster Linie dadurch, dass die Anlage mehr oder weniger voll ausgelastet betrieben wird und daher kein Pufferpotential für produktionsabhängige Belastungsspitzen besteht.

Zusammenfassend kann der Anlage ein hoher Wirkungsgrad bescheinigt werden, der die Einhaltung relevanter Emissionsbegrenzungen ganzjährig erwarten lässt.

5.3 PILOTANLAGE DROGA PORTOROŽ, ŽILVILSKA INDUSTRIJA D.D., SREDISCE OB DRAVI, SLOWENIEN

5.3.1 ABWASSERBELASTUNG

Bezogen auf die unterschiedlichen Produktionslinien zeigen sich eindeutige Belastungsspitzen bei der Verarbeitung von Roten Rüben. Im Vergleich dazu liegen die geringsten Abwasserbelastungen bei der Verarbeitung von Oliven vor. Abhängig von den Verarbeitungslinien schwanken die CSB:BSB₅ Verhältnis von 1:1,2 bis 1:2,3. Der höchste Wert an schwerflüchtigen lipophilen Stoffen wurde bei der Verarbeitung von Ajvar, Kren und gemischten Salat mit 120 mg/l festgestellt. Wie in der nachstehenden Tabelle zusammengefasst dargestellt unterliegt der Anlagenbetrieb deutlichen Schwankungen, die einer Belastung in der Größenordnung von rund 3000 EW bzw. 1000 EW entsprechen.

	CSB (mg/l)	BSB ₅ (mg/l)	CSB:BSB ₅
Rote Rüben	3680	2995	1:1,2
Pfefferoni	2768	1230	1:2,3
Gemischte Produktion	2680	1800	1:1,5
Gurken	1947	900	1:2,2
Oliven	916	460	1:2,0

Tabelle 44: Durchschnittliche Abwasserbelastung in Abhängigkeit von den Verarbeitungslinien

Unabhängig von der Produktion ergab sich während des Untersuchungszeitraumes folgende durchschnittliche Zulaufbelastung in mg/l:

CSB	2384,9
BSB ₅	1477,8
TOC	1075,7
NH ₄ -N	12,5
Chloride	479,4
Schwerfl. lipophile Stoffe	67,0
Sulfat	86,9
PO ₄ -P	7,2

Tabelle 45: Durchschnittliche Abwasserbelastung der Fa. Droga d.d. im Beobachtungszeitraum

Die durchschnittliche hydraulische Belastung betrug $80\text{m}^3/\text{d}$. Bezogen auf eine Filterfläche von 1500 m^2 entspricht dies einer hydraulischen Belastung von $0,05\text{ m}^3/\text{m}^2$. Gemessen an den Ansätzen für die kommunale Abwasserreinigung entspricht dies einer rund 25 % höheren Flächenbelastung.

Die Anlage wurde durchgehend im mit Schilf bepflanzt. Aufgrund einer schlechten Entwicklung dieses Bestandes musste im Frühjahr 2002 eine Neubepflanzung vorgenommen werden.

5.3.2 BIOLOGISCHE ABBAUBARKEIT UNTER STANDARDISIERTEN LABORBEDINGUNGEN

Charakterisiert man die Produktionsabwässer der jeweiligen Verarbeitungslinien hinsichtlich ihrer biologischen Abbaubarkeit, so zeigt sich, dass mit Ausnahme der Abwässer aus der Oliven Verarbeitung eine gute biologische Abbaubarkeit gegeben ist. Vergleicht man darüber hinaus Rohabwasser mit dem Ablauf aus der Flotation (=Zulauf zur Pflanzenkläranlage), ist zum Teil eine Verschlechterung der biologischen Abbaubarkeit feststellbar. Aufgrund der Untersuchungsergebnisse kann somit folgende Klassifizierung, mit absteigender Abbaugrad biologischer Abbaubarkeit vorgenommen werden:

- €# Ajvar, Kren, gemischter Salat
- €# Pfefferoni
- €# Paprika
- €# Rote Rüben
- €# Gurken
- €# Oliven

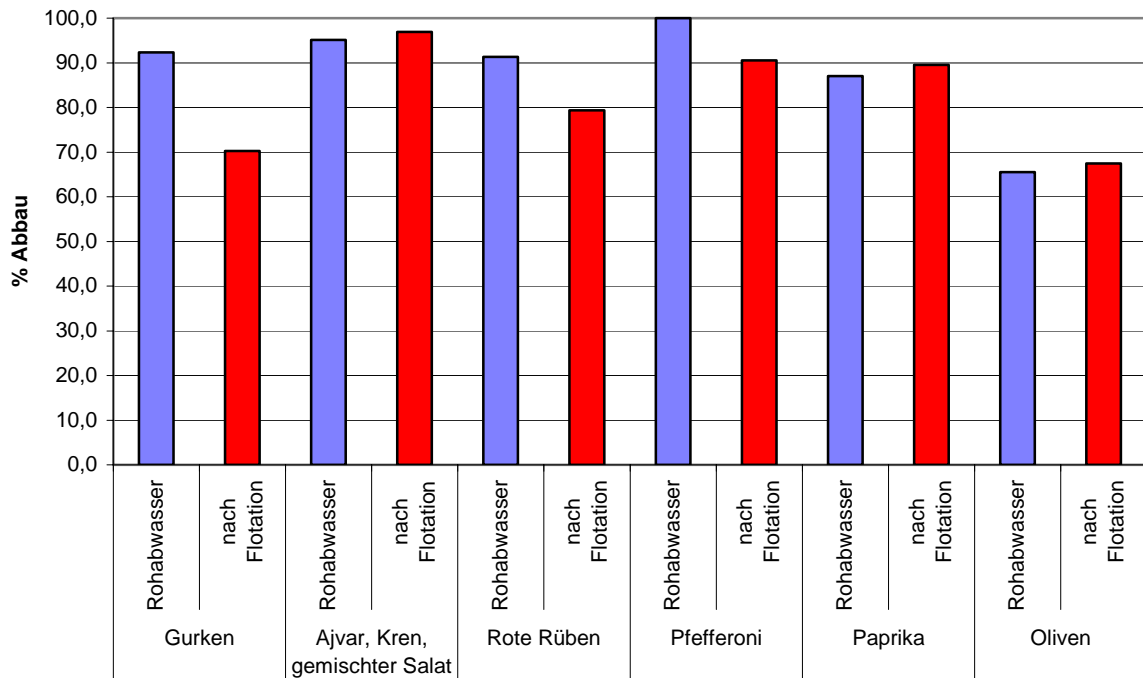


Abbildung 38: Untersuchungsergebnisse zur biologischen Abbaubarkeit von Produktionsabwässer der Fa. Droga d.d in Abhängigkeit der Verarbeitungslinien

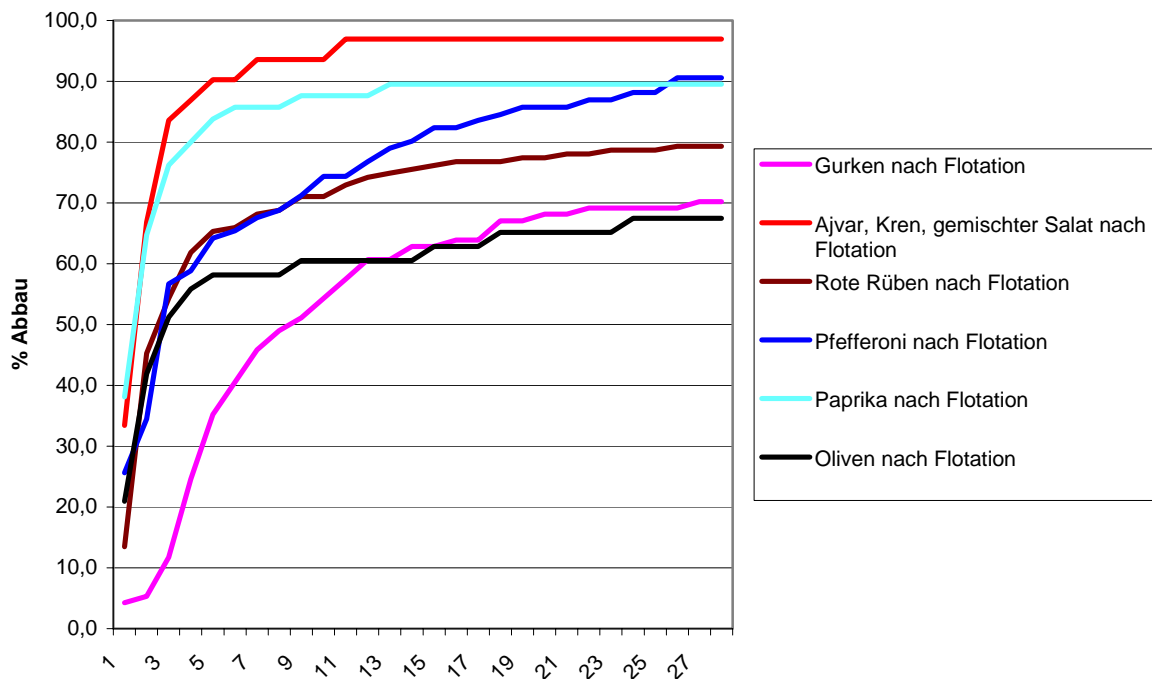


Abbildung 39: Zeitabhängiger Abbauverlauf unterschiedlicher Prozesswässer unter standardisierten Laborbedingungen

Ebenfalls durchgeführte Abbauuntersuchungen diverser Teilströme der Pflanzenkläranlage sowie des Kläranlagenablaufs ergaben, dass nach der Filterpassage in praktisch allen Fällen noch ein hohes Maß an biologischer Abbaubarkeit gegeben ist. Daraus lässt sich folgern, dass das Abbaupotential nicht vollständig ausgeschöpft wurde.

	Ablauf PKA Filterbeet	Ablauf PKA Hauptreinigungsstufe	Ablauf PKA - Gesamt
Gurken	88,3	83,4	75,0
Ajvar, Kren, gemischter Salat	99,5	91,7	96,0
Rote Rüben	84,7	99,9	98,9
Pfefferoni	96,5	70,2	97,8
Paprika	99,1	22,3	97,9
Oliven	58,9	42,9	72,7

Tabelle 46: Biologische Abbaubarkeit in Prozent diverser Teilströme der Pflanzenkläranlage in Abhängigkeit von den Verarbeitungslinien

5.3.3 TOXIZITÄTSUNTERSUCHUNGEN

Vergleicht man die Untersuchungsergebnisse aus der Toxizitätsprüfung mit den Werte zur Beurteilung der biologischen Abbaubarkeit, so wird deutlich, dass die Abwassercharakteristik aus der Verarbeitung einer gemischten Produktionslinie ein kausaler Zusammenhang zwischen Hemmmechanismen und Abbaubarkeit besteht. Am problematischsten in diesem Zusammenhang erwies sich das Abwasser aus der Verarbeitung roter Rüben. Zu beiden Probenahmeterminen wies das Rohabwasser vergleichsweise hohe G_L -Werte auf, die sich zumindest beim Termin 13.11.2002 auch in den Abwasserteilströmen der Flotation und Pflanzenkläranlage nicht wesentlich veränderten. Der Gesamtwirkungsgrad der Abwasserreinigungsanlage war zu diesem Termin auch deutlich geringer.

Keinerlei toxische Hemmwirkungen konnten bei den Abwasserproben aus der Verarbeitung von Oliven und Paprika festgestellt werden.

	Rohabwasser	Ablauf Flotation	Ablauf PKA Filterbeet	Ablauf PKA Hauptreinigungsstufe	Ablauf PKA - Gesamt
Gurken					
01.08.2002	8	7	3	2	2
04.07.2002	8	7	3	2	2
Ajvar, Kren, gemischter Salat					
25.10.2002	17	14	16	14	12
Pefferoni					
04.03.2003	16	7	2	2	2
30.06.2003	2	2	2	2	2
Oliven					
15.05.2003	2	2	2	2	2
Rote Rüben					
13.11.2002	16	15	17	13	14
10.07.2003	13	18	12	2	2
Paprika					
21.08.2003	2	2	2	2	2

Tabelle 47: Ergebnisse toxischer Untersuchungen in unterschiedlichen Abwasserteilströmen und in Abhängigkeit der Produktion (Angaben in G_L -Faktor)

5.3.4 UNTERSUCHUNGSERGEBNISSE DER PILOTANLAGE

Nachfolgende Abbildungen zeigen für relevante Abwasserparameter den Verlauf der jeweiligen Zu- und Ablaufkonzentrationen sowie die daraus resultierenden Abbauraten.

5.3.4.1 PRODUKTIONSLINIE - GURKEN

CSB (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002 04.07.2003			
Zulauf Rohabwasser	997	2897		1947	950,3	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	935	2380	6,2	1657	722,8	14,9
Ablauf PKA Filterbeet	1000	331	0,0	666	334,5	59,8
Ablauf PKA Vertikalfilter	246	112	73,7	179	66,8	89,2
Ablauf PKA Horizontalfilter	242	109		176	66,5	
Effizienz PKA			74,1			89,4
Effizienz Gesamtsystem			75,7			91,0

BSB ₅ (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002 04.07.2003			
Zulauf Rohabwasser	700	1100		900	200,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	580	200	17,1	390	190,0	56,7
Ablauf PKA Filterbeet	540	240	6,9	390	150,0	0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	205	60	64,7	133	72,5	66,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	175	45		110	65,0	
Effizienz PKA			69,8			71,8
Effizienz Gesamtsystem			75,0			87,8

TOC (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002			
Zulauf Rohabwasser	363,9	1211		787	423,6	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	404,5	961,7	0,0	683	278,6	13,3
Ablauf PKA Filterbeet	400,6	116,5	1,0	259	142,1	62,2
Ablauf PKA Vertikalfilter	86,7	38,5	78,6	63	24,1	90,8
Ablauf PKA Horizontalfilter	77,4	41,4		59	18,0	
Effizienz PKA			80,9			91,3
Effizienz Gesamtsystem			78,7			92,5

Schwerflüchtige lipophile Stoffe (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002			
Zulauf Rohabwasser	18,0	47,0		33	14,5	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	9,2	13,0	48,9	11	1,9	65,8
Ablauf PKA Filterbeet	14,0	6,5	0,0	10	3,8	7,7
Ablauf PKA Vertikalfilter	9,2	2,5	0,0	6	3,4	47,3
Ablauf PKA Horizontalfilter	34,0	5,2		20	14,4	
Effizienz PKA			0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem			0,0			39,7

PO ₄ -P (mg/l)	% Abbau				Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003			
Zulauf Rohabwasser	4,8	5,0			4,9	0,1	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	5,2	4,0	0,0	20,0	4,6	0,6	6,1
Ablauf PKA Filterbeet	2,1	1,9	59,6	52,5	2,0	0,1	56,5
Ablauf PKA Vertikalfilter	0,9	0,4	82,7	90,0	0,7	0,3	85,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	0,8	1,1			1,0	0,2	
Effizienz PKA			84,6	72,5			79,3
Effizienz Gesamtsystem			83,3	78,0			80,6

NH ₄ -N (mg/l)	% Abbau				Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003			
Zulauf Rohabwasser	3,9	5,0			4,5	0,5	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	4,0	4,4	0,0	12,0	4,2	0,2	5,6
Ablauf PKA Filterbeet	4,4	2,5	0,0	43,2	3,5	1,0	17,9
Ablauf PKA Vertikalfilter	10,5	18,9	0,0	0,0	14,7	4,2	0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	13,8	16,8			15,3	1,5	
Effizienz PKA			0,0	0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem			0,0	0,0			0,0

	pH-Wert		el. Leitfähigkeit ($\mu\text{S/cm}$)		Chlorid (mg/l)	
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003
Zulauf Rohabwasser	5,8	5,8	2230	4960	467	1003
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	5,0	5,6	2330	3610	508	779
Ablauf PKA Filterbeet	6,8	8,0	2910	1905	506	334
Ablauf PKA Vertikalfilter	7,1	7,7	1788	2810	332	523
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,1	7,9	1920	2460	374	480

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)		absetzbare Stoffe (ml/l)		Sulfat (mg/l)	
	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003	01.08.2002	04.07.2003
Zulauf Rohabwasser	0,19	0,35	1,5	0,8	30,6	35,9
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	39,6	20,1
Ablauf PKA Filterbeet	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	16,9	48,3
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	< 0,05	5,0	0,3	29,1	23,8
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	30,4	8,9

5.3.4.2 PRODUKTIONSLINIE – GEMISCHTE PRODUKTION (AJVAR, KREN, GEMISCHTER SALAT)

CSB (MG/L)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	25.10.2002	25.10.2002			
Zulauf Rohabwasser	2680		2680		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1496	44,2	1496		44,2
Ablauf PKA Filterbeet	2210	0,0	2210		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	1690	0,0	1690		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	1302		1302		
Effizienz PKA		13,0			13,0
Effizienz Gesamtsystem		51,4			51,4

BSB₅ (mg/l)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	25.10.2002	25.10.2002			
Zulauf Rohabwasser	1800		1800		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1350	25,0	1350		25,0
Ablauf PKA Filterbeet	1600	0,0	1600		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	900	33,3	900,0		33,3
Ablauf PKA Horizontalfilter	600		600,0		
Effizienz PKA		55,6			55,6
Effizienz Gesamtsystem		66,7			66,7

TOC (MG/L)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	25.10.2002	25.10.2002			
Zulauf Rohabwasser	1148		1148		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	626,2	45,5	626,2		45,5
Ablauf PKA Filterbeet	873,5	0,0	873,5		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	698,9	0,0	698,9		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	515,1		515,1		
Effizienz PKA		17,7			17,7
Effizienz Gesamtsystem		55,1			55,1

SCHWERFLÜCHTIGE LIPOPHILE STOFFE (MG/L)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	25.10.2002	25.10.2002			
Zulauf Rohabwasser	120,0		120,0		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	10,0	91,7	10,0		91,7
Ablauf PKA Filterbeet	51,0	0,0	51,0		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	43,0	0,0	43,0		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	97,0		97,0		
Effizienz PKA		0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem		19,2			19,2

PO₄-P (mg/l)	25.10.2002	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	4,2		4,2		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	2,1	50,0	2,1		50,0
Ablauf PKA Filterbeet	2,0	4,8	2,0		4,8
Ablauf PKA Vertikalfilter	0,8	61,9	0,8		61,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	0,3		0,3		
Effizienz PKA		85,7			85,7
Effizienz Gesamtsystem		92,9			92,9

NH₄-N (mg/l)	25.10.2002	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	8,3		8,3		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	4,5	45,8	4,5		45,8
Ablauf PKA Filterbeet	7,4	0,0	7,4		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	4,2	6,7	4,2		6,7
Ablauf PKA Horizontalfilter	4,0		4,0		
Effizienz PKA		11,1			11,1
Effizienz Gesamtsystem		51,8			51,8

	pH-Wert	el. Leitfähigkeit (µS/cm)	Chlorid (mg/l)
	25.10.2002	25.10.2002	25.10.2002
Zulauf Rohabwasser	5,4	1315	99,5
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	6,4	1379	77,1
Ablauf PKA Filterbeet	6,5	3010	133
Ablauf PKA Vertikalfilter	6,8	2830	88,3
Ablauf PKA Horizontalfilter	6,9	2380	85,3

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)	absetzbare Stoffe (ml/l)	Sulfat (mg/l)
	25.10.2002	25.10.2002	25.10.2002
Zulauf Rohabwasser	< 0,05	2,1	35,3
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	< 0,05	0,2	17,5
Ablauf PKA Filterbeet	< 0,05	0,2	14,6
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	3,3	4,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	0,2	3,3

5.3.4.3 PRODUKTIONSLINIE – ROTE RÜBEN

CSB (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	3632	3728		3680	48,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	3920	3204	0,0	3562	358,0	3,2
Ablauf PKA Filterbeet	2662	3078	32,1	2870	208,0	19,4
Ablauf PKA Vertikalfilter	1802	1600	54,0	1701	101,0	52,2
Ablauf PKA Horizontalfilter	1790	992		1391	399,0	
Effizienz PKA			54,3		69,0	60,9
Effizienz Gesamtsystem			50,7		73,4	62,2

BSB ₅ (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	2300	3600		2950	650,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1450	3000	37,0	2225	775,0	24,6
Ablauf PKA Filterbeet	1250	3000	13,8	2125	875,0	4,5
Ablauf PKA Vertikalfilter	1750	1300	0,0	1525	225,0	31,5
Ablauf PKA Horizontalfilter	1750	900		1325	425,0	
Effizienz PKA			0,0		70,0	40,4
Effizienz Gesamtsystem			23,9		75,0	55,1

TOC (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	1483,0	1568		1526	42,5	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1665,0	1338	0,0	1502	163,5	1,6
Ablauf PKA Filterbeet	1140,0	1262	31,5	1201	61,0	20,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	720,7	656,2	56,7	688	32,3	54,1
Ablauf PKA Horizontalfilter	758,5	417,2		588	170,7	
Effizienz PKA			54,4			60,8
Effizienz Gesamtsystem			48,9		73,4	61,5

Schwerflüchtige lipophile Stoffe (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	150,0	22,0		86	64,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	23,0	25,0	84,7	24	1,0	72,1
Ablauf PKA Filterbeet	16,0	29,0	30,4	23	6,5	6,3
Ablauf PKA Vertikalfilter	2,5	19,0	89,1	11	8,3	55,2
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,3	62,0		35	27,4	
Effizienz PKA			68,3			0,0
Effizienz Gesamtsystem			95,1		0,0	59,7

PO ₄ -P (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	14,5	9,7		12,1	2,4	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	16,3	8,0	0,0	12,2	4,2	0,0
Ablauf PKA Filterbeet	7,9	3,5	51,5	5,7	2,2	53,1
Ablauf PKA Vertikalfilter	4,6	2,1	71,8	3,4	1,3	72,4
Ablauf PKA Horizontalfilter	5,6	2,0		3,8	1,8	
Effizienz PKA			65,6			68,7
Effizienz Gesamtsystem			61,4			68,6

NH ₄ -N (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002			
Zulauf Rohabwasser	18,4	14,6		16,5	1,9	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	21,0	11,0	0,0	16,0	5,0	3,0
Ablauf PKA Filterbeet	21,4	4,7	0,0	13,1	8,4	18,4
Ablauf PKA Vertikalfilter	17,9	7,1	14,8	12,5	5,4	21,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	17,5	5,3		11,4	6,1	
Effizienz PKA			16,7			28,8
Effizienz Gesamtsystem			4,9			30,9

	pH-Wert		el. Leitfähigkeit (µS/cm)			Chlorid (mg/l)	
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002	10.07.2003	10.07.2003
Zulauf Rohabwasser	7,1	7,9	1860	2500	132	196	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	6,8	7,8	1884	2580	151	214	
Ablauf PKA Filterbeet	6,0	5,6	1879	7120	171	166	
Ablauf PKA Vertikalfilter	6,7	7,2	2850	2930	161	173	
Ablauf PKA Horizontalfilter	6,7	6,7	2810	2810	174	212	

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)		absetzbare Stoffe (ml/l)		Sulfat (mg/l)	
	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002	10.07.2003	13.11.2002	10.07.2003
Zulauf Rohabwasser	< 0,05	< 0,05	10,8	9,0	166	222
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	< 0,05	< 0,05	4,6	6,0	163	212
Ablauf PKA Filterbeet	< 0,05	< 0,05	1,1	2,4	102	512
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	< 0,05	4,5	1,5	20,0	19,7
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	< 0,05	0,8	0,1	25,8	11,6

5.3.4.4 PRODUKTIONSLINIE - PFEFFERONI

CSB (MG/L)	04.03.2003		30.06.2003		04.03.2003		30.06.2003		Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
					% Abbau		% Abbau				
Zulauf Rohabwasser	4500	1035							2768	1732,5	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	4162	1015	7,5	1,9					2589	1573,5	6,5
Ablauf PKA Filterbeet	1315	893	68,4	12,0					1104	211,0	57,3
Ablauf PKA Vertikalfilter	394	104	90,5	89,8					249	145,0	90,4
Ablauf PKA Horizontalfilter	137	330							234	96,5	
Effizienz PKA			96,7	67,5							91,0
Effizienz Gesamtsystem			97,0	68,1							91,6

BSB ₅ (mg/l)	04.03.2003		30.06.2003		04.03.2003		30.06.2003		Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
					% Abbau		% Abbau				
Zulauf Rohabwasser	1500	960							1230	270,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1900	840	0,0	12,5					1370	530,0	0,0
Ablauf PKA Filterbeet	1300	780	31,6	7,1					1040	260,0	24,1
Ablauf PKA Vertikalfilter	190	46,0	90,0	94,5					118	72,0	91,4
Ablauf PKA Horizontalfilter	135	300							218	82,5	
Effizienz PKA			92,9	64,3							84,1
Effizienz Gesamtsystem			91,0	68,8							82,3

TOC (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003			
Zulauf Rohabwasser	1483	1568		1526	42,5	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1665	1338	0,0	1502	163,5	1,6
Ablauf PKA Filterbeet	1140	1262	31,5	1201	61,0	20,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	720,7	656,2	56,7	688	32,3	54,1
Ablauf PKA Horizontalfilter	758,5	417,2		588	170,7	
Effizienz PKA			54,4			60,8
Effizienz Gesamtsystem			48,9		73,4	61,5

SCHWERFLÜCHTIGE LIPOPHILE STOFFE (MG/L)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003			
Zulauf Rohabwasser	150,0	42,0		96	54,0	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	23,0	10,0	84,7	17	6,5	82,8
Ablauf PKA Filterbeet	16,0	2,5	30,4	9	6,8	43,9
Ablauf PKA Vertikalfilter	2,5	2,5	89,1	3	0,0	84,8
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,3	13,0		10	2,9	
Effizienz PKA			68,3			38,5
Effizienz Gesamtsystem			95,1		69,0	89,4

PO ₄ -P (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003			
Zulauf Rohabwasser	14,5	9,7		12,1	2,4	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	16,3	8,0	0,0	12,2	4,2	0,0
Ablauf PKA Filterbeet	7,9	3,5	51,5	5,7	2,2	53,1
Ablauf PKA Vertikalfilter	4,6	2,1	71,8	3,4	1,3	72,4
Ablauf PKA Horizontalfilter	5,6	2,0		3,8	1,8	
Effizienz PKA			65,6			68,7
Effizienz Gesamtsystem			61,4			68,6

NH ₄ -N (mg/l)	% Abbau			Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003			
Zulauf Rohabwasser	18,4	14,6		16,5	1,9	
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	21,0	11,0	0,0	16,0	5,0	3,0
Ablauf PKA Filterbeet	21,4	4,7	0,0	13,1	8,4	18,4
Ablauf PKA Vertikalfilter	17,9	7,1	14,8	12,5	5,4	21,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	17,5	5,3		11,4	6,1	
Effizienz PKA			16,7			28,8
Effizienz Gesamtsystem			4,9			30,9

	pH-Wert		el. Leitfähigkeit (µS/cm)		Chlorid (mg/l)	
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003	30.06.2003
Zulauf Rohabwasser	4,5	7,8	7920	1473	1715	91,7
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	5,1	8,1	5730	1517	1140	104
Ablauf PKA Filterbeet	7,0	7,5	5090	1597	909	160
Ablauf PKA Vertikalfilter	7,1	7,9	1384	3150	200	495
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,2	7,6	1610	5710	254	1175

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)		absetzbare Stoffe (ml/l)		Sulfat (mg/l)	
	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003	30.06.2003	04.03.2003	30.06.2003
Zulauf Rohabwasser	0,14	< 0,05	10,0	1,0	107	62,1
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	0,082	< 0,05	0,8	< 0,1	64,8	25,0
Ablauf PKA Filterbeet	0,069	< 0,05	< 0,1	< 0,1	16,1	36,1
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	< 0,05	1,6	0,2	37,5	68,1
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	10,3	3,9

5.3.4.5 PRODUKTIONSLINIE - PAPRIKA

CSB (MG/L)	21.08.2003	21.08.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	1080	1080		1080		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1050	1050	2,8	1050		2,8
Ablauf PKA Filterbeet	1090	1090	0,0	1090		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	179	179	0,0	179		83,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	235	235		235		
Effizienz PKA			77,6			77,6
Effizienz Gesamtsystem			78,2			78,2

BSB₅ (mg/l)	21.08.2003	21.08.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	880	880		880		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	880	880	0,0	880		0,0
Ablauf PKA Filterbeet	920	920	0,0	920		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	26,0	26,0	97,0	26,0		97,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	175	175		175		
Effizienz PKA			80,1			80,1
Effizienz Gesamtsystem			80,1			80,1

TOC (MG/L)			% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	21.08.2003		21.08.2003			
Zulauf Rohabwasser	410,5			411		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	407,3		0,8	407,3		0,8
Ablauf PKA Filterbeet	423,4		0,0	423,4		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	29,2		92,8	29,2		92,8
Ablauf PKA Horizontalfilter	79,2			79,2		
Effizienz PKA			80,6			80,6
Effizienz Gesamtsystem			80,7			80,7

schwerflüchtige lipophile Stoffe (mg/l)			% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	21.08.2003		21.08.2003			
Zulauf Rohabwasser	48,0			48,0		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	2,5		94,8	2,5		94,8
Ablauf PKA Filterbeet	51,0		0,0	51,0		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	40,0		0,0	40,0		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	39,0			39,0		
Effizienz PKA			0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem			18,8			18,8

PO₄-P (mg/l)	21.08.2003	% Abbau 21.08.2003	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	0,9		0,9		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	0,6	33,3	0,6		33,3
Ablauf PKA Filterbeet	3,6	0,0	3,6		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	2,6	0,0	2,6		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	0,9		0,9		
Effizienz PKA		0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem		0,0			0,0

NH₄-N (mg/l)	21.08.2003	% Abbau 21.08.2003	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	4,8		4,8		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	4,9	0,0	4,9		0,0
Ablauf PKA Filterbeet	12,2	0,0	12,2		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	6,5	0,0	6,5		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	1,0		1,0		
Effizienz PKA		79,6			79,6
Effizienz Gesamtsystem		79,2			79,2

	pH-Wert	el. Leitfähigkeit (µS/cm)	Chlorid (mg/l)
	21.08.2003	21.08.2003	21.08.2003
Zulauf Rohabwasser	11,8	2570	163
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	11,5	2660	168
Ablauf PKA Filterbeet	7,5	4860	792
Ablauf PKA Vertikalfilter	7,6	2530	380
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,5	1520	321

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)	absetzbare Stoffe (ml/l)	Sulfat (mg/l)
	21.08.2003	21.08.2003	21.08.2003
Zulauf Rohabwasser	< 0,05	0,6	31,9
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	< 0,05	< 0,1	29,0
Ablauf PKA Filterbeet	0,063	< 0,1	18,7
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	4,2	4,5
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	< 0,1	5,4

5.3.4.6 PRODUKTIONSLINIE - OLIVEN

CSB (MG/L)	15.05.2003	15.05.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	916	916		916		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	859	859	6,2	859		6,2
Ablauf PKA Filterbeet	297	297	65,4	297		65,4
Ablauf PKA Vertikalfilter	98	98	88,6	98		88,6
Ablauf PKA Horizontalfilter	282	282		282		
Effizienz PKA			67,2			67,2
Effizienz Gesamtsystem			69,2			69,2

BSB₅ (mg/l)	15.05.2003	15.05.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	460	460		460		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	440	440	4,3	440		4,3
Ablauf PKA Filterbeet	130	130	70,5	130		70,5
Ablauf PKA Vertikalfilter	30	30	93,2	30		93,2
Ablauf PKA Horizontalfilter	155	155		155		
Effizienz PKA			64,8			64,8
Effizienz Gesamtsystem			66,3			66,3

TOC (MG/L)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	15.05.2003	15.05.2003			
Zulauf Rohabwasser	307		307		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	278,4	9,4	278,4		9,4
Ablauf PKA Filterbeet	84,3	69,7	84,3		69,7
Ablauf PKA Vertikalfilter	28,2	89,9	28,2		89,9
Ablauf PKA Horizontalfilter	86,7		86,7		
Effizienz PKA		68,9			68,9
Effizienz Gesamtsystem		71,8			71,8

SCHWERFLÜCHTIGE LIPOPHILE STOFFE (MG/L)		% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
	15.05.2003	15.05.2003			
Zulauf Rohabwasser	47,0		47,0		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	44,0	6,4	44,0		6,4
Ablauf PKA Filterbeet	25,0	43,2	25,0		43,2
Ablauf PKA Vertikalfilter	21,0	52,3	21,0		52,3
Ablauf PKA Horizontalfilter	17,0		17,0		
Effizienz PKA		61,4			61,4
Effizienz Gesamtsystem		63,8			63,8

PO₄-P (mg/l)	15.05.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	1,1		1,1		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	1,3	0,0	1,3		0,0
Ablauf PKA Filterbeet	12,9	0,0	12,9		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	0,5	61,5	0,5		61,5
Ablauf PKA Horizontalfilter	1,1		1,1		
Effizienz PKA		15,4			15,4
Effizienz Gesamtsystem		0,0			0,0

NH₄-N (mg/l)	15.05.2003	% Abbau	Mittelwert	Std. Abw.	Durchschnittliche Abbauleistung (%)
Zulauf Rohabwasser	0,1		0,1		
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	2,9	0,0	2,9		0,0
Ablauf PKA Filterbeet	97,4	0,0	97,4		0,0
Ablauf PKA Vertikalfilter	34,5	0,0	34,5		0,0
Ablauf PKA Horizontalfilter	60,2		60,2		
Effizienz PKA		0,0			0,0
Effizienz Gesamtsystem		0,0			0,0

	pH-Wert	el. Leitfähigkeit (µS/cm)	Chlorid (mg/l)
	15.05.2003	15.05.2003	15.05.2003
Zulauf Rohabwasser	8,5	3050	446
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	9,7	2820	442
Ablauf PKA Filterbeet	8,2	7390	712
Ablauf PKA Vertikalfilter	7,8	2920	374
Ablauf PKA Horizontalfilter	7,7	3800	434

	adsorb. org. Halogene AOC (mg/l)	absetzbare Stoffe (ml/l)	Sulfat (mg/l)
	15.05.2003	15.05.2003	15.05.2003
Zulauf Rohabwasser	0,14	0,1	90,2
Ablauf Flotation = Zulauf PKA	0,098	< 0,1	88,2
Ablauf PKA Filterbeet	0,17	< 0,1	28,1
Ablauf PKA Vertikalfilter	< 0,05	< 0,1	6,1
Ablauf PKA Horizontalfilter	< 0,05	0,5	13,9

5.3.4.7 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG

Nachstehende Abbildungen gibt eine jeweiligen Überblick hinsichtlich durchschnittlicher Zu- und Ablaufbelastungen in Abhängigkeit von den Verarbeitungslinien, sowie eine Gesamtbeurteilung zur Effizienz einzelner Anlagenteile.

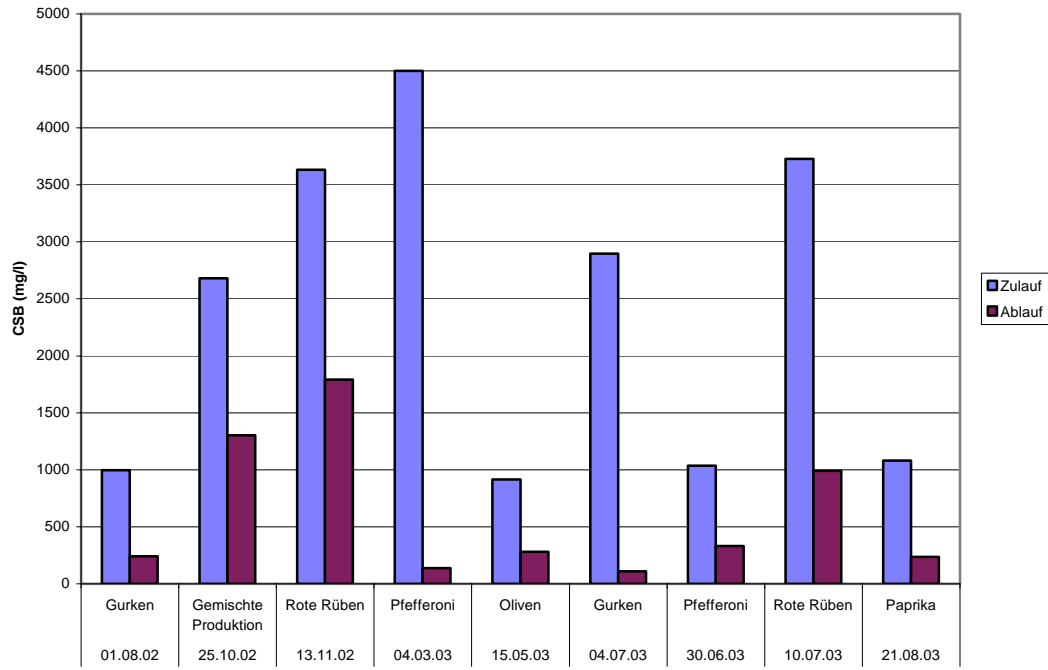


Abbildung 40: CSB Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Droga d.d., Sredisce

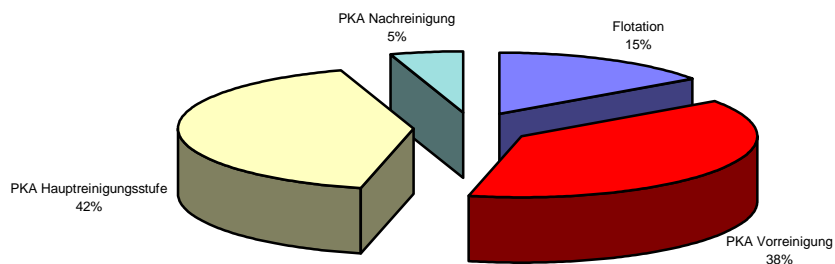


Abbildung 41: Anteilige Abbauleistung einzelner Anlagenteile bezogen auf eine Gesamt CSB Abbaugrad von 74,8%

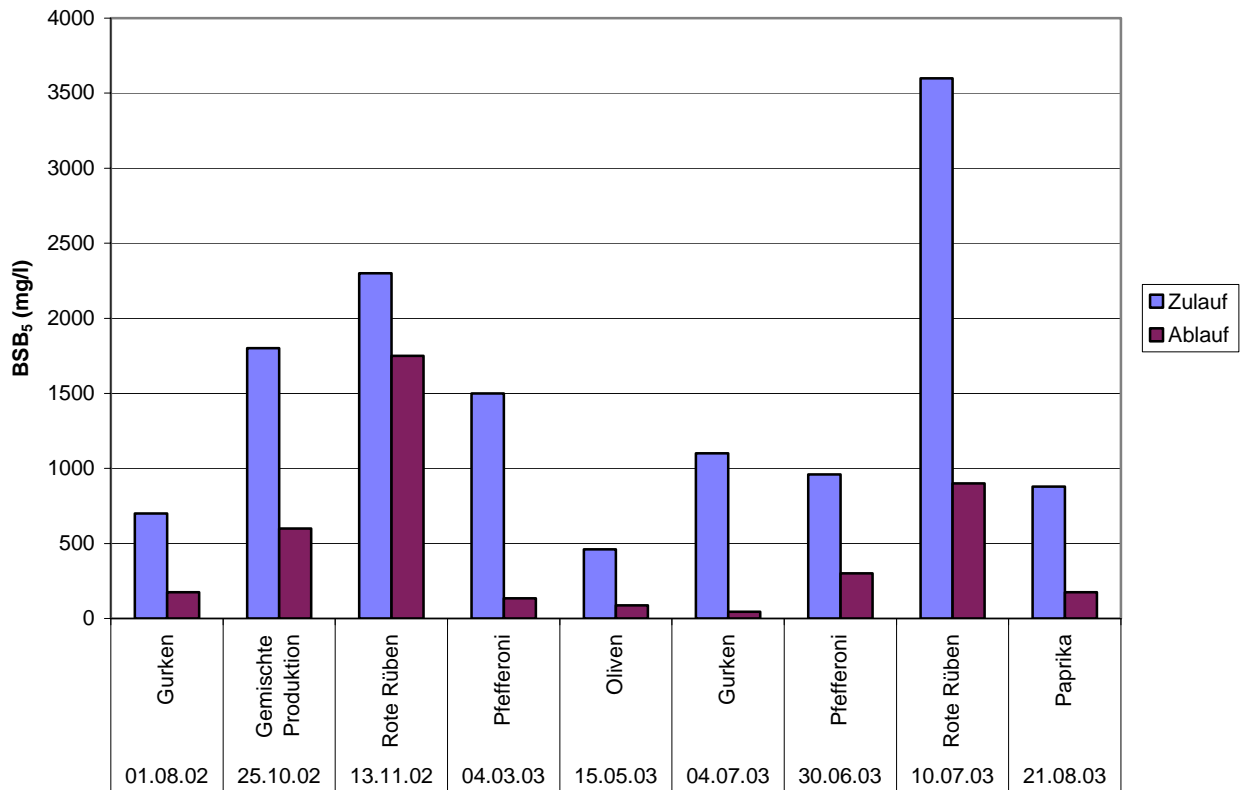


Abbildung 42: BSB_5 Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Droga d.d., Sredisce

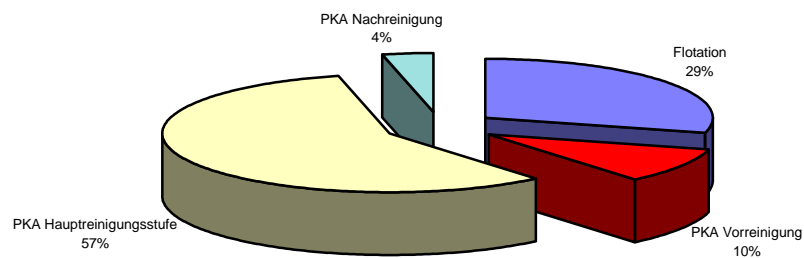


Abbildung 43: Anteilige Abbauleistung einzelner Anlagenteile bezogen auf eine Gesamt BSB_5 Abbaugrad von 68,7 %

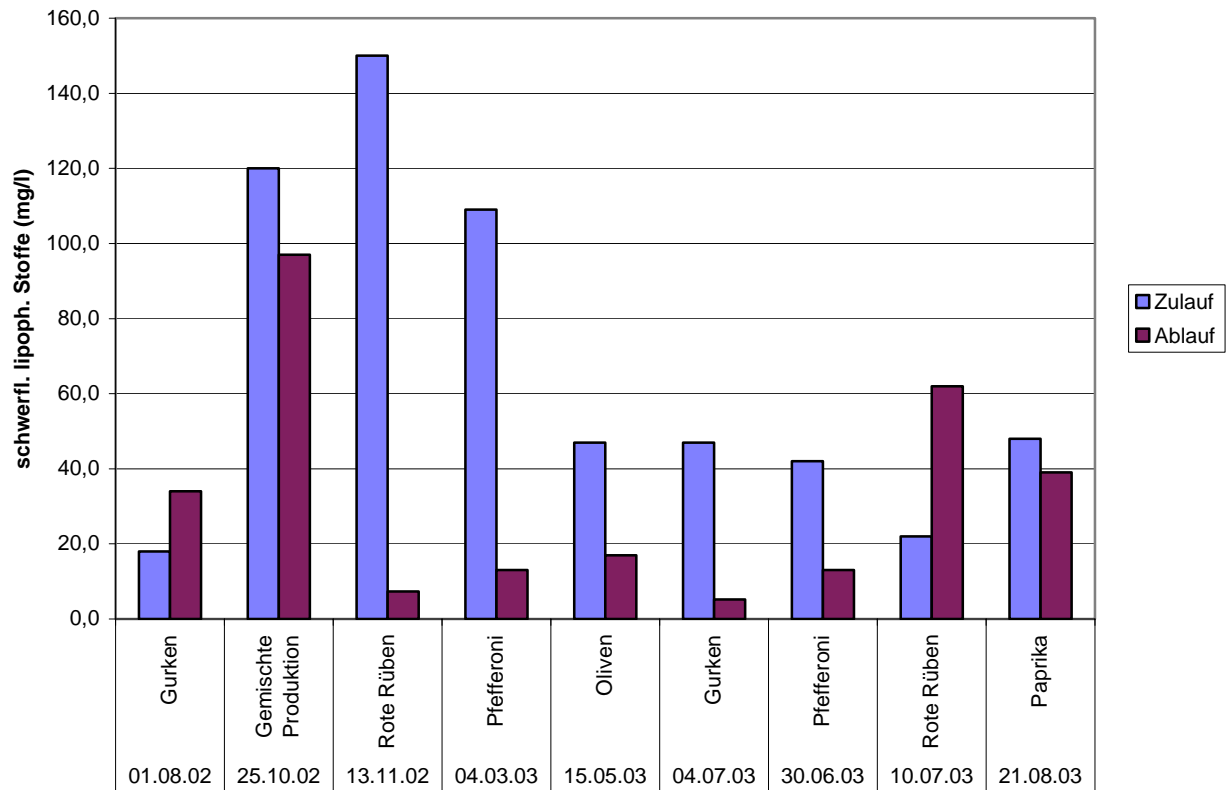


Abbildung 44: Schwerflüchtige lipophile Stoffe - Zu- und Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Droga d.d., Sredisce

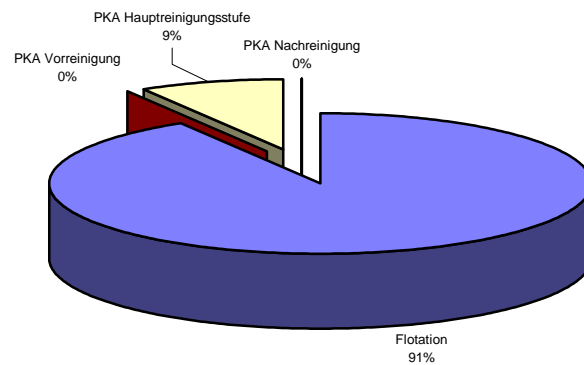


Abbildung 45: Anteilige Abbauleistung einzelner Anlagenteile bezogen auf einen Gesamtabbaugrad an schwerflüchtigen lipophilen Stoffen von 52,3 %

Wesentliche Voraussetzung für die Gesamtreinigungsleistung des Abwasserreinigungssystems ist die Entfernung von Ölen und Fetten in der vorgeschalteten Flotationsanlage. Sie entfernt über 90 % dieser Stoffkomponenten. Kommt es zu Störungen in der Vorreinigung wirkt sich dies auch nachhaltig in der Reinigungseffizienz des Gesamtsystems aus, wie dies bei der gemischten Produktion im Oktober 2003 der Fall war. Der Einfluss diverser eingesetzter Reiniger spielt indes im Vergleich zur organischen Belastung der Waschwässer eine untergeordnete Rolle.

Die durchschnittliche Ablaufkonzentrationen aus der Pflanzenkläranlage betragen:

CSB	602,1
BSB ₅	463,0
TOC	250,6
NH ₄ -N	21,4
Chloride	390,0
Schwerfl. lipophile Stoffe	31,9
Sulfat	12,3
PO ₄ -P	2,2

Tabelle 48: Durchschnittliche Ablaufkonzentrationen der Pilotanlage Droga d.d.

Unter Berücksichtigung sämtlicher Untersuchungsergebnisse ergeben sich folgende Wirkungsgrade:

€# 74,7 % für den CSB

€# 68,8 % für den BSB₅

€# 76,7 % für den TOC

Wesentlich beeinflusst wird das Gesamtergebnis von Abwassersituation bei der Verarbeitung roter Rüben. Ohne Berücksichtigung dieser Werte erhöht sich der Gesamtwirkungsgrad auf rund 84 %.

In der zusammenfassenden Beurteilung kann grundsätzlich festgestellt werden, dass die Pilotanlage trotz des hohen Wirkungsgrades, vor allem für die organischen Summenparameter, die erforderlichen Emissionswerte nicht erreicht. Limitierend in diesem Zusammenhang ist weniger der Abwassertypus sondern die zur Verfügung stehende Filterfläche bzw. das spezifische Filtervolumen.

5.4 PILOTANLAGE – JAKUSEVECE, KROATIEN

Das Monitoring die Anlage erfolgte nur in der Projektperiode 2002/2003. Außerdem waren auf Grund von Betriebsproblemen nur zwei repräsentative Probenahmen möglich. Die Ergebnisse dieser beiden Untersuchungen werden im Folgenden kurz dargestellt.

Parameter		Sickerwasser	Abfluss Vertikalfilter	Abfluss Horizontalfilter	Eliminations- rate (%) Abfluss Vertikalfilter	Eliminationsrate (%) Abfluss Horizontalfilter
17.4.2002						
pH		8,75	7,08	7,49	---	---
Leitfähigkeit	µS/cm	10160	5530	5650	---	---
CSB	mg/l	1305	414,5	475	68,2	63,6
TOC	mg/l	363,8	109,6	146,6	59,7	59,7
BSB ₅	mg/l	160	30	30	81,2	81,2
NH ₄ -N	mg/l	413,5	81,3	170,5	80,3	58,8
NO ₃ -N	mg/l	3,6	143,0	46,8	---	---
NO ₂ -N	mg/l	0,4	152,0	23,0	---	---
P-total	mg/l	3,0	1,9	2,1	36,7	30,0
Cl	mg/l	1875	723	927	---	---
Fe	mg/l	2,55	1,65	1,85	---	---
6.3.2003						
pH		8,12	7,61	7,84	---	---
Leitfähigkeit	µS/cm	1364	870	1103	---	---
CSB	mg/l	1800	50,3	65,6	97,2	96,3
TOC	mg/l	790	15,6	22,3	98,0	97,17
BSB ₅	mg/l	1000	1	4	> 99	> 99
NH ₄ -N	mg/l	862	0,15	30,7	> 99	96,4
NO ₃ -N	mg/l	7,1	24,6	6,09	---	---
NO ₂ -N	mg/l	0,42	0,08	0,22	---	---
Cl	mg/l	1676	9,29	38,1	---	---
Fe	mg/l	14,5	0,27	0,23	---	---

Tabelle 49: Analyseergebnisse Deponiesickerwasser Jakusevec

Im Vergleich mit bereits durchgeführten Sickerwasseruntersuchungen war die organische Belastung beider Proben mit einem sehr niedrigen CSB:BSB₅ Verhältnis wesentlich geringer. Andererseits waren die Ammoniumkonzentrationen wesentlich höher als in vergleichbaren Proben. Der Test zur biologischen Abbaubarkeit (Closed bottle test) ergab eine Abbaurate von rund 25 %.

Die Abflusswerte des vertikalen und auch des horizontalen Filters zeigen sehr gute Eliminationsraten. Jedoch erscheint es fraglich ob die beiden Probenahmen als repräsentativ gelten können.

Weiters ist kein Abbau im zweiten Becken feststellbar, was durch die sehr hohen Nitritkonzentrationen erklärbar sein könnte. Im Bezug auf die Nitrifikation bzw. Denitrifikation könnte es sein dass im Horizontalfilter Nitratammonifikation stattfindet wodurch die höheren Ammoniumkonzentrationen im Abfluss 2 verglichen mit dem Abfluss 1 erklärbar wären.

Schwermetallkonzentrationen

Die Proben von 2003 wurden auf ihre Schwermetallkonzentrationen untersucht. Zusätzlich zu den Zu- und Abflussproben wurden die Sedimente der zwei Becken auf ihren Chrom, Kupfer, Cadmium und Quecksilbergehalt analysiert.

Nachfolgende Tabelle zeigt die Ergebnisse:

Parameter	Sickerwasser µg/l	Abfluss Vertikalfilter µg/l	Abfluss Horizontalfilter µg/l	Sediment Becken 1 mg/kg	Sediment Becken 2 mg/kg
Cr	173 (±2)	2,0 (± 0,1)	2,8 (±0,2)	9,1 (± 0,7)	9,7 (± 1,0)
Cu	160 (±1)	13,2 (±0,1)	5,7 (±0,1)	5,1 (±0,2)	5,1 (±0,3)
Cd	1,5 (±0,1)	<0,1	<0,1	0,21 (±0,01)	0,15 (±0,01)
Hg	3,1 (±0,1)	<0,5	<0,5	2,9 (±0,1)	3,0 (±0,3)

(Mittelwerte aus drei Analysen, Werte in Klammern Standardabweichung)

Tabelle 50: Schwermetallgehalte - Jakusevec

Mit Ausnahme von Kupfer waren die Schwermetallkonzentrationen im Sediment höher als im Abfluss des Vertikal- bzw. Horizontalfilters, was auf eine mögliche Festlegung von Schwermetallen in den Filterbecken schließen lässt. Jedoch ist diese These mit Vorsicht zu betrachten, da keine Referenzwerte über das Filtermaterial vorhanden sind und zudem die Probenzahl gering war.

6 CLEANER PRODUCTION - BETRIEBLICHE MASSNAHMEN

6.1 PROBLEMSTELLUNG

Um dem Ziel eines nachhaltigen Betriebes Näher zu kommen, sollen für die am Projekt beteiligten Betriebe Vorschläge für möglichst abfall- und emissionsfreie Produktionsprozesse erarbeitet werden, die mit einem wesentlich geringeren Einsatz von Hilfs- und Betriebsstoffen auskommen. Dazu muss in erster Linie der Einsatz von Wasser, der Einsatz von Kühl- und Schmiermittel und der Einsatz von Lösungsmittel generell minimiert werden. Die Prozesse sollen anpassungsfähig und flexibel gestaltet werden, um sie an die Gegebenheiten von nachwachsenden Rohstoffen anzupassen und um Produkte unter rasch sich ändernden Anforderungen und Rahmenbedingungen weitgehend abfall- und emissionsfrei erzeugen zu können. Neben Maßnahmen, die innerhalb des Produktionsprozesses den Wasserverbrauch und damit das Abwasser reduzieren, müssen Technologien eingesetzt werden, die selektiv Wertstoffe und Abfallstoffe aus dem Abwasser entfernen, um das Prozessmedium Wasser dem eigentlichen Produktionsprozess wieder zuführen zu können.

Für einen Betrieb sind folgende Schritte zum Erreichen einer Nachhaltigen Betriebsweise entscheidend:

- €# die vorhandenen Einsparungspotentiale in Bezug auf Wasser und Rohstoffverbrauch zu erkennen
- €# geeignete Hilfsmittel zur Bilanzierung der Stoff- und Energieströme zu erhalten
- €# Beratung bei der Auswahl von geeigneten Technologien zu erhalten

Im Rahmen des Projektes wurde den am Projekt mitwirkenden Betrieben die Möglichkeit geboten auf freiwilliger Basis Workshops durchzuführen, mit dem Ziel ihnen einen Überblick über Einsparungspotentiale, wie Materialeinsatz und Produktionskosten zu verschaffen. Als zusätzliche Maßnahme wurde untersucht, ob sich die Optimierung der Prozesse zur Reduzierung der Abwasserfracht und der -schadstoffmengen auf die Abwasserreinigungsanlage günstig auswirkt. Außerdem wurde untersucht, ob eine Wasserkreislaufschließung in den Produktionsprozessen technisch möglich und wirtschaftlich sinnvoll ist.

Basierend auf der durchgeführten Materialbilanz wurden Technologien gesucht und erforscht, die auf Reduzierung der Prozesswässer, Elimination der Störstoffe und alternative Verwendung der Abfallströme abzielen.

6.2 WORKSHOPS

Den Teilnehmern an den Workshops wurden Informationen und Know-how zu Cleaner Production und nachhaltiger Entwicklung zur Verfügung gestellt.

Im Zuge des Workshops wurden relevante Produktionsdaten (Massen- und Energieströme) in einem Quick-Scan erhoben, um eine Material- und Energieflussanalyse erstellen zu können. Auf Abfallströme wurde besonderes Augenmerk gelegt.

Basierend auf den gesammelten Daten der Firmen, sowie den Ausführungen zu Cleaner Production und nachhaltiger Entwicklung wurden die Grundzüge des Umweltcontrolling (Environmental Management Accounting, EMA) erläutert. Umweltrelevante Kosten wurde erhoben, um in den Firmen eine Bewertung der Umweltkosten durchführen zu können.

Weitere Informationen zu den Workshops sind in der Powerpointpräsentation im Anhang zu finden.

6.3 FISCHPRODUKTION UND -VERARBEITUNG

6.3.1 MATERIALFLUSSANALYSE

Die mittelgroße Fischzucht Gori ar ist ein Familienbetrieb, unter guten Bedingungen (auf Grund des reichen Wasservorrats aus den Gorjanci Hügeln). Forellen und Lachsforellen werden im Ausmaß von 70 Tonnen pro Jahr gezüchtet. Zusätzlich zur Fischzucht wird kleinerem Ausmaß industrielle Fischverarbeitung betrieben, wobei die bisherigen Leistungen des Fischverkaufs auf weitergehende Verarbeitung wie Reinigen, Ausnehmen, Filetieren, Räuchern, Panieren und Wärme behandeln, ausgeweitet werden.

Alle drei Monate werden eine Million Fischeier in den USA eingekauft und drei Monate lang in speziellen Becken aufgezogen. Es werden Forellen und Karpfen gezüchtet. Je Million Fischeier werden 5000 kg Jungfisch produziert und in ein weiteres Becken verfrachtet.

		Input		Output	
				Kostanjevica	
fishes	kg/a	5000	bis 30g	27000	
fish feed	kg/a	24300			
additional Input	kg/a	700			
fish waste	kg/a			3000	
				Fischzucht	

Abbildung 46: Bilanz Jungfischaufzucht

Nach vier Monaten werden die Fische in ein neues Becken verfrachtet, und das alte Becken mit Löschkalk gereinigt.

		Gesamtzucht							
		Input		Output		Input		Output	
Strom	Ohm								
Fisch bzw. Fischerei	kg bzw. Stk/a	1000000	5000	5000	27000	27000	40000	40000	39000
Wasser	m³/ha					304			
Fischfutter	kg/a	54000	24300 bis 30g	700	52000				
Zusätzliche Inkontrollen	kg/a								
Reinigungsmittel	kg/a	400			3000	400		400	400
Früchtlings	kg/a						1000		1000
Sauerstoff	kg/a								
Energie	kWh	1075			1075				
Schlamm	kg/a						13000		13000
Verwendung			Ei-zucht		Fisch-zucht		Fisch-zucht		Fisch-zucht
Wasser									
Länge									
Breite									
Tiefe									
Volumen	m³						1000		
Clearance									
Temperatur									
Abdeckung									
Verweilzeit	Monate		3		6		12-24		0,3

Abbildung 47: Gesamtbilanz

Die Aufzucht dauert ein Jahr, dann werden pro Jahr 39000 kg Fisch und 23000 kg Fischabfall produziert.

Im zweiten Herstellungsprozess werden die Fische mit Hochdruckreinigern gereinigt, ausgenommen, gewaschen, gewogen, verpackt bzw. weiters filetiert, geräuchert, gewürzt und gegrillt.

Der Großteil des Fischabfalls fällt durch das Ausnehmen, Spülen und Ausbürsten der Fische an. Nach dem Filetieren sind 50 % des Fisches Abfall. Für die Abgabe des Fischabfalls an eine Tierkörperverwertungsanlage fallen pro Monat € 2.500.- an Kosten an.



Abbildung 48: Bilanz der Fischverarbeitung

In der Räucherei werden pro 20 kg Fisch 1,5 kg Salz und 5 kg Holz benötigt.

Der elektrische Stromverbrauch setzt sich wie folgt zusammen:

- Räucherei: 50 kg Fisch/d im Winter, Durchschnitt 30 kg/d
- Packmaschine (Vakuum)
- Säge für Koteletts
- 3 Kühlboxen (-18 °C)
- 3 Kühlräume (<-20 °C), Kühlräume = 50 m³
- 1 Kühlraum (2-4 °C)
- Produktionsräume (12 °C), 9h/d
- Eismaschine 0,25m³/d

Bei der Fischzucht ist durch die Reinigung und Verarbeitung der Fische die Belastung des Abwassers durch organische Fracht besonders hoch. Folgende Frachten sind für das Abwasser einer Fischproduktion ausschlaggebend: BSB₅, CSB, NH₄-N, Gesamtstickstoff und Phosphor. Ein primäres Ziel der Behandlung des Brauchwassers aus der Fischproduktion ist die Abtrennung von Feststoffpartikeln und Blut.

6.3.2 CLEANER PRODUCTION - VORSCHLÄGE FÜR DIE FISCHVERARBEITUNG

Vorrangiges Anliegen der Betreiber war die Findung alternativer Lösungen für den jährlichen Fischabfall von rund 100.000 kg. Zusätzlich zur Fischmehl- und Fischölerzeugung, konnten Potentiale in folgenden Bereichen ermittelt werden: Fischsilage, Düngemittelerzeugung, Kompostierung, Erzeugung von Fischeiweiß-Hydrolysat und Fischeiweißkonzentrat. Weitere Anwendungsbereiche sind Enzymextraktion, Pharmazeutika, Kosmetik, Kollagen und Gelatine.

Energiegewinnung und Düngemittel aus Fischabfall

Bei der Anwendung eines anaeroben Fermenters wird Methan und Dünger erzeugt. Methan (Biogas) wird genutzt, um die Faulräume zu heizen, sowie die Räumlichkeiten des Betriebes und das Heißwasser von zentraler Stelle aus aufzuheizen. Das Methanpotenzial von Fischabfall wurde mit 0,523 l/kg TS beziffert. Unter Druck verbessert sich die Löslichkeit von CO₂, wodurch die Methankonzentration im Biogas erhöht wird. Das gelöste CO₂ senkt den pH-Wert der Lösung und scheint den hemmenden Effekt von Ammoniak auf den Prozess zu verringern. Die Druckbehandlung hat außerdem den Effekt, schädlich auf das Fischpathogen *Yersinia ruckeri* zu wirken.

Es werden zwei Arten von Düngemitteln hergestellt:

- # ein fester Dünger zur Anwendung in Gärten, wobei das überschüssige Produkt mit der Baumrinde, die von den zu exportierenden Baumstämmen auf den Ladeplätzen stammt, vermischt wird. Die Mischung wird für 12 bis 18 Monate kompostiert und so ein hochgradiger Dünger erzeugt.
- # ein flüssiger Dünger, der einen ausgewogenen Nährstoffgehalt, Spurenelemente und hohen Gehalt an Stickstoff aufweist und für den landwirtschaftlichen Gebrauch geeignet ist. Dieser Dünger laugt nicht aus, hat positive Auswirkungen auf Wiesen und Weiden, und verbessert die Gesundheit des Viehbestands. Flüssiger Dünger aus Fisch wird erzeugt, indem der ganze Fisch, oder Fischabfall mit Schwefelsäure versetzt wird, wodurch Sulfate und Phosphate gelöst werden und Fischgeruch vermindert wird. Alternativ wird durch die Zugabe von Harnstoff das Fischeiweiß aufgeschlossen, auf das die Pflanzen zugreifen können, nachdem die Bakterien es weiter erschlossen haben. Der schlechte Geruch des flüssigen Düngers könnte allerdings ein Problem darstellen, da die Komponenten, die von den Hydrolyse-Rückständen emittiert werden doch sehr hartnäckig sind. Manche dieser Komponenten konnten noch sieben Monate nach Start eines Geruchsexperiments nachgewiesen werden. Biofilter und Biowäscher könnten hier aber Abhilfe schaffen.

Kompostierung

Kompostierung beruht auf dem richtigen Verhältnis von eiweißhaltigem zu kohlenstoffhaltigen Material. Das biologisch optimale Verhältnis von Kohlenstoff zu Stickstoff ist 30:1. Üblicherweise wird stickstoffhaltiger Fischabfall kohlenstoffreichen Materialien wie Holzabfall (Sägespäne, Torf, Holzspäne, etc.) beigemischt. Die Kompostierung dauert im Normalfall vier bis sechs Wochen, wobei die Abfälle durch Mikroorganismen in reichhaltigen Humus verwandelt werden. Regelmäßige Belüftung ist nötig, um Überhitzung und anaerobe Zonen zu verhindern um mikrobielle Abbauprozesse nicht zu hemmen. Durch die Erhitzung, während der Kompostierung wird das Produkt pasteurisiert, wodurch störende Gerüche, Unkrautsamen und Krankheitserreger unschädlich gemacht werden. Die fertigen Kompostprodukte sind in der Regel reich an organischem Material (40 – 70 %) und weisen einen Stickstoffgehalt von 1- 4 % auf.

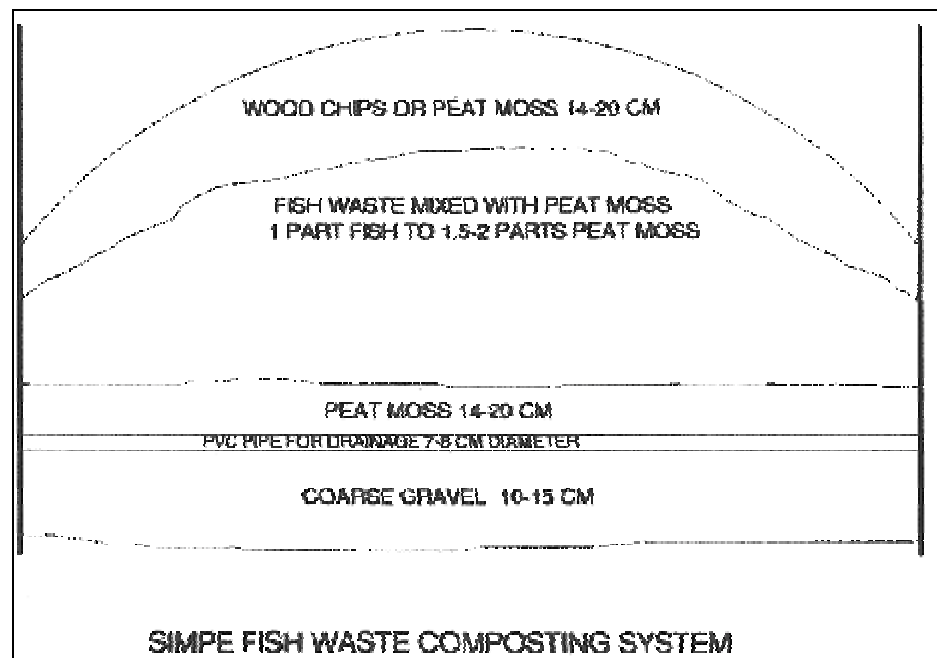


Abbildung 49: Kompostierung von Fischabfällen

Tiernahrung und Futtermittel

Tiernahrungs- und Futtermittelhersteller kaufen ebenfalls signifikante Mengen Fischabfälle. Wesentlich geringere Mengen Fischabfall werden zur Madenzucht benötigt, die sehr saisonabhängig ist und daher nicht als vorrangige Entsorgungsart für die Fischabfälle betrachtet werden kann. Im Allgemeinen zahlen die Tiernahrungshersteller für Fischabfälle ein wenig besser als Fischmehlerzeuger, andere zahlen wiederum nur die Transportkosten. Zusätzliche Kosten fallen beim Gefrieren der Fischabfälle an, wenn die Abnehmer auf gefrorenes Material bestehen.

Form-Fischfleisch

Formfleisch unterschiedlichster Qualität wird durch mechanische oder chemische Ablösung des Fleisches von den Gräten oder ganzen Fischen hergestellt. Für das qualitativ hochwertigste Formfleisch wird nur ausgesuchtes frisches Rohmaterial verwendet, das von heller Farbe mit nur wenigen dunklen Einschlüssen und wenig Bauchhöhlenmaterial ist. Das qualitativ minderwertigste wird durch Entgräten von ganzen Fischgerüsten erzeugt und ist von dunkler Farbe.

In Form von gefrorenen Blöcken ist Formfisch ein wertvolles Erzeugnis, das je nach Qualität für den menschlichen Konsum oder für die Tiernahrungsherstellung verwendet wird.

Erzeugung

Mechanische Abtrennung ist die bevorzugte Methode der Fleischentfernung. Chemische Abtrennung ergibt zwar höhere Ausbeuten, jedoch auch minderwertiges Fleisch. Minderwertigeres Formfleisch wird erzeugt, indem die ganzen Fischgerüste durch einen einfachen mechanischen Entgräter oder Grätenabscheider laufen. Qualitativ höherwertiges Formfleisch wird von den Filetabfällen, Lappen, Flossen, Wangen und sogar ganzem Fisch erzeugt. Bei kommerziell erhältlichen Abscheidern zwingt ein Förderband den Fisch gegen eine sich drehende, perforierte Trommel. Das Fischfleisch wird durch die Perforationen der Trommel in eine Förderschnecke gepresst. Haut und Gräten bleiben an der Außenseite und werden von einem Schabmesser entfernt.

Westliche Länder verwenden qualitativ hochwertigen Formfisch um gefrorene panierte Produkte wie Fischstäbchen und Fischfrikadellen herzustellen. Umgeformter Formfisch kann für Fischwürste, Burger, Fischpasten oder als Streckmittel in restrukturiertem Formfleisch verwendet werden.

Fischmehl

Fischmehl ist ein höchst nahrhaftes Pulver, das durch Trocknen und Mahlen der ganzen Fische oder des Fischabfalls aus der Produktion hergestellt wird. Standardfischmehl wird mit weiteren Inhaltsstoffen vermischt und als Tierfutter verwendet. Fischmehl, das aus äußerst frischem qualitativ hochwertigem Rohmaterial hergestellt wird, erzielt einen Spitzenpreis und wird von Aquakultur- und Agrikulturbetreibern als Entwöhnungsfutter für das Zuchtmaterial nachgefragt.

Rohmaterial

Die Art, Beschaffenheit und Frische des Rohmaterials sind von immenser Wichtigkeit für die Fischmehlproduktion, da sie mit dem Grad des Eiweiß- und Aschegehalt, den gesamten flüchtigen Stickstoff (total volatile nitrogen, TVN) des fertigen Produkts direkt zusammenhängen. Diese Faktoren als auch andere wie Histamingehalt, Verdaulichkeit, Salz- und Feuchtigkeitsgehalt bestimmen die Qualität des Fischmehls und daraus folgend auch den erzielbaren Preis. Fischmehl kann aus fast allen Arten Fischen und deren Abfällen hergestellt werden.

Erzeugung

Die ersten Arbeitsvorgänge sind das Kochen und Pressen des Rohmaterials, was zu zwei Zwischenprodukten führt: das flüssige „Presswasser“ und der gepresste, feste „Presskuchen“. Das Presswasser wird geklärt, um alle festen Partikel abzutrennen, die dann dem Presskuchen beigegeben werden. Das übrig bleibende Presswasser wird durch eine Zentrifuge geleitet, wo das Öl vom Wasser abgetrennt wird. Das so gewonnene Fischrohöl wird weiter verarbeitet oder verkauft, während das verbleibende Wasser (stickwater) nach Verdampfen in den Prozess rückgeführt wird, wo es mit dem Presskuchen getrocknet und zu Fischmehl weiterverarbeitet wird.

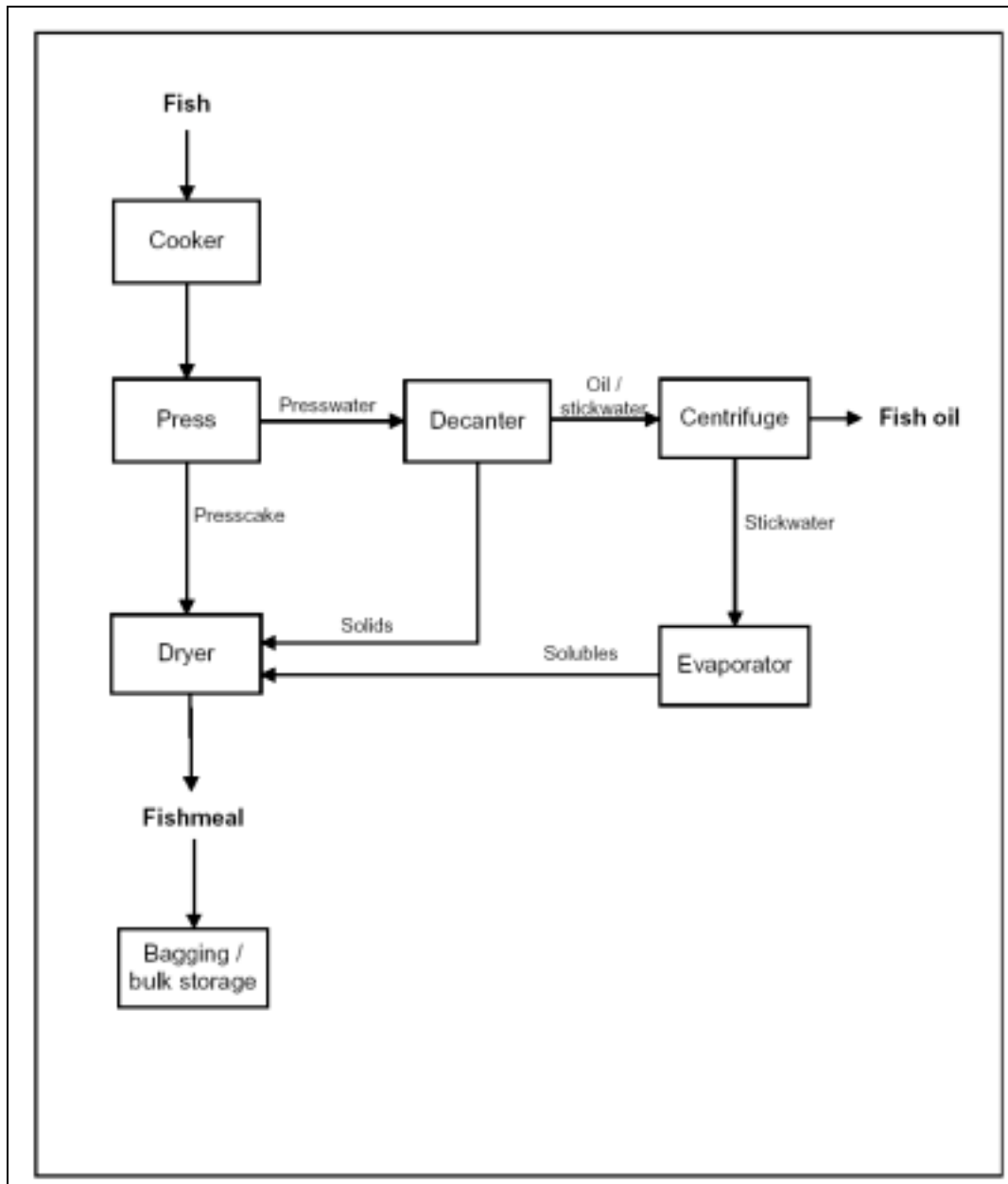


Abbildung 50: Fischmehlproduktion

Das Trocknen des Presskuchens verhindert den Verderb durch Bakterien. Der Presskuchen wird dann gemahlen, um letzte kleine Gräten vor dem Verpacken zu pulverisieren.

Fischmehl hat einen Restölgehalt und es ist momentan technisch noch nicht möglich, umwelt- und gesundheitsrelevante Belastungen wie Dioxin aus dem Mehl selbst zu entfernen.

Produkte und Verwendung

Fischmehl wird je nach seinen Bestandteilen und Zusammensetzung in verschiedenen Qualitäten erzeugt. Qualitativ hochwertiges Fischmehl wird von Aqua- und Agrikulturbetreibern nachgefragt. Es wird dort mit Fischöl vermengt und stellt die beste Quelle verdaulichen Eiweißes, essentieller

Vitamine und Öle für die Aufzucht von Fisch, Schweinen und Hühnern dar. Noch unidentifizierte Bestandteile des Futtermittels führen zu schnellerem Wachstum und verbesserter Widerstandsfähigkeit gegen Krankheiten, wie bei Fischen und Tieren, die mit Fischmehl aufgezogen wurden, zu sehen ist. Die verbesserte Verdaulichkeit/Aufnahme von qualitativ hochwertigem Fischmehl führt nicht nur zu vermehrtem Wachstum, sondern es wird auch geschätzt, dass eine Zunahme der Verdaulichkeit um 1 % von 90 % auf 91 % zu einer gleichzeitigen Abnahme der Ausscheidungen von Zuchtfischen um 5 % führt.

Pharmazeutika, Kosmetik und Feinchemikalien

Es wurden schon eine Reihe medizinischer und hochwertiger Chemikalien aus Fisch und Krustentieren gewonnen. So wurden aus dem Blut von Kaltwasserfischen Gefrierschutzproteine extrahiert. Diese Glykoproteine sind bekannt dafür, dass sie Zellen von Säugetieren unter Tieftemperaturbedingungen schützen und werden bei der Kaltlagerung von Spenderorganen und Spendergewebe eingesetzt.

In Tromsø, Norwegen wird aus Kabeljau-, Hering- und Lachsmilz Desoxyribonukleinsäure (DNA) extrahiert, gereinigt und aufbereitet.

Es wurden Forschungen in Richtung glykogener Polysaccharide die im Sud von gekochtem Muschelabfall zu finden sind, angestellt. Es wurde in Tierversuchen bewiesen, dass diese Saccharide antikarzinogene Eigenschaften aufweisen, wenn sie den Tieren in einer Dosis von 200 mg injiziert werden.

Squalene ist ein natürlich vorkommender Kohlenwasserstoff, der in manchen Pflanzen und Fischölen vorkommt. Es wird aus Haifischlebertran kommerziell extrahiert. Squalene wurde in japanischen Krankenhäusern zur Behandlung von Diabetes und Tuberkulose verwendet wird in jüngerer Zeit aber auch bei der Behandlung von Krebs eingesetzt. Es weist weiters antifungale und antioxidative Eigenschaften auf, wodurch weitere pharmazeutische und kosmetische Anwendungsbereiche erschlossen werden können. Aufbereitetes Squalene erzielt momentan ungefähr einen Preis von £ 200 pro Liter.

6.4 MILCHVERARBEITUNG

6.4.1 MATERIALFLUSSANALYSE

Die Molkerei A&C Ogledna Sirarna d.o.o verarbeitet mit 13 Angestellten in 2 Schichten jährlich ca. 2,2 Millionen Liter Milch, das entspricht 8.000 bis 10.000 Liter pro Tag. Die Milchanlieferung geschieht zwischen 6:30 und 10:30 täglich in 3 Tankwagen-Lieferungen. Das Hauptprodukt ist „Bohinjski sir“, eine bekannte und gut eingeführte slowenische Käsemarke. Weitere Produkte sind Topfen, Sauermilch, Sauerrahm, Konsummilch und Schlagobers.

Die Milch wird sieben Tage die Woche angeliefert und verarbeitet. Die Materialflussanalyse basiert auf einer durchschnittlichen täglichen Produktion von:

€# 300 kg	Käse
€# 350 kg	Topfen
€# 100 l	Konsummilch
€# 300 l	Sauermilch
€# 700 l	Sauerrahm

Es fallen pro Tag ca. 800 l Rahm an. 1900 l des Rahms werden einmal wöchentlich zur Weiterverarbeitung zu Butter an eine große Molkerei geschickt, der Rest wird zu Sauerrahm verarbeitet bzw. in sehr geringen Mengen der pasteurisierte Rahm direkt abgefüllt. Die Produktionsmengen an Topfen, Sauermilch, Sauerrahm und Trinkmilch sind fixiert, nur „überschüssige“ Milch kann zu Käse verarbeitet werden.

Mittelfristig ist eine Vergrößerung des Betriebs geplant, die Topfenproduktion soll auf das 2,5-fache erweitert werden, die Vorbehandlungsprozesse sollen in größerer Ausführung in eine neu zu errichtende Annahme verlagert werden.

6.4.2 VERARBEITUNGSPROZESSE

Die Verarbeitung von Milch wird allgemein unterteilt in die Vorbehandlungsstufe, die Veredlung und die Aufarbeitungsstufe. Zur Vorbehandlung gehören die Annahme, das Abrahmen, Pasteurisieren und Homogenisieren und Einstellen des Fettgehalts (Standardisieren). Die Molkerei A&C bereitet nur einen geringen Anteil der angelieferten Rohmilch zu Trinkmilch auf. Diese Milch wird direkt in die Pasteurisierung geleitet, sie wird mit ihrem natürlichen Fettgehalt verarbeitet. Alle anderen Produkte werden zuerst einem Abrahmungsvorgang unterzogen. Die Abrahmung wird jeweils auf den für die geplante Tagesproduktion notwendigen Fettgehalt eingestellt, sodass keine Standardisierung mehr stattfindet.

Vorbehandlung - Abrahmen und Pasteurisieren

Die Milch wird in Tankwägen an die Molkerei angeliefert, in einem gekühlten Lagertank zwischengelagert gefüllt und nach Möglichkeit sofort verarbeitet. Die ganze Milch, bis auf 100 l Konsummilch pro Tag, wird abgerahmt und anschließend Magermilch und Rahm getrennt pasteurisiert. Pro Stunde können in der Abrahmanlage 2500 l Milch abgerahmt werden. Der Pasteur wird chargenweise mit 2000 l betrieben.

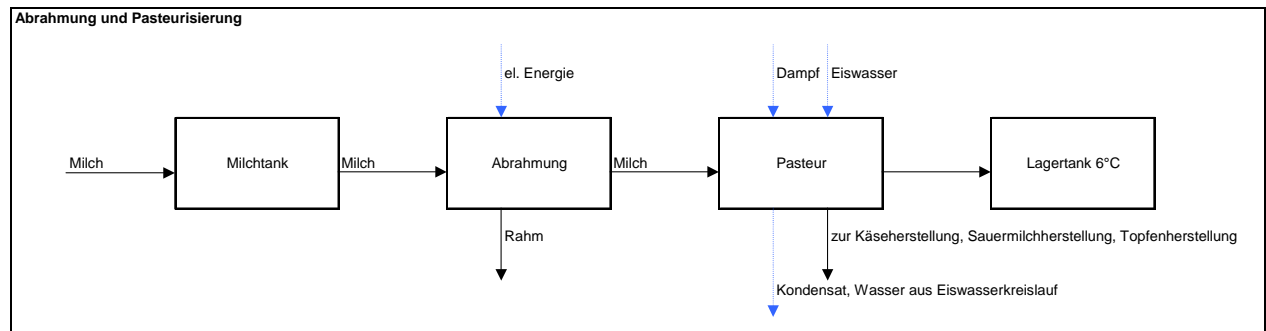


Abbildung 51: Fließschema Abrahmung und Pasteurisierung

Topfenproduktion

Neben Käse gehört Topfen zu den Hauptprodukten der Molkerei A&C. Der Topfen wird in zwei Bottichen, die je 1700 l Milch fassen, hergestellt. Die Produktion erfolgt täglich außer Sonntag in 2 Chargen. Zu Beginn der Frühschicht wird der gereifte Topfen vom Vortag aus den Bottichen abgefüllt und verpackt, die Bottiche gereinigt (händische Reinigung) und frische Milch angesetzt. Dazu wird die Milch in die Bottiche gefüllt und Lab und Sauermilchkulturen unter Rühren zugesetzt. Die Verweilzeit beträgt 6 Stunden bei 25 °C (entspricht der Raumtemperatur in der Produktionshalle). Die bei der Koagulation sich absetzende Molke wird kontinuierlich durch einen mit Druck beaufschlagten Deckel auf der Topfenwanne abgepresst. Die zweite Schicht kann die in der Früh angesetzte Charge zerschneiden und abpacken. Dann wird nach einer Reinigung die zweite Charge angesetzt, die über Nacht reift. Der fertige Topfen ist sehr kompakt und kann nur per Hand zu ½ kg-Stücken abgepackt werden.

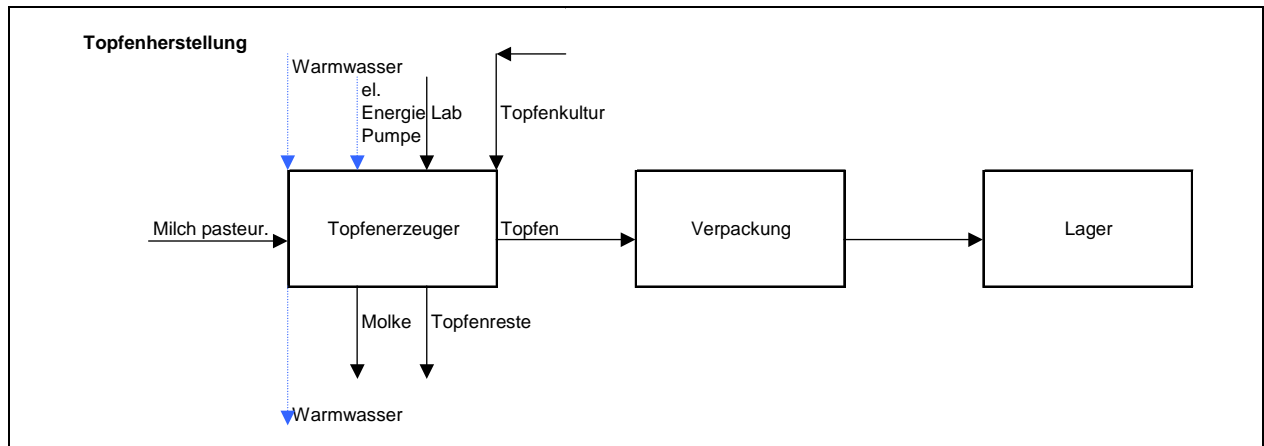


Abbildung 52: Herstellung von Topfen

Sauermilch- und Sauerrahmproduktion

Sauermilch und Sauerrahm werden auf die gleiche Weise erzeugt. Die Milch bzw. der Rahm werden in Fermentern mit Sauermilchkulturen versetzt und 24 Stunden lang in einem Inkubatorschrank auf 25 °C erwärmt. Danach wird die Sauermilch abgefüllt und bei 6 °C gelagert.

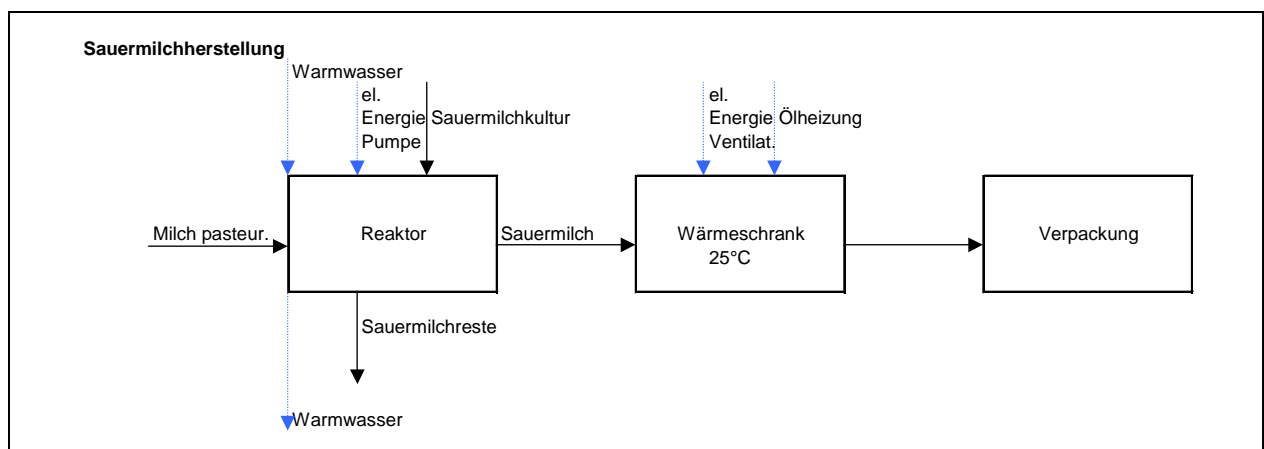


Abbildung 53: Herstellung von Sauermilch und Sauerrahm

Zur Herstellung von Sauermilchprodukten, Topfen, etc. ist es notwendig eigene Kulturen anzulegen, die dann mit Milch versetzt die entsprechenden Produkte ergeben. Diese Kulturen werden in der Molkerei A&C mehrmals wöchentlich in eigenen Reaktoren angesetzt.

Käseerzeugung

Für die Käsezubereitung wird 3-4 mal pro Woche die für die übrige Produktion nicht verbrauchte pasteurisierte Milch mit Sauermilch- und Käsekulturen versetzt und innerhalb von 25 Stunden unter Rühren langsam auf 32 °C erhitzt. Wenn das Rührwerk abgeschaltet wird, gerinnt die Mixtur innerhalb einer halben Stunde. Währenddessen setzt sich Molke vom Käsebruch ab, etwa die Hälfte der insgesamt bei der Käseproduktion entstehenden Molke wird in diesem Teilschritt abgezogen. Nach Beendigung des Gerinnungsprozesses wird die Masse auf 20 °C abkühlen gelassen, muss dann aber schnell weiterverarbeitet werden. Dazu wird der Käsebruch in einer Stunde langsam auf 52 °C erhitzt. In der Käsepresse wird die restliche Molke abgepresst, um die Käsemasse zu erhalten und dann in Laibformen gepresst. Diese Masse bleibt 15 bis 20 Stunden in den Formen und wird anschließend drei Tage lang bei 16 °C im Salzbad gelagert.

Das Salzbad ist eine Salzwasserlösung mit 25 Gew% Salz und muss kontinuierlich kontrolliert, nachgeschärft und gekühlt werden. Für das Nachschärfen und Auffüllen des Bades werden täglich ca. 5 kg Kochsalz eingesetzt. 1-2mal jährlich muss ein Salzbad entweder vollständig gereinigt (Zentrifuge, Membranfilter) oder verworfen werden. Mit dem verbrauchten Salzbad gehen hohe Salzkonzentrationen ins Abwasser.

Nach dem Salzbad durchläuft der Käse nur noch „trockene“ Prozessschritte. Die Käselaibe reifen 10 bis 14 Tage bei 14 °C bis 16 °C, anschließend erfolgt während 10 bis 20 Tagen die Wärmereifung in einem Inkubator bei 22 °C. Anschließend wird der Käse bis zur Auslieferung kühl gelagert.

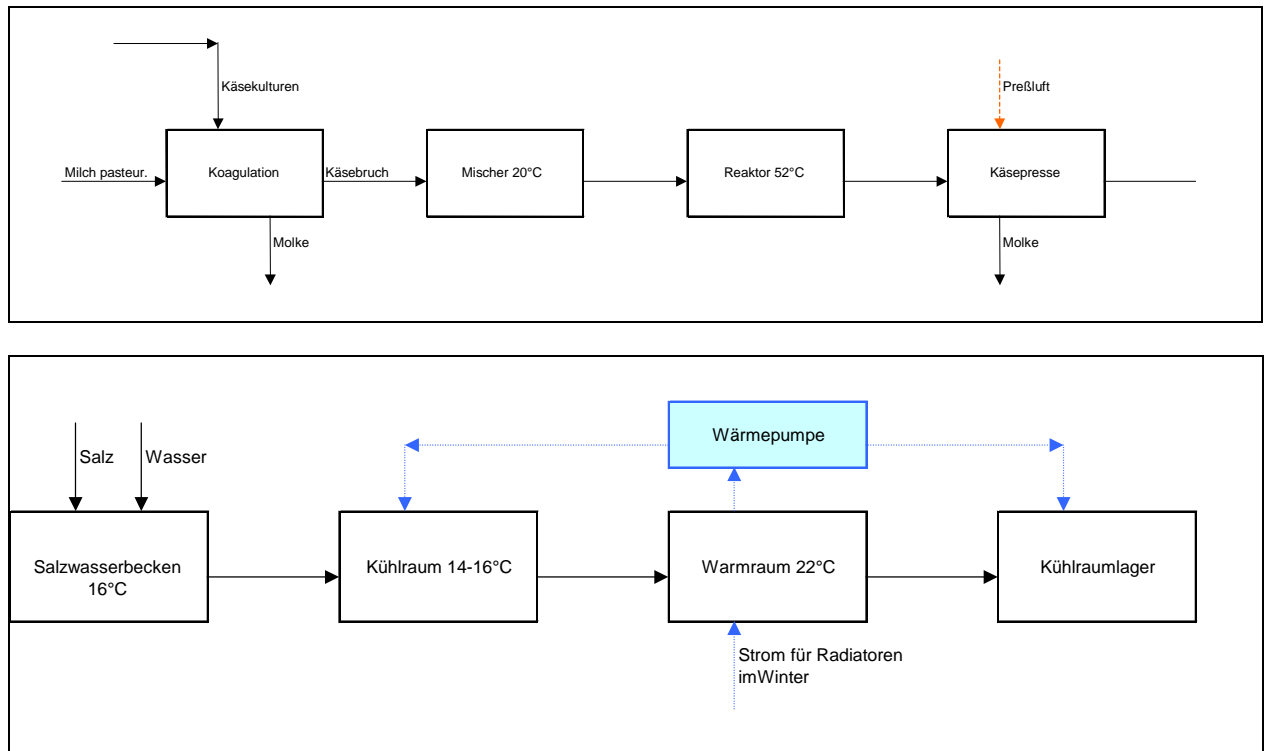


Abbildung 54: Fließschema der Käseproduktion

Ansetzen der Käse- und Sauermilchkulturen

Zur Herstellung von Sauermilchprodukten, Topfen und Käse ist es notwendig eigene Kulturen anzulegen, die dann mit Milch versetzt die entsprechenden Produkte ergeben. Die Sauermilch- und Käsekulturen werden händisch in einem Rührkessel angesetzt. Für einen Ansatz wird kochendes Wasser mit Milchpulver und einem Mix entsprechender zugekaufter Kulturen eine halbe Stunde lang gerührt. Der Reaktor wird dann außen mit fließendem Kaltwasser (Leitungswasser) gekühlt. Für Sauermilch, Topfen und Sauerrahm werden zwei Mal pro Woche je 400 l Kultur, und alle 10 bis 14 Tage 100 l Käsekultur angesetzt.

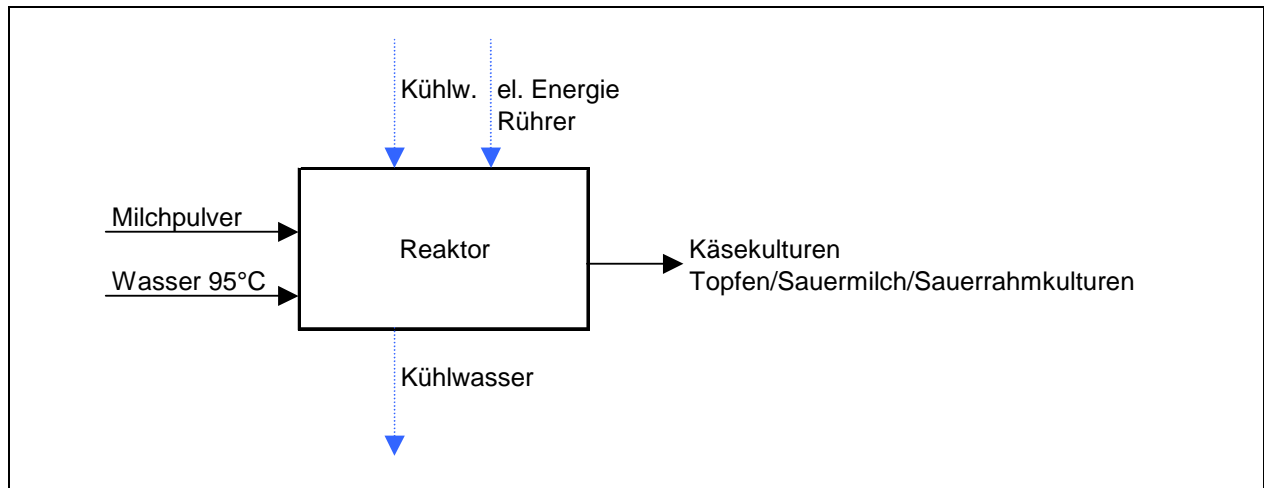


Abbildung 55: Kulturenerzeugung

Reinigung der Anlagen

Große Produktionsanlagen werden in der Regel ohne Demontage im geschlossenen Kreislauf gereinigt (CIP bedeutet „cleaning in place“, SIP bedeutet „sterilization in place“). Die in der Reinigung eingesetzten Mittel müssen verschiedenste Anforderungen erfüllen, deshalb wird sowohl mit sauren als auch mit alkalischen Reinigungsmitteln gearbeitet. Neben der Reinigung muss auch eine Desinfektion durchgeführt werden, dazu werden vor allem oxidierende aber auch nicht oxidierende Desinfektionsmittel eingesetzt.

Um den Wasserverbrauch zu optimieren, wird das Nachspülwasser aus dem Reinigungsprozess noch einmal als Vorspülwasser verwendet, beide Spülgänge werden kalt durchgeführt. Der eigentliche Waschprozess mit den Chemikalien findet ca. bei 60 – 85 °C statt.

Oberflächen der Produktionsanlagen müssen ständig gesäubert und manchmal desinfiziert werden. Das Waschwasser muss dafür Trinkwasserqualität haben, es muss von Leitungstemperatur (10 °C) auf Reinigungstemperatur (60 – 70 °C) erwärmt werden und fließt direkt in den Kanal bzw. in die Abwasserreinigungsanlage.

Die Reinigung der Reaktoren, Rührkessel und Rohrleitungen bei A&C erfolgt händisch und nur teilweise mittels CIP-System, das größtenteils auch händisch reguliert wird. Es ist geplant, im Zuge einer Produktionserweiterung ein vollautomatisches CIP-System zu installieren.

Die Produktionsstätte selbst wird händisch gereinigt. Je nach Zweck werden spezielle Industriereiniger in Wasserpistolen verwendet, beim darauf folgenden Spülen mit klarem Wasser kommen eigene Wasserpistolen zum Einsatz, die nie mit Reinigungsmitteln in Berührung kommen. Die Tankwägen werden von den Zulieferern selbst gereinigt, wobei sie die gleichen Industriereiniger einsetzen.

Für die Reinigung der Behälter und geschlossener System, wie z.B. die Pasteurisierung, werden pro Tag ca. 2500 l Wasser verbraucht. Der Rest von ca. 8.000 l pro Tag geht für die Außenreinigung der Anlagen und Reinigung der Betriebsräume auf.

6.4.3 ABWASSERSITUATION

Neben Kühlwasser im Ausmaß von 12 -15 m³ pro Tag, das völlig unbelastet ist, fallen Sanitärabwässer von 5 Einwohnerequivalenten an, ca. 10 m³ Reinigungsabwässer aus der Innen- und Außenreinigung der Anlagen und eine relativ große Menge Molke, nämlich ca. 6 –7 m³ pro Tag. Bezogen auf die verarbeitete Milchmenge ergibt sich ein spezifischer Abwasseranfall von unter 3 l pro Liter verarbeiteter Milch. Das ist für eine Molkerei dieser Größenordnung ein durchschnittlicher Wert. Der Abwasseranfall in Molkereien ist abhängig von der Größe des Betriebs und von den hergestellten Produkten. Große Molkereien, die nur automatische CIP-Kreisläufe betreiben, die Reinigungslaugen im Kreislauf fahren und wenig oder gar keinen Käse und Topfen erzeugen, wobei große Mengen Molke anfallen, können spezifische Abwassermengen von 0,5/l Milch erreichen (BMZ, 1996).

In der Pflanzenkläranlage werden nur die Abwässer aus der Produktion (Milchverluste, Reinigungslösungen und Waschwasser) sowie das Sanitärwasser gereinigt. Regen-, Kühl- und Eiswasser gehen direkt ins öffentliche Kanalnetz.

Verworfenes Salzbad und ein Teil der Molke werden ebenfalls über das öffentliche Kanalsystem entsorgt, da sonst die Reinigungskapazität der betriebseigenen Kläranlage nicht ausreichen würde. Einmal jährlich wird das Salzbad vollständig gewechselt und die alte Salzlösung mit einem Tankwagen entsorgt.

Die bei der Käseproduktion anfallende Molke hat einen sehr hohen Nährwert, kann aber trotzdem nur in sehr geringen Mengen (z.B. als Getränk in verschiedensten Variationen) direkt verwertet werden. In großen Molkereien wird die Molke nach einer Reinigung und einer Pasteurisierung eingedickt und eventuell zu Molkepulver weiterverarbeitet. Die gewonnenen Molkeproteine werden wieder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Für kleine Molkereien ist diese Aufarbeitung zu teuer, da die Anlagen hohe Investitions- und Betriebskosten haben. Der Anteil der Molke, die nicht in die Pflanzenkläranlage abgeleitet wird, wird wenn möglich, an Bauern zurückgegeben, die sie zur Fütterung (de facto hat Molke keinen Nährwert für die Tiere) oder als Dünger verwenden. Wenn die Bauern die Molke nicht abnehmen, wird sie mit Tankwagen entsorgt.

Es werden insgesamt durchschnittlich 6.000 kg Reinigungsmittel (inkl. Tankwagenreiniger, der nur weitergegeben und nicht vor Ort entsorgt wird) pro Jahr verbraucht. Aus den Aufzeichnungen des Betriebs geht nicht eindeutig hervor, welche Mengen an Reinigungsmittel tatsächlich für die Reinigung der Anlagen und der Betriebsstätte verwendet werden.

Die unten angeführte Tabelle stellt die Gesamtmassenbilanz eines durchschnittlichen Tages dar. Alle Prozesse, inklusive Reinigung und Energie, wurden bilanziert.

Tagesbilanz											
Input overall	Menge	Dim.	Input	Menge	Dim.	Menge	Dim.	out	Menge	Dim.	
Produktionsrohstoffe						8658 kg/d		Fehlmenge	4 kg	8662 kg/d	
			Rohmilch	8264 kg/d				Trinkmilch	103,30 kg/d		
			Zusätze Käseproduktion	20,94 kg/d				Sauermilch	335,68 kg/d		
			Zusätze Sauermilchproduktion	36,18 kg/d				Sauerrahm	735,59 kg/d		
			Zusätze Topfenproduktion	307,37 kg/d				Rahm	0,00 kg/d		
			Zusätze Sauerrahmproduktion	28,37 kg/d				Topfen	1052,87 kg/d		
			Kulturenreste	0,78 kg/d				Käse	216,89 kg/d		
Verluste									6217,54		
								Rohmilchaufbereitung	20,44 kg/d		
								Sauermilchproduktion	2,00 kg/d		
								Sauerrahmproduktion	2,00 kg/d		
								Topfenproduktion	2,00 kg/d		
								Käseproduktion	8,86 kg/d		
								Molke	6182,23 kg/d		
Hilfs- und Betriebsstoffe											
Dampf			Eiswasser					EiswasserRL			
Eiswasser 1-2	4 m³/d										
Frischwasser 16°C											
Energie								Abwärme			
el. Energie f. Rührer etc.			Rührer	4,5 kW				Abwärme			
Heizöl f. Dampf	120 l/d		EEE								
el. Energie für Eiswasser (EEE)											
Heizöl für Heißwasser											
el. Energie f. WP											
Reinigungsprozedur						2490,00 kg/d			2490,00 kg/d		
			Abrahmung und Pasteur:					Abrahmung und Pasteur:			
			Waschwasser	300 kg/d				Abwasser	300 kg/d		
			Reinigungsmittel	0 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	13,43 kg/d		
			Kulturenerzeugung:					Kulturenerzeugung:			
			Waschwasser	50 kg/d				Abwasser	60 kg/d		
			Reinigungsmittel	10 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	2,35 kg/d		
			Topfenproduktion:					Topfenproduktion:			
			Waschwasser	2000 kg/d				Abwasser	2000,00 kg/d		
			Reinigungsmittel	0,00 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	2,00 kg/d		
			Sauermilchproduktion:					Sauermilchproduktion:			
			Waschwasser	50 kg/d				Abwasser	50 kg/d		
			Reinigungsmittel	0 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	2 kg/d		
			Sauerrahmproduktion:					Sauerrahmproduktion:			
			Waschwasser	0 kg/d				Abwasser	0 kg/d		
			Reinigungsmittel	0 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	2 kg/d		
			Käseproduktion:					Käseproduktion:			
			Waschwasser	80 kg/d				Abwasser	80 kg/d		
			Reinigungsmittel	0 kg/d				Produktionsrückstände(Verluste)	4,5 kg/d		
			Salzwasserwechsel	0 kg/d				Salzwasserwechsel	0 kg/d		
Bilanz berechnet auf			364 Produktionstage / Jahr								
			7 Produktionstage / Woche								

Tabelle 51: Durchschnittliche Tagesbilanz

6.4.4 INVESTITIONSKOSTENRECHNUNG - ABWASSERENTSORGUNG

Für die bei der A&C installierte Pflanzenkläranlage wurde eine Investitionskostenrechnung durchgeführt. Es wurden Kosten für eine vergleichbare Anlage in Österreich zugrunde gelegt, wobei es mehrere Varianten der Berechnung der Abwassergebühren gibt. Die Einleitungsgebühren werden von den Gemeinden in Kostenhöhe festgelegt. Die meisten Gemeinden verrechnen die Gebühren ausschließlich nach eingeleiteter Abwassermenge, manche legen ein Kostenmodell nach verbauter Fläche zugrunde, das vor allem für Haushalte eine gute Berechnungsgrundlage darstellt. Eine dritte Möglichkeit ist die Berechnung nach Einwohnergleichwerten, die jedoch als alleiniges Tarifmodell nur bezogen auf hydraulische Belastung angewendet wird. Für Abwasser, das nicht haushaltsähnlich ist; wird eine zusätzliche jährliche Pauschale (Größenordnung rund € 200,-) verrechnet. Darüber hinaus gibt es mehrere Mischmodelle. Die Tarife nach verbauter Fläche entsprechen bei Industriebetrieben, die ihre Abwässer unbehandelt in die Kläranlage schicken, bei weitem nicht den Kosten, die in der Kläranlage tatsächlich aufgewendet werden müssen um die Abwässer zu reinigen. Es wird bei den Einleitungsgebühren allgemein nicht zwischen Haushalten und Industriebetrieben unterschieden. (BAUER, 1995).

Mit einem Tarifmodell allein nach verbauter Fläche wäre die Investition in eine Pflanzenkläranlage zu den derzeitigen Rahmenbedingungen bei weitem nicht wirtschaftlich, die Tarife für die verbaute Fläche variieren stark und liegen im Schnitt bei ca. € 0,60 pro Quadratmeter und Jahr.

Legt man ein Tarifmodell zugrunde, das nach tatsächlich eingeleiteter Abwassermenge verrechnet, sieht die Wirtschaftlichkeitsberechnung für die Pflanzenkläranlage günstiger aus. Dem folgenden Berechnungsbeispiel zur Beurteilung betriebsspezifischer Abwasserkosten im Vergleich betrieblicher Abwasserreinigung mittels einer Pflanzenkläranlage und der Indirekteinleitung in die öffentliche Kanalisation liegt das Tarifsystem des Reinhaltverbandes Leoben zugrunde, der pro Kubikmeter Abwasser € 0,96 verrechnet (Persönliche Auskunft der Stadtgemeinde Leoben). Als Betriebskosten für den Betrieb der Pflanzenkläranlage wurde im Berechnungsbeispiel ein Personalaufwand von 1 Stunde pro Woche à € 30,- angenommen.

Pflanzenkläranlage						
laufende Ausgaben						
Betriebsjahr	Investition	BK und Personal	Einleitungsgebühr	Einleitungspauschale	kumulierte Jahreskosten	Kapitalwert PKA
0	-13260				-€ 13.260,00	
1		-1500	-6811,2	0	-€ 8.311,20	-€ 21.175
2		-1515	-6879,3	0,0	-€ 8.394,31	-€ 28.789
3		-1530	-6948,1	0,0	-€ 8.478,26	-€ 36.113
4		-1545	-7017,6	0,0	-€ 8.563,04	-€ 43.158
5		-1561	-7087,8	0,0	-€ 8.648,67	-€ 49.934
6		-1577	-7158,6	0,0	-€ 8.735,15	-€ 56.453
7		-1592	-7230,2	0,0	-€ 8.822,51	-€ 62.723
8		-1608	-7302,5	0,0	-€ 8.910,73	-€ 68.754
9		-1624	-7375,6	0,0	-€ 8.999,84	-€ 74.555
10		-1641	-7449,3	0,0	-€ 9.089,84	-€ 80.136
11		-1657	-7523,8	0,0	-€ 9.180,74	-€ 85.503
12		-1674	-7599,0	0,0	-€ 9.272,54	-€ 90.667
13		-1690	-7675,0	0,0	-€ 9.365,27	-€ 95.633
14		-1707	-7751,8	0,0	-€ 9.458,92	-€ 100.411
15		-1724	-7829,3	0,0	-€ 9.553,51	-€ 105.006
16		-1741	-7907,6	0,0	-€ 9.649,05	-€ 109.426
17		-1759	-7986,7	0,0	-€ 9.745,54	-€ 113.678
18		-1776	-8066,5	0,0	-€ 9.842,99	-€ 117.768
19		-1794	-8147,2	0,0	-€ 9.941,42	-€ 121.703
20		-1812	-8228,7	0,0	-€ 10.040,84	-€ 125.487
21		-1830	-8311,0	0,0	-€ 10.141,24	-€ 129.127
22		-1849	-8394,1	0,0	-€ 10.242,66	-€ 132.628
23		-1867	-8478,0	0,0	-€ 10.345,08	-€ 135.996
24		-1886	-8562,8	0,0	-€ 10.448,53	-€ 139.236
25		-1905	-8648,4	0,0	-€ 10.553,02	-€ 142.353
26		-1924	-8734,9	0,0	-€ 10.658,55	-€ 145.350
27		-1943	-8822,2	0,0	-€ 10.765,13	-€ 148.234
28		-1962	-8910,5	0,0	-€ 10.872,79	-€ 151.007
29		-1982	-8999,6	0,0	-€ 10.981,51	-€ 153.675
30		-2002	-9089,6	0,0	-€ 11.091,33	-€ 156.241

Tabelle 52: Kumulierte Abwasserkosten inklusive Pflanzenkläranlage der Fa. A&C nach dem Tarifmodell des Reinhaltverbandes Leoben

Direkteinleitung							
Betriebsjahr	Investition	BK und Personal	laufende Ausgaben			kumulierte Jahreskosten	Kapitalwert ohne Investition
			Einleitungsgebühren	Einleitungsspauschale			
0		0				0,0	
1			0	-9345,6	0	-9345,6	-€ 8.901
2			0	-9439,1	0,0	-9439,1	-€ 17.462
3			0	-9533,4	0,0	-9533,4	-€ 25.697
4			0	-9628,8	0,0	-9628,8	-€ 33.619
5			0	-9725,1	0,0	-9725,1	-€ 41.239
6			0	-9822,3	0,0	-9822,3	-€ 48.568
7			0	-9920,5	0,0	-9920,5	-€ 55.619
8			0	-10019,7	0,0	-10019,7	-€ 62.401
9			0	-10119,9	0,0	-10119,9	-€ 68.924
10			0	-10221,1	0,0	-10221,1	-€ 75.199
11			0	-10323,4	0,0	-10323,4	-€ 81.235
12			0	-10426,6	0,0	-10426,6	-€ 87.041
13			0	-10530,9	0,0	-10530,9	-€ 92.625
14			0	-10636,2	0,0	-10636,2	-€ 97.997
15			0	-10742,5	0,0	-10742,5	-€ 103.165
16			0	-10850,0	0,0	-10850,0	-€ 108.135
17			0	-10958,5	0,0	-10958,5	-€ 112.916
18			0	-11068,0	0,0	-11068,0	-€ 117.515
19			0	-11178,7	0,0	-11178,7	-€ 121.939
20			0	-11290,5	0,0	-11290,5	-€ 126.194
21			0	-11403,4	0,0	-11403,4	-€ 130.288
22			0	-11517,4	0,0	-11517,4	-€ 134.225
23			0	-11632,6	0,0	-11632,6	-€ 138.012
24			0	-11748,9	0,0	-11748,9	-€ 141.655
25			0	-11866,4	0,0	-11866,4	-€ 145.159
26			0	-11985,1	0,0	-11985,1	-€ 148.530
27			0	-12104,9	0,0	-12104,9	-€ 151.772
28			0	-12226,0	0,0	-12226,0	-€ 154.891
29			0	-12348,3	0,0	-12348,3	-€ 157.891
30			0	-12471,7	0,0	-12471,7	-€ 160.777

Tabelle 53: Kumulierte Abwasserkosten ohne Pflanzenkläranlage der Fa. A&C nach dem Tarifmodell des Reinhaltverbandes Leoben

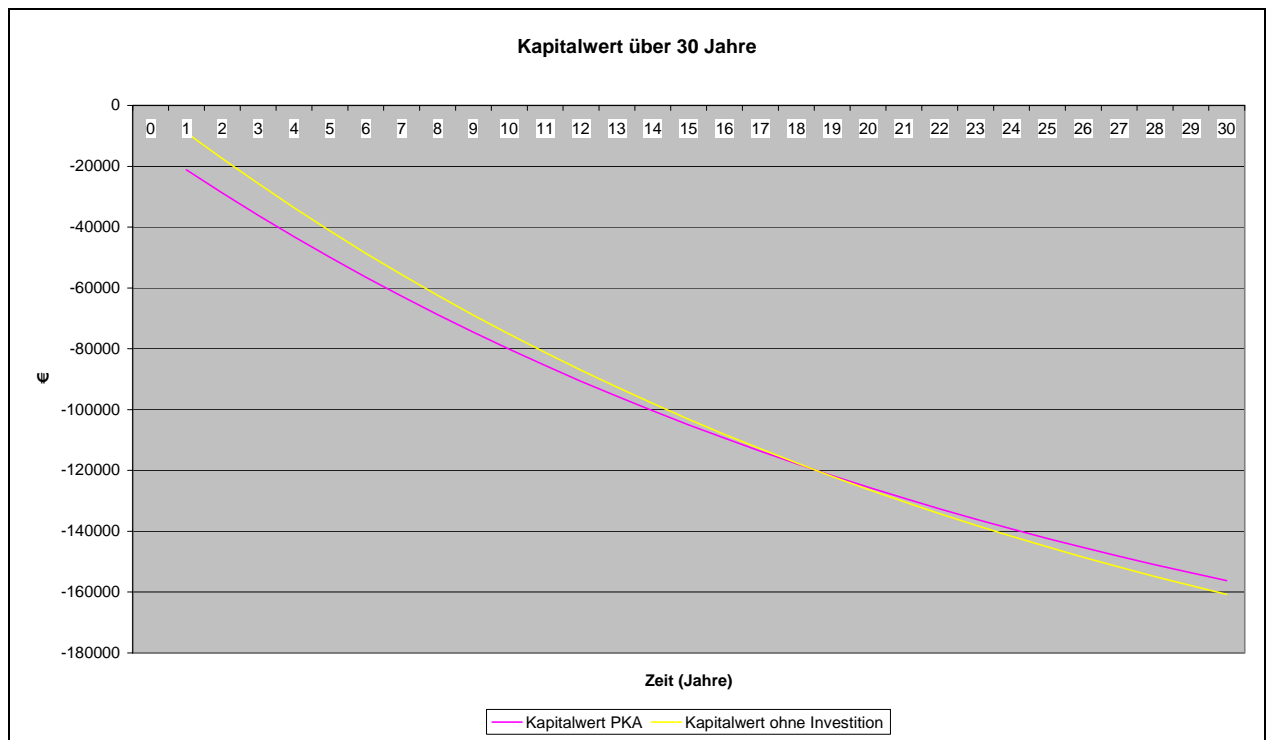


Abbildung 56: Kostenvergleich der Abwasserentsorgung mit und ohne Pflanzenkläranlage nach dem Tarifmodell des Reinhaltverbandes Leoben

Vergleichsbasis sind die Kosten, die ohne die Installation der Pflanzenkläranlage über die zu erwartende Nutzungsdauer der Pflanzenkläranlage aufgewendet hätten werden müssen. Die Kosten werden als aufgezinsten Kapitalwert über die erwartete Nutzungsdauer von 30 Jahren dargestellt.

Die Berechnung des Kapitalwerts erfolgt mittels nachstehender der Formel, wobei der Kapitalwert die aufgezinsten Aufwendungen und Erlöse (in diesem Fall gibt es keine Erlöse, daher ein negativer Kapitalwert) über die Jahre kumuliert darstellt.

$$\text{Kapitalwert} = -AW + \frac{Z_1}{(1+i)^1} + \frac{Z_2}{(1+i)^2} + \frac{Z_3}{(1+i)^3} + \dots + \frac{Z_n}{(1+i)^n}$$

AW	Anschaffungswert
$Z_1 - Z_n$	Zahlungsüberschuss (Einnahmen – Ausgaben)
i	Kalkulationszinsfuß
1,2,...n	Jahre

Vergleicht man die angeführten Kosten mittels eines Mischgebührensystems, wie es etwa in der Stadt Graz angewendet wird, so ergibt sich folgendes Bild.

Dem Mischmodell liegt eine Jahrespauschale für die Einleitung von Abwasser zugrunde, die sich auf die Anzahl der vorhandenen WC-Anlagen und Anzahl der Geschosse der Betriebsgebäude bezieht. In dieser Pauschale sind pro WC und Geschoss 120 m³ Abwasser pro Jahr inbegriffen. Die darüber hinaus in den Kanal geleitete Menge kostet unabhängig von der Schadstoffbelastung 0,74 €/m³ (Persönliche Auskunft der Grazer Stadtverwaltung). Für das Grazer Tarifmodell ist relevant, dass das Betriebsgebäude über 2 Geschosse und 1 WC verfügt. Die Ergebnisse der Berechnung sind in den folgenden Tabellen und Diagrammen dargestellt.

Investitionsrechnung mit Grazer Tarifmodell		
	Direkteinleitung	Pflanzenkläranlage
Investitionsvolumen	0 €	20400 €
Förderung für die PKA		35%
Pauschalkosten Kanal inkl. 120 m ³ /a	301 €/ a	301 €/ a
Betriebskosten	0 €/ a	1500 €/ a
Einleitungskosten/a	7115,1 €/ a	5161,5 €/ a
Einleitungskosten pro m ³ über 120m ³ /a	0,74 €/m ³	0,74 €/m ³
Abwassermenge/Betriebstag (330 Betriebstage/a)	29,5 m ³ /d	29,5 m ³ /d
Abwasser in die PKA/Tag		8 m ³ /d
Zinssatz Kapital	5,0%	5,0%
Teuerungsindex	1,0%	1,0%
erwarteter Reinvestitionszinssatz	10,0%	10,0%

Tabelle 54: Grundlegende Daten für den Kostenvergleich nach Grazer Tarifmodell

Pflanzenkläranlage						
laufende Ausgaben						
Betriebsjahr	Investition	BK und Personal	Einleitungsgebühren	Einleitungspauschale	kumulierte Jahreskosten	Kapitalwert PKA
0	-13260				-€ 13.260,00	
1		-1500	-5161,5	-301	-€ 6.962,50	-€ 19.891
2		-1515	-5213,1	-304,0	-€ 7.032,13	-€ 26.269
3		-1530	-5265,2	-307,1	-€ 7.102,45	-€ 32.405
4		-1545	-5317,9	-310,1	-€ 7.173,47	-€ 38.306
5		-1561	-5371,1	-313,2	-€ 7.245,21	-€ 43.983
6		-1577	-5424,8	-316,4	-€ 7.317,66	-€ 49.444
7		-1592	-5479,0	-319,5	-€ 7.390,83	-€ 54.696
8		-1608	-5533,8	-322,7	-€ 7.464,74	-€ 59.749
9		-1624	-5589,2	-325,9	-€ 7.539,39	-€ 64.609
10		-1641	-5645,1	-329,2	-€ 7.614,78	-€ 69.283
11		-1657	-5701,5	-332,5	-€ 7.690,93	-€ 73.780
12		-1674	-5758,5	-335,8	-€ 7.767,84	-€ 78.106
13		-1690	-5816,1	-339,2	-€ 7.845,52	-€ 82.266
14		-1707	-5874,3	-342,6	-€ 7.923,97	-€ 86.268
15		-1724	-5933,0	-346,0	-€ 8.003,21	-€ 90.118
16		-1741	-5992,3	-349,5	-€ 8.083,25	-€ 93.821
17		-1759	-6052,3	-352,9	-€ 8.164,08	-€ 97.383
18		-1776	-6112,8	-356,5	-€ 8.245,72	-€ 100.809
19		-1794	-6173,9	-360,0	-€ 8.328,18	-€ 104.105
20		-1812	-6235,7	-363,6	-€ 8.411,46	-€ 107.275
21		-1830	-6298,0	-367,3	-€ 8.495,57	-€ 110.325
22		-1849	-6361,0	-370,9	-€ 8.580,53	-€ 113.258
23		-1867	-6424,6	-374,7	-€ 8.666,33	-€ 116.079
24		-1886	-6488,8	-378,4	-€ 8.753,00	-€ 118.793
25		-1905	-6553,7	-382,2	-€ 8.840,53	-€ 121.404
26		-1924	-6619,3	-386,0	-€ 8.928,93	-€ 123.915
27		-1943	-6685,5	-389,9	-€ 9.018,22	-€ 126.331
28		-1962	-6752,3	-393,8	-€ 9.108,40	-€ 128.654
29		-1982	-6819,8	-397,7	-€ 9.199,49	-€ 130.889
30		-2002	-6888,0	-401,7	-€ 9.291,48	-€ 133.039

Tabelle 55: Kumulierte Abwasserkosten mit Pflanzenkläranlage nach Grazer Tarifmodell

Direkteinleitung							
Betriebsjahr	Investition	BK und Personal	laufende Ausgaben			kumulierte Jahreskosten	Kapitalwert ohne Investition
			Einleitungsgebühren	Einleitungspauschale			
0		0				0,0	
1			0	-7115,1	-301	-7416,1	-€ 7.063
2			0	-7186,3	-304,0	-7490,3	-€ 13.857
3			0	-7258,1	-307,1	-7565,2	-€ 20.392
4			0	-7330,7	-310,1	-7640,8	-€ 26.678
5			0	-7404,0	-313,2	-7717,2	-€ 32.725
6			0	-7478,0	-316,4	-7794,4	-€ 38.541
7			0	-7552,8	-319,5	-7872,3	-€ 44.136
8			0	-7628,4	-322,7	-7951,1	-€ 49.517
9			0	-7704,6	-325,9	-8030,6	-€ 54.694
10			0	-7781,7	-329,2	-8110,9	-€ 59.673
11			0	-7859,5	-332,5	-8192,0	-€ 64.463
12			0	-7938,1	-335,8	-8273,9	-€ 69.070
13			0	-8017,5	-339,2	-8356,6	-€ 73.502
14			0	-8097,6	-342,6	-8440,2	-€ 77.765
15			0	-8178,6	-346,0	-8524,6	-€ 81.865
16			0	-8260,4	-349,5	-8609,9	-€ 85.810
17			0	-8343,0	-352,9	-8696,0	-€ 89.604
18			0	-8426,4	-356,5	-8782,9	-€ 93.253
19			0	-8510,7	-360,0	-8870,7	-€ 96.763
20			0	-8595,8	-363,6	-8959,5	-€ 100.140
21			0	-8681,8	-367,3	-9049,1	-€ 103.388
22			0	-8768,6	-370,9	-9139,5	-€ 106.513
23			0	-8856,3	-374,7	-9230,9	-€ 109.518
24			0	-8944,8	-378,4	-9323,2	-€ 112.409
25			0	-9034,3	-382,2	-9416,5	-€ 115.190
26			0	-9124,6	-386,0	-9510,6	-€ 117.864
27			0	-9215,9	-389,9	-9605,8	-€ 120.437
28			0	-9308,0	-393,8	-9701,8	-€ 122.912
29			0	-9401,1	-397,7	-9798,8	-€ 125.293
30			0	-9495,1	-401,7	-9896,8	-€ 127.583

Tabelle 56: Kumulierte Kosten für die Entsorgung des gesamten Abwassers über das öffentliche Kanalnetz nach Grazer Tarifmodell



Abbildung 57: Kostenvergleich der Abwasserentsorgung mit und ohne Pflanzenkläranlage nach Grazer Tarifmodell

Die Berechnung ergibt in diesem Fall, dass die Investition in eine Pflanzenkläranlage mit diesem Mischtarif für die Abwasserentsorgung nicht wirtschaftlich wäre. Allerdings muss man beachten, dass dieses Tarifmodell für Industriebetriebe äußerst vorteilhaft ist und die wahren Kosten der Abwasserreinigung nicht widerspiegelt. Tarifsysteme, die sich ausschließlich auf frachtbezogene Abwasserbelastungen als Grundlage für die Tarifberechnung beziehen werden künftig notwendig sein um der Kostenwahrheit zu entsprechen. Das Problem dabei ist der Nachweis der durchschnittlichen Abwasserbelastung, die durch kontinuierliche Messungen belegt werden müssten.

6.4.5 PROBLESTELLUNGEN VON PROZESSABWÄSSERN IN MOLKEREIEN

Aufgrund der hohen Produktionsraten von Topfen und Käse ist in dieser Molkerei wie in den meisten anderen auch, der Anfall der Molke mit über 40 m³ pro Woche das größte Problem. Die Pflanzenkläranlage von A&C ist auf 7 - 9 m³ Abwasser pro Tag ausgelegt und kann – wegen der hohen BSB- und CSB-Belastung der Molke - max. 1 m³ unbehandelte Molke zusätzlich zu den Reinigungswässern pro Tag bewältigen. Der spezifische Wasserverbrauch von A&C beträgt 3 l Wasser pro 1 l verarbeiteter Milch.

In Molkereien wird bei den meisten Produktionsvorgängen Abwasser erzeugt. Dieses Abwasser besteht aus Milch bzw. Milchprodukten, mit Reinigungswasser, sowie Detergentien, Desinfektionsmittel und anderen Chemikalien, z.B. aus der Kesselwasseraufbereitung und Wasserbehandlung verdünnt. Eine relativ hohe Konzentration an organischen Bestandteilen ist charakteristisch.



Abbildung 58: Abfallströme in Molkereien (UNEP, 2002)

Bei optimalen Verfahren (BAT) liegt der Wasserverbrauch von milchverarbeitenden Betrieben zwischen 0,5 und 1,0 Liter Wasser pro kg verarbeiteter Milch. Typische CSB-Konzentrationen betragen zwischen 180 und 23000 mg O₂/l Abwasser. Ein ungleichmäßiger Abwasseranfall und eine sehr ungleichmäßige Belastung der Molkereiabwässer ist typisch. Die gemittelte CSB-Fracht der A&C wurde auf 8,4 kg O₂/m³ (8.400 mgO₂/l) verarbeiteter Milch geschätzt (von der Betriebsleitung). Der CSB von Vollmilch beträgt 210.000 mg O₂/l. Ein Durchschnittswert von 8,4 kg O₂/m³ Milch bedeutet daher, dass ungefähr 4 % der Milch im Abwasser landen, was nicht ungewöhnlich hoch ist.

Die Optimierung von CIP-Verfahren und eine gute Produktionsplanung und Logistik können signifikante Verbesserungen bringen. Kurze Produktionszyklen (kleine Verarbeitungslose) wie es bei A&C der Fall ist, führen zwangsläufig zu wesentlich erhöhten Abwassermengen.

In diesem Zusammenhang stellt auch die weitere Verwendung der anfallenden Käsemolke ein erhebliches Problem für diese Branche insgesamt dar. Die entstehende Molke macht 80 bis 90 % des Milchvolumens, das in die Käseproduktion geht, aus. Sie enthält mehr als die Hälfte der Milchfestbestandteile, inklusive der 20 % Eiweiß und Laktose (LYONS et al, 1989).

Es wäre daher für die A&C wichtig, ein an die Bedürfnisse des kleinen slowenischen Marktes bzw. der Region, die beliefert werden kann, angepasste wertsteigernde Nebenprodukt zu finden, zu

dem die Molke verarbeitet werden kann. Denkbar wäre auch, eine wirtschaftlich günstige Lösung zur Behandlung / Rückgewinnung / Kreislaufführung einzelner Prozessabwässer und der Molke zu finden, die dazu führen, dass die Pflanzenkläranlage die gesamte Abwassermenge bewältigen kann.

6.4.6 MAßNAHMEN UND TECHNOLOGIEN ZUR REDUKTION DES WASSERVERBRAUCHS

In Molkerein wird Wasser in erster Linie für das Reinigen des Produktionsmaterials, der Produktionsstätte, der Tankwagen und erst in zweiter Linie zum Kühlen und Heizen eingesetzt. Effizientere Nutzung der Prozesswässer durch Good Housekeeping und Schließen der Wasserkreisläufe führt im Normalfall zu einer drastischen Reduktion des Reinigungswasservolumens. Wasser sollte immer als Rohmaterial mit Realkosten betrachtet und daher auch kalkulatorisch bewertet werden. Unter dieser Prämisse sind die folgenden Optionen der Abwassermeidung auf Wirtschaftlichkeit zu überprüfen:

Einfach zu implementierende Maßnahmen zur Abwasserreduktion (UNEP, 2002; BMZ, 1996)

⚡ Reduzierung der Produktionsverluste durch:

- Füllung der Behälter von unten (weniger Schaumentwicklung)
- Füllstandregelung und automatisches Abschalten der Pumpen
- Verwendung von Pressluft, um die restlichen Rückstände von Sauerrahm, Sauermilch und Topfen in die Lagerbehälter / Tankwagen zu spülen
- Geschweißte anstatt geschraubter Rohre

⚡ Baldiges Reinigen der Rührkessel nach der Entleerung (Fett setzt sich weniger an)

⚡ Keine Nassreinigung, wenn man einen Besen verwenden könnte

⚡ Vorspülen der Tanks mit wenig Wasser, das dann mitsamt dem übergelaufenem Wasser in einem Stapeltank gesammelt wird, um Spitzenbelastungen der Kläranlage zu vermeiden.

⚡ Sammlung des relativ sauberen Nachspülwassers zur Verwendung für das Vorspülen der Tanks

⚡ Automatisches CIP-System

⚡ Automatisch schließende Armaturen

⚡ Gemeinsame Einleitung von verworfenem Salzbad und Molke in die Kläranlage, da die Proteine die Salzfracht puffern

⚡ Eiswasserkreislauf anstatt Kühlung mit Leitungswasser

⚡ Teilweise Luftkühlung nach der Pasteurisierung

⚡ Online-Erkennung von Rückständen mittels konventioneller Sensoren (z.B. Leitfähigkeit, Trübung)

Die meisten dieser Maßnahmen sind ohne oder ohne nennenswerte Investitionskosten durchzuführen und wirken sich auch auf die Betriebskosten nicht bzw. kaum aus. Ausgenommen davon sind die baulichen Maßnahmen, die bei der Anschaffung einer neuen Anlage berücksichtigt werden sollten. Lediglich die Anschaffung von Messgeräten zur online-Überwachung von Prozessparametern ist mit Investitionskosten verbunden.

Von den genannten Maßnahmen wäre der Ersatz von Kühlwasser durch Eiswasser aus dem vorhandenen Kühlkreislauf wirtschaftlich. Es ist derzeit ein Eiswasserkreislauf für die Vorbehandlung (v.a. Pasteurisierung) in Betrieb. Dieser könnte – vorausgesetzt die erforderliche Kapazität ist zu den fraglichen Zeitpunkten, 2 –3 mal pro Woche eine Stunde, frei - für die Kühlung bei der Kulturreinigung genutzt werden. Das Einsparpotential an Abwassergebühren beträgt für rund 14 m³ pro Woche, umgerechnet auf einen Einleitungstarif für Abwasser von 0,96 €/ m³ nicht mehr als. € 700,- pro Jahr. Die Mehrkosten für die Eiswassererzeugung sind nicht berücksichtigt.

Vorbehandlung des Abwassers

Abwasser aus manchen Teilprozessen wird in vielen Molkereien einer eigenen Reinigungsprozedur unterworfen, meist, um das Prozesswasser erneut einsetzen zu können. Dies spart nicht nur die Kosten für Frischwasser und Abwasserentsorgung sondern erübrigt oft eine Frischwasseraufbereitung. In lebensmittelverarbeitenden Betrieben sind die einsetzbaren Verfahren überdies durch Hygienevorschriften eingeschränkt.

Rückgewinnung der CIP-Laugenlösung mittels Membrantechnologien (KERSTEN, 2001)

Verbrauchte Reinigungsauflösungen sollten prinzipiell separat vom Sanitärwasser gesammelt werden, da die Reinigungsauflösung mittels Mikrofiltrationstechnologien zurückgewonnen und bis zu 100 Mal im Kreislauf gefahren werden kann, bevor die Lösung endgültig verworfen werden muss.

Bei der Verwendung einer Membran zur Vorreinigung der basischen Reinigungswässer werden alle Proteine und andere hochmolekulare Verunreinigungen sowie die meisten Minerale zurückgehalten. Über 80 % der Laugenlösung kann so rück gewonnen werden.

Chemikalien- und temperaturbeständige Nanofiltrationsmembranen sind Stand der Technik. Diese ermöglichen die Trennung von NaOH und Wasser aus verunreinigten Reinigungsauflösungen bzw. Reinigungswässern. Wassereinsparungen von 95 % sind unter Verwendung dieser Technologie möglich. Um Verschleppung von Natronlauge zu vermeiden, wird ein Kaskadenprozess zur Reinigung der Lösung empfohlen.

Eine Übersicht über Membranverfahren und ihr Einsatzbereich ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.

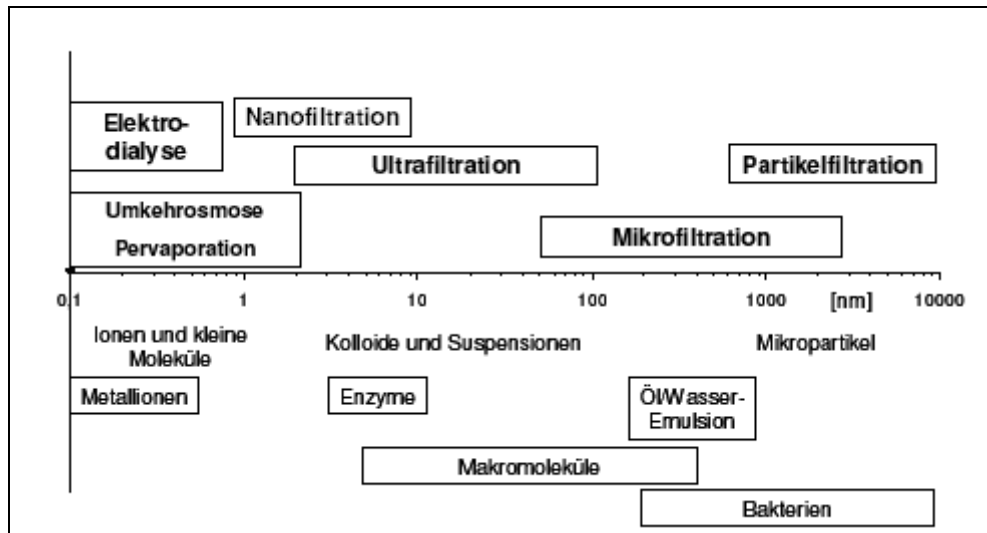


Abbildung 59: Einsatzbereich von Membranen (Quelle: E. Staude, Membranen und Membranprozesse, VCH, 1992)

Membrantechnik	Membrantyp	Triebkraft	Transportart	Anwendungsbereiche
Mikro-, Ultra- und Nanofiltration	Porenmembran, Porenweite von 1 nm - 10 µm	Druckdifferenz von 0,1 - 10 bar	Siebeffekt	Steril- und Klärfiltration, Reinigung makromolekularer Lösungen
Hyperfiltration (Revers- oder Umkehrosmose)	Porenmembran Porenweite von 1 - 10 nm	Druckdifferenz von 20 - 100 bar	Diffusion	Entsalzung, Entfernung niedermolekularer Bestandteile aus Lösungen
Dialyse	Porenmembran, Porenweite von 0,1 - 10 µm	Konzentrationsdifferenz	Diffusion gelöster Komponenten	Entsalzung u. Entfernung niedermolekularer Bestandteile aus makromolekularen Lösungen
Elektrodialyse	ionenselektive Membran, Ionenaustauschmembran	Potentialdifferenz eines gerichteten elektr. Felds	Ionenaustausch, -diffusion	Entsalzung ionischer Lösungen
Gas- und Dampfpermeation	Lösungs-/ Diffusionsmembran	Partialdruckdifferenz des Permeanden	Komponentendiffusion	Trennung von Gasmischungen
Flüssigmembranpermeation	Lösungs-/ Diffusions - Flüssigmembran mit Carrierzusatz	Konzentrationsdifferenz des Permeanden	Komponentendiffusion	

Abbildung 60: Übersicht über Membranfiltrationsverfahren (STRATHMANN 1990)

Das Fraunhofer Institut UMSICHT hat ein Konzept für einen Prozess entwickelt, bei dem mittels **Ultrafiltration** alle Proteine zurück gehalten werden und so die Abwasserbelastung (BSB5) um 70 % und mehr reduziert wird. (FRAUNHOFER, 1999). Technischer Fortschritte in der Umkehrosiose und Ultrafiltration erlauben die Wiederverwendung von so behandeltem Prozesswasser auch in der Lebensmittelindustrie. An Reinigungsabwässern für die CIP-Reinigung fallen ca. 2.500 l/Tag an.

Die Kosten für Membrananlagen sind nur größenordnungsmäßig darzustellen, da die Anlagen vom Hersteller auf die jeweiligen Verhältnisse im Produktionsbetrieb ausgelegt werden. Relevant für die Auslegung sind neben der gewünschten Leistung (Durchsatz) Druck, Temperatur, Verschmutzungsgrad und Foulingverhalten maßgeblich. Die Preise für Membranen erstrecken sich über einen weiten Preisbereich, die Standzeiten sind abhängig von den Stoffeigenschaften des Mediums ebenfalls sehr unterschiedlich.

Für die Filtration der Reinigungslösung kann als Richtwert von Investitionskosten in Höhe von €10.000,- ausgegangen werden, die laufenden Betriebskosten mit €0,70 pro 100 Liter. Für A&C würde dies neben den Investitionskosten einen zusätzlichen Aufwand von rund €15.000,- pro Jahr für Betriebskosten und Personal bedeuten. Dem stehen Einsparungen für die Abwasserentsorgung von bestenfalls €800,- im Jahr gegenüber. Selbst unter der Annahme, dass keine zusätzlichen Personalkosten anfallen, sind die Mehrkosten noch immer ca. €5.000,- pro Jahr für den Betrieb einer solchen Anlage (SAMHABER, W., 2001).

Wirtschaftlichkeitsberechnung Membranfilter für die Reinigung der Reinigungs-						
Investitionskosten						
Betriebskosten						
Personalkosten						
Menge						
Einleitungskosten pro m3 Abwasser						
Teuerungsindex						
				eingesparte		
Betriebsjahr	Investition	laufende BK	Personal-	Abwasser-	Gesamt-	
			kosten	gebühr	kosten/erlöse	
0	-€ 10.000				-€ 10.000	
1		-€ 5.775	-€ 9.900	€ 792	-€ 14.883	
2		-€ 5.833	-€ 9.999	€ 800	-€ 15.032	
3		-€ 5.891	-€ 10.099	€ 808	-€ 15.182	
4		-€ 5.950	-€ 10.200	€ 816	-€ 15.334	
5		-€ 6.009	-€ 10.302	€ 824	-€ 15.487	

Tabelle 57: Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine Membrananlage zur Reinigung der Reinigungslösung

Anaerobe Fermentation des Abwassers (FRAUNHOFER, 1999)

Das Fraunhofer Institut UMSICHT hat einen Elektrolyse-Prozess patentiert, bei dem durch anaerobe Fermentation die Laktose im Abwasser zu Milchsäure umgewandelt und konzentriert wird. Der Vorteil des Prozesses liegt in der leichteren Abbaubarkeit der Säure durch die Mikroorganismen in der Kläranlage, nicht in einer Reduktion des Abwasserstroms.

Untersuchung alternativer Verwendungsmöglichkeiten von Molke

Eine andere Möglichkeit, den Abwasseranfall zu reduzieren, ist die Verwertung der Molke. Da die direkte Verwertung im Falle der A&C nicht erfolgreich war – der regionale Markt erlaubt den Absatz von Molkegetränken nicht und auch eine Verwertung der Molke in nahe gelegenen Wellnesszentren, z.B. als Badezusatz war nicht erfolgreich - können folgende Aufarbeitungsoptionen einer wirtschaftlichen Bewertung unterzogen werden.

Essiggewinnung aus Molke (BA MILCHWIRTSCHAFT 2001)

In einem österreichischem Forschungsprojekt wurde die Möglichkeit der Essiggewinnung aus Molke untersucht. Nach Ausfällen und Abscheiden der Proteine wird flüssiger Zucker (Laktose, Saccharose, oder Pulpe) zugesetzt, um einen optimalen Anteil an Kohlenhydraten von 15 % zu erreichen, der der Fermentation erlaubt. Essig aus Molke verbindet die (vermuteten) positiven gesundheitlichen Eigenschaften von Molke, die reich an Vitaminen und Mineralstoffen ist, mit denen von Essig.

Trennung von Wasser und Molke mittels Membrantechnologie

Hinsichtlich der EU-Richtlinie, die eine Freigabe von organischen Kohlenhydraten aus Prozesswässern verbietet, scheinen **Membrantechnologien** zur Trennung von Wasser und Bestandteilen von Molke ökonomisch vorteilhaft. Die Vorteile solcher Behandlung ist die geringere organische Belastung der Kläranlage, respektive geringere Kosten für den Transport der Molke und geringerer Energieverbrauch im Vergleich zur Aufkonzentration durch Verdampfung.

Die so gewonnenen Rückstände sind Milchsäure, Lactat, und Proteine, im Besonderen Kasein, die vermarktbare Rohstoffe für weitere Industriezweige darstellen. Die Verwendung von Membrantechnologien zur Abscheidung von Proteinen ist Stand der Technik. Die Proteine können in einem weiteren Prozessschritt soweit aufgetrennt werden, dass Kasein mit einem Reinheitsgrad von > 99,8 % erreicht wird.

Durch **Umkehrosmose und Ultrafiltration** kann die Molke von 6 % Feststoffgehalt auf 22 % aufkonzentriert werden, wodurch das Volumen verringert wird und dadurch die Transportkosten

um rund 25 % verringert werden. Das Konzentrat kann als Rohmolke entweder als günstiger, eiweißhaltiger Futtermittelbestandteil oder als Bodenverbesserer verwendet werden.

Während die Umkehrosmose und Ultrafiltration zur Reduzierung des Wasserverbrauchs und zur Gewinnung von Proteinen konzipiert sind, werden **Elektrolyse und Ionenaustauscher** zur Demineralisierung von Molke eingesetzt.

Nanofiltration demineralisiert Molke teilweise, während gleichzeitig bis zu 70 % des Wasseranteils abgetrennt werden. **Kreuzstrommikrofiltration** kann die Molke entfetten und/oder „kalt sterilisieren“ (HORTON, 2001).

Stand der Technik ist die Abfolge von Nanofiltration, gefolgt von Ionenaustauschadsorption (Chromatographie). Diese ist für die Extraktion von wertvollen Nebenbestandteilen unerlässlich und kann für die Gewinnung von Milchsäure und Proteinen wie Alpha-Laktalbumin und Beta-Laktoglobulin verwendet werden.

Die Wirtschaftlichkeit all dieser Trenntechnologien ist für eine Molkerei von der Größenordnung der A&C nicht gegeben. Die Abwasserkosten verringern sich durch die Filtration der Molke nicht und der Preis der am Markt für die Molkebestandteile erzielt werden kann, steht in keinem Verhältnis zu den zusätzlichen Betriebskosten.

Das Fraunhofer Institut für Grenzflächen- und Bioverfahrenstechnik hat einen Prozess zur Gewinnung von Milchsäure aus Sauermolke entwickelt, der in einem ersten Verfahrensschritt mittels Ultrafiltration das Molkenprotein abtrennt (Inhalt 4,7 g/l Sauermolke), in der Folge wird der Milchzucker fermentativ zu Milchsäure umgesetzt und mittels Elektrodialyse gewonnen. Die Gesamtkosten für das Verfahren liegen lt. Angaben der Fraunhofer Gesellschaft bei € 0,80 pro kg Milchsäure, der Marktpreis liegt bei € 1,20 für die vergleichbare Qualität. Aus der Molke können pro Tonne ca. 42 kg Milchsäure gewonnen werden.

Herstellung von Tensiden, Biokraftstoffen und Acrylaten aus Molke

Molke beinhaltet Proteine, Saccharide, Vitamine und Mineralstoffe. Sie ist ein preiswerter und leicht verfügbarer Rohstoff für die Nahrungsmittel- und Kosmetikindustrie, wo Molke als Zusatzstoff für Babynahrung, Diätprodukte, Feuchtigkeitscremes und Salben verwendet wird. Nach Entfernung dieser Wertstoffe kann noch Laktose aus der Molke gewonnen werden.

Das Institut für Bioverfahrenstechnik EBVT der Universität Stuttgart entwickelte Verfahren, um aus den Überresten Tenside und Biokraftstoff zu gewinnen (VDI, 2001).

Eine kombinierte Technologie aus Fermentation und einem katalytischen Verfahren kann genutzt werden um unter anderem Milchsäure aus der Käsemolke zu gewinnen. Die Milchsäure kann dann zur Herstellung von Kunststoffen wie Acrylat-Ester und niedriger Alkyl-Acrylate eingesetzt werden.

Die Produkte werden zu Dichtungsmitteln, Beschichtungen, Textilien und biologisch abbaubaren Kunststoffen verarbeitet. Berichten zufolge ist diese Methode kosteneffizient (EAKIN, 1993).

6.5 SAUERGEMÜSEVERARBEITUNG

Innerhalb der Projektlaufzeit war es aus organisatorischen Gründen seitens der Firma Droga d.d. nicht möglich detaillierte Materialflussanalysen im Betrieb aufzunehmen. Nachfolgende Aussagen nehmen daher ausschließlich Bezug auf abwasserrelevante Gesichtspunkte.

Die Essiglake als ein notwendiges Produktionsmittel für die sauregemüseverarbeitende Betriebe ist in der Verarbeitung nicht vermeidbar. Die Essiglake, stammt von zugekauften Halbfabrikaten. Problematisch im Zusammenhang mit der Abwasserreinigung ist insbesondere der niedrige pH-Wert.

Abwasser aus der Rübenreinigung und -schälung sind stark gefärbt, mit organischen Feststoffen belastet und besitzt einen hohen CSB. Die organischen Feststoffe sind zum größten Teil sehr feine Füllstoffe, die im Zuge der Schälung anfallen. Zur Vermeidung von Abwasser kann ein trockenes Schälverfahren angewendet werden. Diese Reinigung reduziert den Frischwasserbedarf aber nur etwa um 1/6 gegenüber einer herkömmlichen Nassschälung. Dafür ist diese Reinigung sehr aufwendig und zeitintensiv. Außerdem ist dieses Reinigungswasser mit den selben organischen und anorganischen Verschmutzungen belastet, wie jenes aus der Nassschälung.

Sonstige Waschwässer aus der Gemüsereinigung lassen sich im Prozess nicht vermeiden. In diesem Punkt ist die Verwertung des Wassers eine sinnvolle und gute Variante. Das bereits einmal verwendete und verschmutzte Wasser, welches aber organisch kaum belastet ist, kann mit Hilfe mechanischer Trennverfahren von den Schmutzstoffen, wie Erde oder Sand befreit werden und wieder für die Reinigung der Rohware verwendet werden.

Wannenwässer aus der Pasteurisationsanlage fallen bei dem aus hygienischen Gründen in Intervallen von zwei bis drei Wochen durchzuführenden Badwechsel an. Alternativ kann Pasteurisation durch ionisierende Bestrahlung angewendet werden. Diese Methode der Pasteurisation wird zur Zeit in der sauregemüseverarbeitenden Industrie nicht angewendet, die prinzipielle Möglichkeit ist aber vorhanden (GERNAT, 2001).

Pasteur – Kühlwässer sind nicht besonders verunreinigt, sind aber wärmer, als die erlaubten Grenzwerte der Abwasseremissionsverordnung. Das aus den Kühlwannen fließende warme Abwasser, kann gesammelt und über eine Wärmepumpe geführt werden. Das Problem bei einer Kühlwasserkreislaufführung ist eine neuerliche Verkeimung und der damit verbundenen Notwendigkeit zusätzlicher hygienisierender Maßnahmen. Dies wäre im einfachsten Fall mit Hilfe einer UV-Behandlung möglich.

7 ZUSAMMENFASSENDE BEURTEILUNG UND AUSBLICK

Pflanzenkläranlagen zählen neben Abwasserteichen, Sumpfbeeten, Abwasserverregnung, Untergrundverrieselung, Rieselfelder und Sandfilter zu den naturnahen Formen der Abwasserreinigung. Viele dieser Abwasserreinigungsvarianten sind weltweit in mehr oder weniger ausgeprägter Form seit Jahrzehnten wesentlicher Bestandteil dezentraler Abwasserwirtschaft. Der Begriff Pflanzenkläranlage bezeichnet eine Vielzahl von Kläranlagenformen als räumlich begrenzte Ökosysteme, in denen der Reinigungsprozess durch vielfältige Wechselbeziehungen zwischen Mikroorganismen, Filterkörper und Pflanzen erfolgt.

Der Begriff Pflanzenkläranlage umschreibt primär das äußere Erscheinungsbild und weniger die wesentlichen Mechanismen des Reinigungsprozesses. Aus bisherigen Erkenntnissen spielt innerhalb der komplexen Zusammenhänge in der Bodenmatrix die Stoffwechsellistung der Mikroorganismenpopulationen, als wesentliche Reinigungsträger, eine übergeordnete Rolle. Organische Substanzen der Abwasserinhaltsstoffe wurden durch mikrobiell gesteuerte enzymatische Stoffumsetzungen abgebaut. Die Intensität dieser mikrobiellen Umsetzungen wird durch spezifische Milieubedingungen im Porenwasser (z.B. Temperatur, Sauerstoff- und Wassergehalt), sowie der Aufenthaltszeit (kinetische Randbedingungen) beeinflusst.

Nach BÖRNER (1992) lassen sich auf der Grundlage der Bodenhydraulik und des Bodenmaterials insgesamt 8 Pflanzenbeetvarianten unterscheiden:

- ☞ Pflanzenbeete ohne Bodenpassage des Wassers
- ☞ Pflanzenbeete mit sequentieller Bodenpassage
- ☞ Pflanzenbeete mit vollständig durchflossenen grobkörnigen Bodenkörper, z.B. Schotter oder Kies
- ☞ Pflanzenbeete mit vollständig durchflossenen, in ihrer Körnung abgestuften Kies- und Sandkörper
- ☞ Pflanzenbeete mit überwiegend sandigem Bodenkörper
- ☞ Pflanzenbeete mit in ihrer Körnung abgestuften Sandkörpern mit bindigem Anteil
- ☞ Pflanzenbeete mit bindigen Bodenkörpern
- ☞ Pflanzenbeete, die aus einer natürlichen Schilf- oder Sumpffläche bestehen

Aus der Vielzahl der Varianten haben sich im wesentlichen 2 Verfahrenstypen etabliert:

- ☞ horizontal durchflossene und intermittierend beschickte Beete
- ☞ vertikal durchflossene und intermittierend beschickte Beete

In erster Linie werden Helophyten (Binsen, Schilf, Rohrkolben) für die Bepflanzung der Filterkörper herangezogen, die durch die Ausbildung starker Aerenchyme sich zum Wachstum in sauerstoffarmen Zonen eignen. Überwiegend Verwendung findet Schilf (*Phragmites australis*).

Die grundsätzliche Bedeutung der Pflanzen für die Funktionalität der Systeme ist derzeit noch nicht eindeutig geklärt. Ein wesentlicher Faktor ist sicherlich die Transpirationsleistung und somit der Beeinflussung der Ablauffrachten. Darüber hinaus nehmen unterirdische Pflanzenteile durch die Ausscheidung von Wurzelexsudaten und der damit verbundenen Änderungen der Milieubedingungen im Porenwasser Einfluss auf das bakterielle Wachstum.

Aufgrund bisheriger Erkenntnis hängt die Funktionalität von Pflanzenkläranlagen in erster Linie von der Beschaffenheit des Bodenkörpers ab. Der Bodenkörper bietet Aufwuchsfläche für Mikroorganismen, dient als Besiedlungsraum für die Pflanzen bzw. trägt durch physikochemische Reaktionsmechanismen zur Eliminierung spezifischer Wasserinhaltsstoffe bei. Die Bodencharakteristik definiert die hydraulische Auslegung eines Pflanzenbeetes und somit die mikrobiologischen und chemischen Reaktionsbedingungen. Die hydraulischen Bodenkennwerte Durchlässigkeitskoeffizient k_f und hydraulische Porosität eines Bodenkörpers wird durch die Geometrie der Bodenporen bestimmt, wobei für den k_f Wert zusätzliche Parameter wie Temperatur und die kinematische Zähigkeit der durchströmten Flüssigkeit bedeutsam ist. Die Geometrie der Bodenporen wird durch folgende Eigenschaften des Bodens bestimmt.

- ≠# Korngrößenverteilung: physikalische Zusammensetzung des Bodens aus klassifizierten Einzelteilen (Kornform, Korngröße etc.)
- ≠# Lagerungsdichte: Masse an festen Bodenbestandteilen bezogen auf das gesamte Bodenvolumen mit luft- und wassergefüllten Poren.
- ≠# Bodengefüge: Art der räumlichen Anordnung der festen Bodenbestandteile

Für die Auswahl des Bodenkörpers kann neben den erwähnten hydraulischen Bodenkennwerten als Entscheidungsgrundlage die Ionenaustauschkapazität des Bodens, zur Selektion spezifischer Ionen, die nur partiell einem mikrobiellen Stoffwechsel zugeführt werden können, herangezogen wurden.

Das verwendete Filtermaterial soll eine hydraulische Durchlässigkeit von 10^{-3} m/s bis 10^{-5} m/s aufweisen. Die Tiefe des Bodenkörpers beträgt zweckmäßigerweise zwischen 0,5 und 1,0 m. Für die Bodenauswahl eignen sich grundsätzlich sowohl basische als auch saure Böden. Im Hinblick auf die Anforderungen für die Phosphatentfernung ist vor allem der Gehalt an Ca-, Fe-, Mn- und Al-Ionen von Bedeutung.

Der Abbau organischer Inhaltsstoffe, d.h. die Umwandlung organischer Substanzen zu einfacheren Molekülen erfolgt entweder durch abiotische Prozesse (z.B. Strahlung, Oxidation etc.) oder biotisch durch Mikroorganismen u.a., wobei die organische Substanz in Mineralisationsprodukte wie CO₂, Wasser, anorganische Salze sowie in die gleichzeitig aus Substanzabbauprodukten gebildete Biomasse (Assimilation) überführt wird. Je nach Sauerstoffversorgung herrschen aerobe oder anaerobe Abbauvorgänge vor. Beim anaeroben Abbau wurden die organischen Substrate schnell und weitgehend bis zu den anorganischen Endprodukten metabolisiert, wogegen bei dem langsamer ablaufenden anaeroben Abbau organische Zwischenprodukte (organische Säuren, Alkohole) oder reduzierte Endprodukte wie H₂S oder CH₄ verbleiben. In Pflanzenbeeten erfolgt der Abbau primär durch Mikroorganismen, die sich im Boden bzw. an der Bodenoberfläche in Abhängigkeit der Abwasserbelastung entwickeln. Dem mikrobiellen Stoffwechsel unterliegen nicht nur wasserlösliche Inhaltsstoffe, sondern auch Substanzen, die durch Filterwirkung und Adsorption in der Bodenmatrix zurückgehalten wurden. Der Abbau organischer C-Quellen durch direkte Aufnahme durch die Pflanze steht in keinem Verhältnis zur Belastung und spielt daher für den Wirkungsgrad eines Pflanzenbeetes nur eine untergeordnete Rolle (PAARMANN 1984). Entscheidende Einflussgröße für die Reaktionskinetik des Abbaues organischer Kohlenstoffverbindungen im Pflanzenbeet ist neben den spezifischen Belastungsgrößen insbesondere die Verweildauer des Abwasser im System. Als limitierende Faktoren der Funktionalität agieren weiters die physikalische Filterwirkung und insbesondere der Sauerstoffeintrag in den Bodenkörper.

Organisch gebundener Stickstoff im häuslichen Abwasser wird enzymatisch hydrolysiert und stellt als Ammonium eine zentrale Position der weiteren Elimination dar. Die dafür verantwortlichen Mechanismen unterteilen sich in:

- ≠# chemisch-physikalische Prozesse, darunter versteht man primär die Fixierung des Ammoniums durch Kationenaustausch in Tonmineralien und Huminsäurekomplexen
- ≠# der Aufnahme durch die Pflanze
- ≠# der mikrobiologischen Elimination durch Nitrifikation

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden Fallstudien in slowenischen Unternehmen kleiner und mittlerer Größe generiert. Gemeinsam mit den Betrieben und den slowenischen Projektpartnern wurden integrierte Konzepte zur betrieblichen Kreislaufschließung unter dem Einsatz von Pflanzenkläranlagen entwickelt und umgesetzt. Die ausgewählten Firmen sind aus für die mitteleuropäische Wirtschaftsstruktur typischen Branchen, somit kann mit diesem Projekt eine umfassende Methodik und Technologie zur industriellen Wasserkreislaufschließung entwickelt wurden. Pflanzenkläranlagen sind bereits für die Reinigung von kommunalem Abwasser und Deponiesickerwässern erfolgreich im Einsatz. Es ist aber wenig über die Konstruktions- und

Betriebsweise, die notwendig ist, um die Wirkung für den Schadstoffrückhalt in spezifischen industriellen Abwässern zu maximieren, bekannt. Deshalb ist das Hauptaugenmerk der Forschung und der Entwicklungsarbeit auf die Verfeinerung des Verständnisses der Nährstoff- und Schadstoffrückhaltemechanismen in Zusammenhang mit industriellem Abwasser zu legen. Pflanzenkläranlagen sind eine sinnvolle Technologie in Kombination mit prozessintegrierten Maßnahmen um im Rahmen von abwasserlosen Verfahren eine selektive Abtrennung von Stör- und Abfallstoffen zu bewerkstelligen. Um dem Ziel eines nachhaltigen Betriebes näher zu kommen, sollen für die am Projekt beteiligten Betriebe Vorschläge für möglichst abfall- und emissionsfreie Produktionsprozesse erarbeitet werden, die mit einem wesentlich geringeren Einsatz von Hilfs- und Betriebsstoffen auskommen. Dazu muss in erster Linie der Einsatz von Wasser, der Einsatz von Kühl- und Schmiermittel und der Einsatz von Lösungsmittel generell minimiert werden. Die Prozesse sollen anpassungsfähig und flexibel gestaltet werden, um sie an die Gegebenheiten von nachwachsenden Rohstoffen anzupassen und um Produkte unter rasch sich ändernden Anforderungen und Rahmenbedingungen weitgehend abfall- und emissionsfrei erzeugen zu können. Neben Maßnahmen, die innerhalb des Produktionsprozesses den Wasserverbrauch und damit das Abwasser reduzieren, müssen Technologien eingesetzt werden, die selektiv Wertstoffe und Abfallstoffe aus dem Abwasser entfernen, um das Prozessmedium Wasser dem eigentlichen Produktionsprozess wieder zuführen zu können.

Für das Projekt wurde vorerst der Schwerpunkt im Bereich der Lebensmittelindustrie gesetzt und folgende Beispielsbetriebe in Slowenien ausgewählt.

ESSIGERZEUGUNG UND (DETERGENTEN)	Sampionka d.d
OBST- UND GEMÜSEVERARBEITUNG	DROGA Portoroz d.d.
MILCHVERARBEITUNG - KÄSEERZEUGUNG	A&C Ogledna d.d.
FISCHVERARBEITUNG	Fischverarbeitung Gorica Marko

In Österreich gibt es nach der letzten Leistungs- und Strukturerhebung der Statistik Austria 1999 insgesamt 4.323 Unternehmen der Fachgruppe Nahrungs- und Genussmittel- und Getränkeindustrie davon befanden sich 627 in der Steiermark, 249 im Burgenland, 235 in Kärnten, 921 in Niederösterreich, 995 in Oberösterreich, 305 in Salzburg, 366 in Tirol, 272 in Vorarlberg und 353 in Wien. Die Nahrungs- und Genussmittelindustrie Österreichs verbrauchte im Jahr 1994 (ÖSTAT 1996) insgesamt 49.479.309 m³ Wasser. Der Abwasseranfall [= Gesamtwasserverbrauch abzüglich Oberflächenwasserverbrauch (TOMEK 1997)] betrug 38.010.049 m³.

Abwässer aus der Lebensmittelindustrie enthalten kaum gefährliche Stoffe, im Regelfall sind sie hoch organisch belastet und gut abbaubar, teilweise unterliegen sie großen pH-Wert Schwankungen und großen Mengenschwankungen.

Grundsätzlich dürfen Abwässer aus Betrieben in eine öffentliche Kanalisationsanlage eingeleitet werden, wenn den branchenspezifischen Emissionsverordnungen entsprochen wird, was auch von einem Großteil der Betriebe genutzt wird. Beispielsweise zeigte eine steiermarkweite Erhebung, dass unter den für das Projekt relevanten Branchen ca. 68% der Betriebe Indirekteinleiter sind. Nur 32 % der erfassten Betriebe sind Direkteinleiter, wobei beispielsweise bei den Obst- und Gemüseverarbeitern drei Betriebe eigene Reinigungsanlagen mit einer jeweiligen Größe von kleiner 1.000 EW und ein Betrieb eine Anlage für über 110.000 EW hat. Bei den milchverarbeitenden Betrieben verfügt nur ein Betrieb in der Steiermark über eine eigene Reinigungsanlage und zwar für 21.667 EW, in dieser werden Abwässer aus der Milch- und Fleischverarbeitung gereinigt. Weitaus häufiger verfügen Schlächtereien bzw. Fleischverarbeitungsbetriebe über eigene Reinigungsanlagen. Von den in der Steiermark erfassten 36 Betrieben verfügen 10 Betriebe über eine eigene Abwasserreinigungsanlage. Wobei drei der Anlagen Ausbaugrößen unter 1.000 EW haben und die restlichen zur Reinigung von Abwasser entsprechend 4.000 bis 9.000 EW ausgelegt sind. Erfahrungen mit Pflanzenkläranlagen zur Reinigung dieser spezifischen Abwässer sind im Pilotmaßstab teilweise vorhanden, in Österreich ist allerdings bis dato bei keiner der erhobenen Anlagen eine Pflanzenkläranlage im Einsatz.

Abwässer aus der industriellen Obst- und Gemüseverwertung zeigen eine ausgeprägte Schwankungsbreite im Abfluss und Belastung. Die Betriebe haben meist saisonbedingt mehrere Erzeugungslinien. Ein kausaler Zusammenhang zwischen Einzelerzeugnis, Abwasserabfluss und -belastung lässt sich nur in wenigen Fällen darstellen. Grundsätzlich fallen bei der industriellen Obst- und Gemüseverwertung organisch hochbelastete Abwasserteilströme an. Inhaltsstoffe sind überwiegend hochmolekulare Eiweißstoffe, Fette und Kohlenhydrate. Typisch sind die erheblichen Schwankungen in Menge und Konzentration.

Die Belastung von Molkereiabwasser ist überwiegend auf die Vermischung mit organisch hochkonzentrierten Produktresten aus Reinigungsprozessen zurückzuführen und nur sekundär auf nicht verwertbare Restkonzentrate und Reinigungsmittel. Der überwiegende Teil sind gelöste organische Verbindungen. Diese sind leicht abbaubar, wenn Besonderheiten des Molkereiabwassers wie starke Konzentrationsschwankungen (BSB_5 , pH) und erhöhte Temperaturen berücksichtigt wurden. Die organische Belastung des Molkereiabwassers - hochmolekulares Eiweiß, Milchzucker, Fette und Salze - resultiert zu > 90 % aus Milchbestandteilen und Produktresten. Diese Stoffe liegen in Form von Emulsionen, Suspensionen und echten Lösungen vor und zeigen große Konzentrationsschwankungen (ÖWAV 1982). Die Abwasserbelastung wird vorwiegend vom

Erzeugungsprogramm, vom Produktionsumfang, von den technischen Einrichtungen, der Technologie, der Art der Reinigung sowie von der Sorgfalt der Betriebsangehörigen beeinflusst. Zur Reinigung der Milchverarbeitungsanlagen wurden neben Wasser, Reinigungs- und Desinfektionsmittel eingesetzt. Laugen wurden zum Verseifen von Fetten und Peptisieren von Proteinen eingesetzt und Säuren sollen Milchstein aus der Hitzebehandlung der Milch lösen. Als Reinigungsmittel wurden überwiegend Natronlauge und Salpetersäure in 0,5 - 2%iger Verdünnung verwendet. Weiters wurden konfektionierte Mittel eingesetzt, die zusätzlich Natriumkarbonat, -silikat und -phosphat sowie EDTA und Polyphosphat enthalten können, außerdem Detergentien und Desinfektionsmittel (chlorhaltige und quartäre Ammoniumverbindungen). In mehreren Prozessen der Milchverarbeitung fallen außer dem Abwasser aus der Reinigung andere hochkonzentrierte flüssige Reststoffe (z.B. Molke) an, mit Konzentrationen von ca. 0,5 – 30 % Trockensubstanz, ca. 5000-100000 mg/l BSB₅ und ca. 8000 - 150000 mg/l CSB. Überwiegend eignen sich diese Stoffe zur Verfütterung oder anderer weiteren Verwendung (Hefefermentation, Nahrungsmittel). In manchen Fällen wird Molke auch als Abwasser mit aeroben, anaeroben oder Land-Behandlungsverfahren behandelt. Für Milchbearbeitungs- und -verarbeitungsbetriebe ist in Österreich die AEV Milchwirtschaft (BGBl. II Nr. 11/1999) gültig. Diese ersetzte mit ihrem in Krafttreten am 12.1.2000 die bis dato gültige AEV Milchwirtschaft aus dem Jahr 1991 (BGBl. Nr. 183/1991) und die WRG-Novelle 1993, Abschnitt V BGBl. Nr. 537/1993). Nach der Stichprobenerhebung der Statistik Austria (1999) sind Österreichweit 117 Betriebe der Gruppe Milchverarbeitung und Herstellung von Speiseeis vorhanden. Wobei davon 105 Betriebe Milchverarbeiter sind.

Abwasser aus der Fischverarbeitung ist organisch hochbelastet mit hohem Anteil an Ölen, Fetten, Eiweißen und Chloriden. Grundsätzlich ist es leicht abbaubar. Die Verschmutzungen liegen überwiegend in gelöster und kolloidaler Form vor. Auf Grund der Zusammensetzung der Schmutzstoffe im Fischereiabwasser ist davon auszugehen, dass sie leicht biologisch abbaubar sind. Für die Frischfischverarbeitung von der Rohware zum Filet ist eine Wassermenge von ca. 7 m³ pro Tonne Rohware erforderlich. Das Abwasser enthält Fischabfälle, ev. Speisesalz und Reinigungsmittel. Im Abwasser sind hohe Anteile an ungelösten, schwer absetzbaren Stoffen mit kleiner Sinkgeschwindigkeit. Emissionsbegrenzungen für Fischproduktionsanlagen sind im Bundesgesetzblatt BGBl 1075/94 (STEINLECHNER & ROBRA 1997) festgeschrieben. Nach der Erhebung der Statistik Austria sind in Österreich derzeit 7 Fischverarbeitungsbetriebe mit insgesamt 302 Beschäftigten vorhanden.

Abwasser aus Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetrieben wird u.a. durch Blut, Pansen- und Darminhalte sowie durch feste Abfallstoffe hoch belastet. Es ist gekennzeichnet durch hohe Gehalte an Fett, Eiweiß und Eiweißabbauprodukte, wasserdampfvlüchtige Säuren, Amine und weitere organische Stickstoffverbindungen und häufig durch erhöhte Salzgehalte. Aber auch

Kohlenhydrate und viele anderen Komponenten des Blutes, der Gewebeflüssigkeit etc. sind im Abwasser in gelöster oder kolloidaler Form vorhanden. Generell kann Schlachthofabwasser auch diverse Krankheitserreger enthalten. Konzentration und Anfallsmengen können starken Schwankungen unterliegen. In den einzelnen Produktionsbereichen eines Schlacht- und Fleischverarbeitungsbetriebes gibt es grundsätzlich die Produktionsprozesse Schlachten, Bearbeitung des Fleisches (Zerlegung, Bratfertig machen etc.) und Verarbeitung des Fleisches (Wurstherstellung etc.). Weiters können in Betrieben folgende Nebenproduktionsbereiche vorhanden sein: Verarbeitung des Blutes und der Fette für Ernährungszwecke, Sortieren, Salzen und Lagern der Häute und Bearbeitung der Knochen, des Blutes und sonstiger Abfälle für technische Zwecke. Die in den jeweiligen Bearbeitungsschritten entstehenden Teilabwasserströme weisen zum Teil sehr hohe Belastungsunterschiede auf, prozessbedingt fallen diese Abwässer oft diskontinuierlich an (z.B. Entleerung von Brühkesseln, etc.). Die in Schlachthaus- und Fleischereiabwässern enthaltenen Abwässer sind gut abbaubar. Nach entsprechender Vorreinigung bereitet es auch keine Schwierigkeiten diese zusammen mit häuslichem Abwasser einer Reinigung zu unterziehen. Grundsätzlich muss das ausgewählte Reinigungssystem unempfindlich gegen Stoßbelastungen und Belastungsschwankungen sein. Für Schlachtbetriebe und fleischverarbeitende Betriebe ist in Österreich die AEV Fleischwirtschaft BGBl. II Nr. 12/1999 in Kraft. In Österreich sind nach einer Stichprobenerhebung der Statistik Austria (1999) insgesamt 177 Schlachthäuser (ohne Geflügelschlachtung), 6 Geflügelschlächtereien und 1.034 Fleischverarbeitungsbetriebe vorhanden. Von 36 in der Steiermark erfassten Betrieben haben 10 Betriebe eine eigene Abwasserreinigungsanlage. Alle anderen treten als Indirekteinleiter auf.

Wasch- und Reinigungsmittel stellen - allein schon wegen der hohen Menge ihres Verbrauchs - eine Produktgruppe von hoher Umweltrelevanz dar. Die jährliche Menge an verbrauchten Textilwaschmitteln liegt in Österreich bei ca. 65.000 Tonnen, was einem pro-Kopf-Verbrauch von 8 kg entspricht. Hinzu kommen noch ca. 20.000 Tonnen Weichspüler und ca. 30.000 Tonnen Reinigungsmittel. Die Einsatzgebiete von Tensiden sind derart vielfältig geworden und wurden in vielen Produktionen nicht nur wegen ihrer waschaktiven Eigenschaften sondern darüber hinaus aufgrund ihrer solubilisierenden, suspendierenden bzw. dispergierenden Eigenschaften eingesetzt. Die Einsatzbereiche umfassen kosmetische und pharmazeutische Produktionen, Nahrungsmittelindustrie, Gastronomie, Getränkeindustrie, Textil- und Faserindustrie, Produktion von Farben, Lacken, Dispersionen und Kunststoffen, Zellstoff- und Papierindustrie, Metallverarbeitung, Bauindustrie, Mineralölindustrie, Chemische Industrie u.a. Die aus den genannten Produktionen anfallenden Tensidbelastungen im Abwasser sind hinsichtlich der Zusammensetzung der Inhaltsstoffe sowie der Mengen stark unterschiedlich. Die Festlegung der Emissionsbegrenzungen wird aufgrund der unterschiedlichen Herkünfte in mehreren branchenspezifischen Indirekteinleiterverordnungen geregelt. Auf gesetzlicher Ebene wurden darüber hinaus in

Österreich Mindestanforderung an die Primärabbaubarkeit von anionischen und nichtionischen Tensiden über das österreichische Bundesgesetz bezüglich der Umweltverträglichkeit von Waschmittel, BGBL. Nr. 300/1984 geregelt. Die Verordnung 2000/214/II "Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Seifen, Wasch-, Putz- und Pflegemitteln" (AEV Wasch- und Reinigungsmittel) regelt Emissionsstandards in der primären Wasch- und Reinigungsmittelproduktion.

Als begleitende Maßnahmen wurden im Projekt auf freiwilliger Basis in den Betrieben Material- und Energieflussanalysen in einem Quick-Scan erhoben. Basierend auf den gesammelten Daten sowie den Ausführungen zu Cleaner Production und nachhaltiger Entwicklung wurden daraufhin die Grundzüge des Umweltcontrolling erläutert und durch eine abschließende Erhebung und Bewertung der umweltrelevanten Kosten ergänzt.

Das begleitende Monitoringprogramm zur kontinuierlichen Beurteilung der Reinigungseffizienz und Betriebsstabilität der Pilotanlage wurde mit Juli 2000 bei der Fa. Sampionka d.d. gestartet und im August 2003 bei Droga d.d. abgeschlossen. Korrespondierend zu den Zu- und Ablaufbilanzen wurde in den Zulaufproben bzw. in den Zu- und Ablaufproben die biologische Abbaubarkeit bzw. Bakterientoxizität unter standardisierten Bedingungen bestimmt um damit Rückschlüsse auf die effektive Reinigungskapazität der Anlage ziehen zu können.

Die im Rahmen des Projektes errichteten Pilotanlagen entsprechen einer Ausbaugröße zwischen 28 EW bis 1939 EW, die täglich anfallenden Produktionsabwässer lagen zwischen 2,5 m³ bis 80 m³. Die Prozesswässer unterschieden sich in ihrer Charakteristik. Wesentliche Einflussgrößen für die Reinigungseffizienz waren der pH-Wert, die Konzentration an Tensiden sowie der Anteil schwerflüchtiger lipophiler Stoffe. Im Vergleich zu häuslichen Abwässern sind die untersuchten Prozesswässer durch deutlich höhere organische Belastungen gekennzeichnet. Nachstehende Tabelle und Abbildung spiegelt die Belastungssituation der einzelnen Betriebe im Vergleich zu häuslichem Abwasser wider. Als Bezugsgröße wurde die per Definition gültigen Ansätze für häusliches Abwasser mit 100g CSB/d, 60g BSB₅/d und einer Abwassermenge von 200 Liter/d herangezogen.

		CSB g/d	BSB g/d	Liter/d
häusliches Abwasser	1 EW	100	60	200
Droga d.d.	1 EW	477	296	200
Ogledna d.d.	1 EW	300	200	200
Fish Farm Goricar	1 EW	198	146	200
Sampionka d.d.	1 EW	171	69	200

Tabelle 58: Vergleich der organischen Belastung betriebsspezifischer Prozesswässer mit häuslichem Abwasser

In der Gegenüberstellung ergeben sich somit für vergleichbare Abwassermengen erhöhte organische Belastungen bis zu Faktor 5.

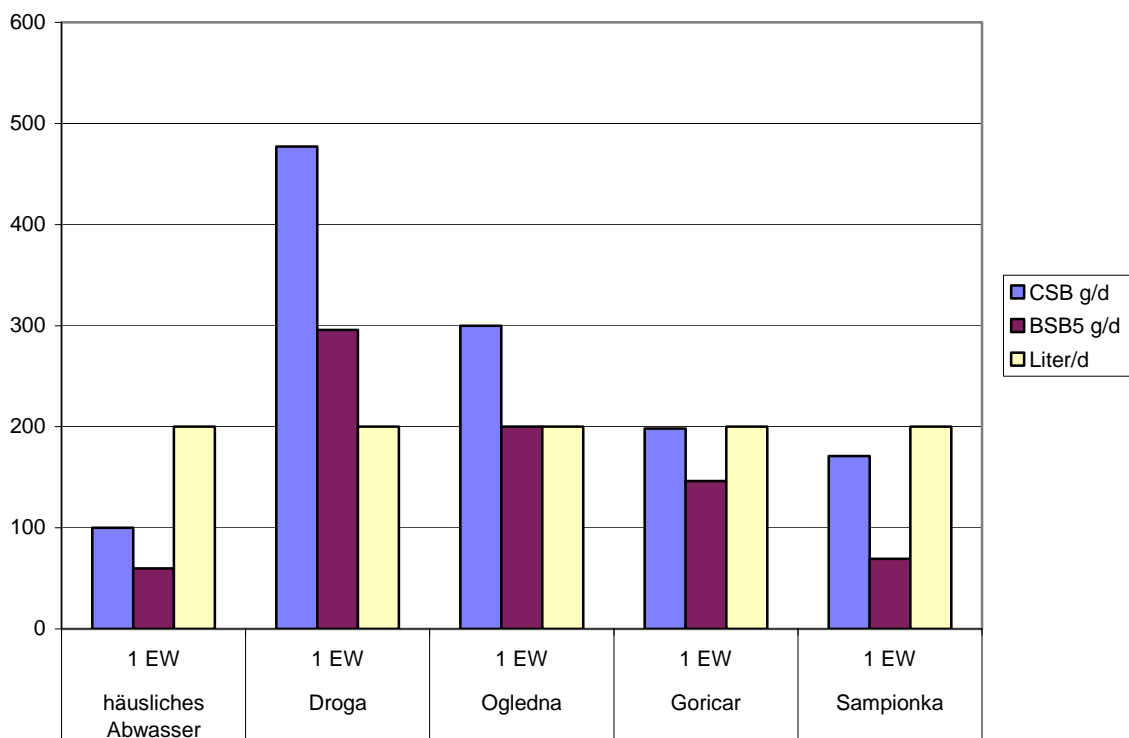


Abbildung 61: Vergleich der organischen Belastung betriebsspezifischer Prozesswässer mit häuslichem Abwasser

Bei Anwendungen von Pflanzenkläranlagen in der kommunalen Abwasserreinigung wird als Dimensionierungsgrundlage von einer Bemessung über das Volumen oder Oberfläche ausgegangen:

	Bemessungsart	Einheitswert	Einheit
1	Bemessung über das Volumen	5	m ³ / EW
2	Bemessung über die Oberfläche	5	m ² / EW

Tabelle 59: Bemessungsgrundlage für Pflanzenkläranlagen

Die Beete haben eine Tiefe von 0,9-1,2 m, im Normalfall 1,1 m. Die Bemessung mit 5 m³/EW (Methode 1) entspricht also einer Fläche von 4,2 bis 5,5 m² pro EW. Die Bemessung nach Methode 2 ergibt bei 1,1 m Beettiefe eine um etwa 10 % größere Fläche der Beete als Methode 1. Die realisierten bzw. geplanten Pilotanlagen der slowenischen Betriebe wies im Vergleich dazu zum Teil deutlich geringere Flächenansätze auf. Sie variierten zwischen 0,8 bis 5,5 m²/EW. Die Kapazitätsgrenzen der naturnahen Abwasserbehandlung resultieren, weniger aus technischen Probleme, sondern sind eher durch den Flächenbedarf und den hieraus resultierenden Investitionskosten bedingt. Dieses Faktum wurde bei der Konzeption der Pilotanlagen berücksichtigt. Die Flächen der Pflanzenfilter variierten zwischen 153 m² und 1500 m².

	Fläche m ² /EW	Volumen m ³ /EW
Droga d.d.	0,8	0,5
Ogledna d.d.	1,3	0,9
Sampionka d.d.	3,5	2,2
Fish Farm Goricar	5,5	3,7

Tabelle 60: Bemessungsansätze der Pilotanlagen

Die spezifischen Errichtungskosten basierend auf österreichischen Kostensätzen, ohne Anlagenteile zur Vorreinigung der Abwässer, lagen zwischen € 81,-- und € 589,-- pro EW.

	Kosten /EW	Kosten/m ³ Abwasser/a	Kosten/m ² *EW
Droga d.d.	€ 81,3	€ 5,5	€ 101,6
Ogledna d.d.	€ 143,2	€ 6,3	€ 110,1
Fish Farm Goricar	€ 589,0	€ 18,1	€ 100,3
Sampionka d.d.	€ 351,0	€ 7,0	€ 107,1

Tabelle 61: Errichtungskosten der Pilotanlagen

Ein Vergleich der Reinigungseffizienz der Pilotanlagen ist aufgrund der unterschiedlichen Situation im Einzelfall schwierig. Generell kann festgestellt werden, dass in allen realisierten Pilotanwendung durch die Inbetriebnahme der Anlagen die Abwassersituation der Betriebe deutlich verbessert werden konnte. Die Wirkungsgrade der Anlagen lagen in einer Größenordnung zwischen 66 % und 95 % für den CSB-Abbau und zwischen 61 % und 96 % für den BSB₅-Abbau. Trotz der deutlichen Verbesserung der Abwasserqualität nach den Abwasserreinigungssystemen, konnte lediglich die Anlage des Fischverarbeitungsbetriebes Goricar, den Vorgaben sowohl des slowenischen als auch des österreichischen Wasserrechts hinsichtlich Emissionsbegrenzungen gerecht werden.

Limitierend auf die durchschnittliche Reinigungseffizienz wirkten einerseits spezifische Abwasserinhaltsstoffe und andererseits die gewählten Flächen bzw. Raumbelastungen.

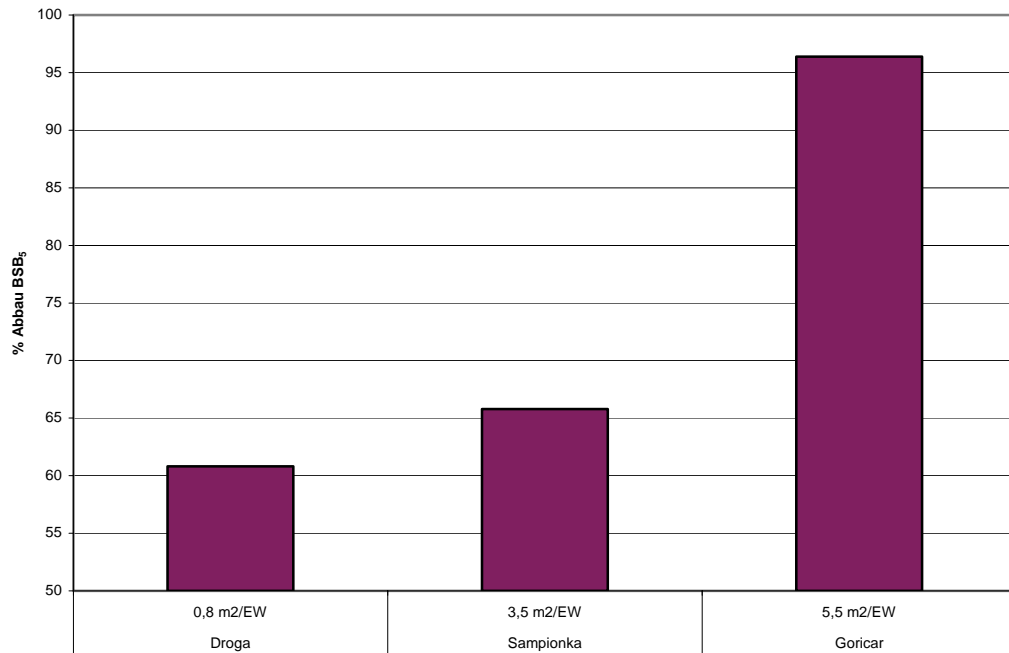


Abbildung 62: Vergleich der durchschnittlichen Reinigungsleistungen der Pilotanlagen in Abhängigkeit der Flächenbemessung.

Aus technischer Sicht zeigen vorliegende Untersuchungsergebnisse, dass die erfolgreiche Anwendung von Pflanzenkläranlagen zur Industrieabwasserreinigung grundsätzlich abhängig ist von der Abwasserzusammensetzung und der Anlagenbemessung. Abwasserinhaltsstoffe die entweder abhängig von ihren molekularen Eigenschaften oder aufgrund erhöhter Konzentration biologische Abbauprozesse nachhaltig negativ beeinflussen müssen entweder durch innerbetriebliche Maßnahmen oder gezielten Vorreinigungsschritten aus dem Abwasserstrom entfernt werden. Diesbezüglich sind im Einzelfall Voruntersuchungen zur biologischen Abbaubarkeit einzelner Abwasserchargen notwendig.

Bau und -Konstruktionsmerkmale von Pflanzenkläranlagen für den Einsatz zur Industrieabwasserreinigung sollen im wesentlichen den Anforderungen einschlägiger Regelwerke entsprechen (ATV-Richtlinie A262, ÖNORM B2502-01). Abweichungen in der Bemessung hinsichtlich im Flächenbedarf und Raumvolumen sind aufgrund der praktischen Erfahrungen nur eingeschränkt zielführend. Unter Berücksichtigung sämtlicher Untersuchungsergebnisse inklusiver der Betrachtung der Auslastungssituation der Pilotanlage der Fa. Droga d.d. bei den unterschiedlichen Verarbeitungslinien, zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen dem Wirkungsgrad und Flächenbelastung der Pflanzenkläranlagen. Zur Einhaltung der Emissionsstandards bei Direktleinleitern ist von Wirkungsgraden auszugehen, die einer Bemessung von mindestens 5 m²/EW bedürfen.

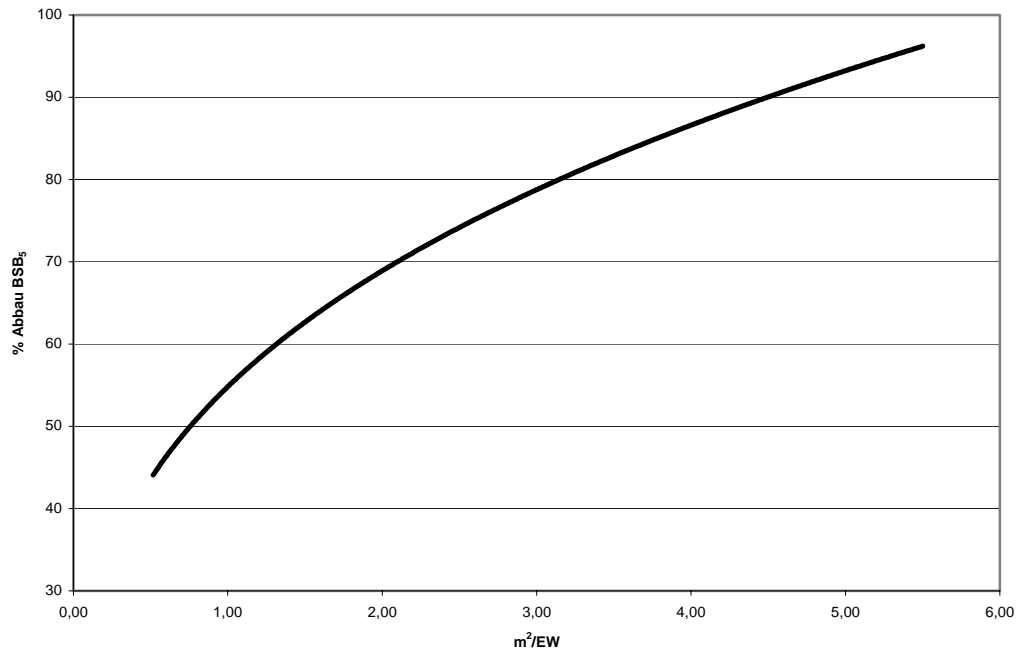


Abbildung 63: Zusammenhang zwischen Reinigungseffizienz und Flächenbelastung

Bei Indirekteinleitern ist in der Auslegung einer Pflanzenkläranlage eine Wirtschaftlichkeitsberechnung einzubeziehen, der ein Vergleich zwischen Dimensionierungskriterien, ökologischen Anforderungen und Abwassergebühren zugrunde liegen sollte.

Als zusätzliche Optimierungspotentiale im Betrieb von Pflanzenkläranlagen bieten sich Maßnahmen zur Verhinderung und Pufferung von Belastungsspitzen sowie eine effizienteren Nutzung der Filterkörper durch optimierte Verteilungssysteme an.

Trotz dem beachtlichen Reinigungspotential von Pflanzenkläranlagen für organisch hoch belasteten Abwässern, wie in dem vorliegenden Projekt gezeigt werden konnte, wurden gleichzeitig auch die Grenzen dieses Abwasserreinigungssystem aufgezeigt. Aufgrund der im Projekt gesammelten Erfahrungen werden künftige Einsatzbereiche und Anwendungen von Pflanzenkläranlagen zur Industrieabwasserreinigung wie folgt eingeschätzt:

- ≠ Die Einsatzbereiche von Pflanzenkläranlagen als singuläres betriebliches Abwasserreinigungssystem sind beschränkt. Umsetzungen im Einzelfall sind möglich, werden allerdings nur für klein bis mittelständische Betriebe zielführend sein.
- ≠ Ein weitaus größeres Anwendungspotential von Pflanzenkläranlagen zur Industrieabwasserreinigung wird in Kombination mit Trennsystemen zur Abwasservorbehandlung

gesehen. Die Verknüpfung und technische Anpassung verschiedener Systeme mit Pflanzenkläranlagen in Kombination mit einer gesamtheitlichen Effizienzbeurteilung und Umweltkostenrechnung wird künftig einen Schwerpunkt weiterführender Optimierungsschritte darstellen.

≠# Unabhängig davon, zeigen die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse, dass der Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur betrieblichen Abwasserreinigung in Ländern mit einem deutlichen Rückstand in der Abwasserentsorgung, wie z.B. im überwiegendem südosteuropäischen Raum gegeben, zu einer signifikanten Verbesserung der Umweltsituation führt und aus betriebswirtschaftlicher Sicht umsetzbar ist.

8 DOKUMENTATION UND VERBREITUNGSSTRATEGIEN

Vorträge, Präsentationen, Berichte

STUHLBACHER, A. (2000). Effizienz von Kleinkläranlagen im internationalen Vergleich. Workshop „Europäische Entwicklung des Abwassermarktes“, Hartberg 23.11.2000

Diskussion der Einsatzbereiche von Pflanzenkläranlagen im internationalen Konnex

STUHLBACHER, A. (2001). Constructed wetlands (CW) for industrial waste water treatment and re-use. Meeting of the EUROENVIRON NEPL Group, 22./23. März 2002, Graz

Vorstellung des Projektinhaltes und Detailergebnisse vor den nationalen Koordinatoren des EUREKA EUROENVIRON umbrella.

Mai 2003: EUREKA Endbericht: Constructed Wetlands for Industrial Wastewater Treatment and Water reuse

In Vorbereitung

Publikation: The use of constructed wetland for wastewater treatment from vinegar and detergent industry, zur Einreichung in *Journal of Phytoremediation* vorgesehen

Publikation: Pflanzenkläranlagen zur industriellen Abwasserreinigung, zur Einreichung in der Zeitschrift *Korrespondenz Abwasser* vorgesehen

In Planung

Teilnahme an der 7th INTECOL International Wetlands Conference, 25-30 July 2004 in Utrecht, The Netherlands, Posterpräsentation

Workshop

Gemeinsam mit der ARGE Erneuerbare Energie, Gleisdorf ist für den Herbst 2004 ein internationaler Workshop zum Thema Pflanzenkläranlagen in der Steiermark in Planung. Im Rahmen dieser Veranstaltung sollen wesentliche Erkenntnisse aus dem Projekt vorgestellt werden.

Folgeaktivitäten

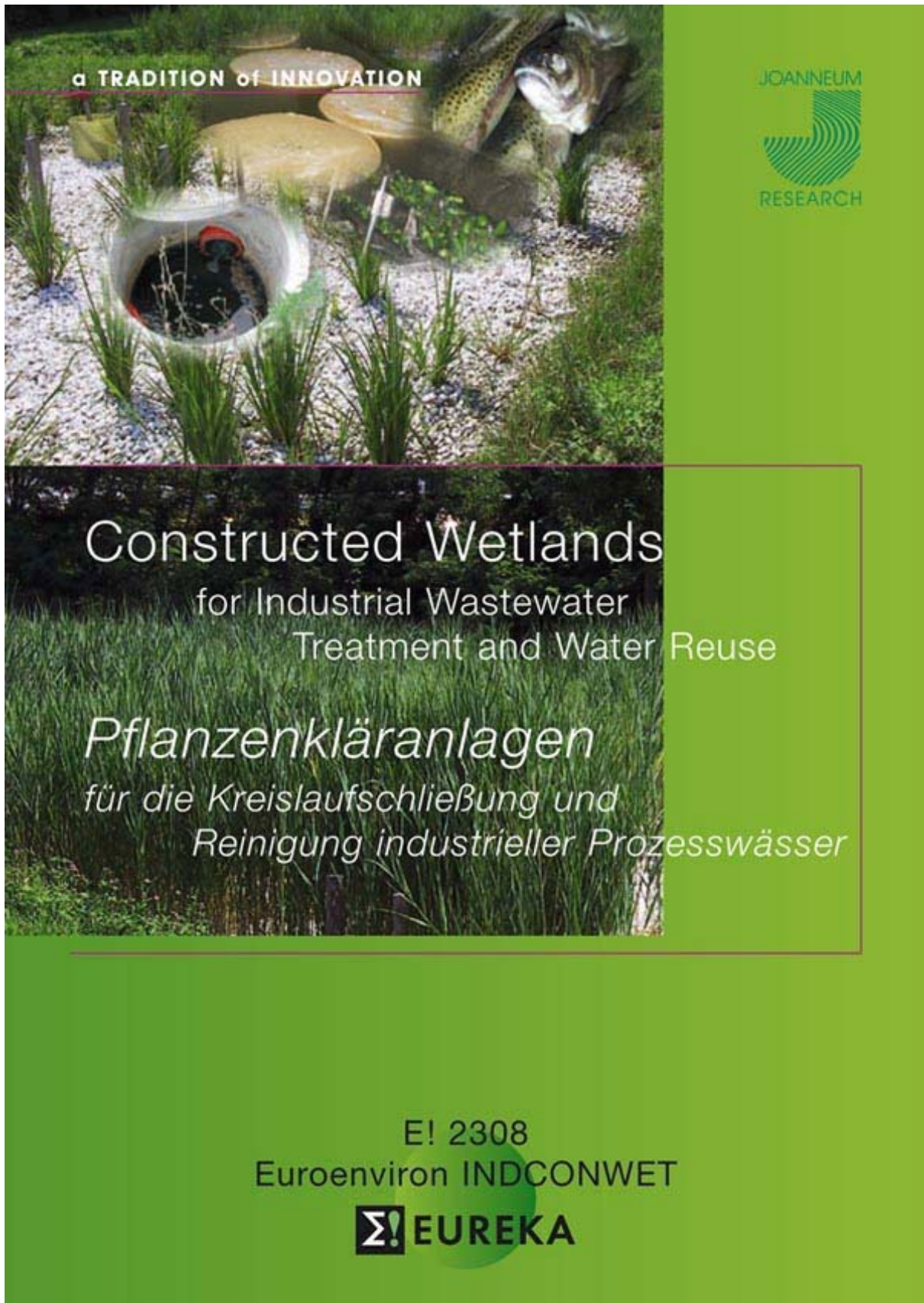
€# Gemeinsam mit der ARGE Erneuerbare Energie, Gleisdorf, ist die Durchführung eines Umsetzungsprojektes in der Steiermark geplant, dass durch Mittel der Europäischen Regionalförderung, finanziert werden soll. Diesbezüglich wurden Gespräche mit der Abteilung Wissenschaft und Forschung der Steiermärkischen Landesregierung geführt. Als erster Realisierungsschritt wurde ein Antrag zur Durchführung einer Potentialstudie für den Einsatz von Pflanzenkläranlagen zur Reinigung nicht kommunaler Abwässer in der

Steiermark eingebracht. Die daraus generierten Datengrundlagen sollen die Basis für die Entwicklung von konkreten Umsetzungsprojekten mit Partnern aus der Wirtschaft bilden.

€# Beteiligung an einem internationalen Umsetzungsprojekt im 6. EU-Rahmenprogramm in der thematischen Priorität: Cooperative Research Projects (CRAFT) for SME specific activities

Projektfolder

Zur Dokumentation des Projektes und Information zum Themenbereich wurde nachstehender Projektfolder entwickelt, der diesem Projektendbericht im Original beigelegt ist.



TRADITION of INNOVATION

JOANNEUM
RESEARCH

Constructed Wetlands
for Industrial Wastewater
Treatment and Water Reuse

Pflanzenkläranlagen
für die Kreislaufschließung und
Reinigung industrieller Prozesswässer

E! 2308
Euroenviron INDCONWET

Σ! EUREKA



Project Intention

Constructed wetlands remove contaminants from wastewater through physical, chemical and biological processes using natural and artificial substrates and wetland plants. While this method has been successfully employed in the treatment of municipal wastewater for decades, little is known about the design and operation criteria needed to maximise its effectiveness for industrial application. The project aimed to show innovative and cost-effective strategies for the reduction and treatment of industrial effluents using constructed wetlands in line with the principle of sustainability.

Project Objective

In order to achieve the aim of sustainable wastewater treatment, innovative approaches were developed for selected enterprises in the food industry.

The experimental work aiming at an efficient yet cost-effective improvement of water quality was carried out in Slovenia, where at present only 30.6 per cent of industrial effluents are subject to treatment. Constructed wetlands were designed and built for different types of industrial wastewater and continuously monitored in order to optimise system performance.

Pilot plant data

- Size (related to COD loading): 30 to 2000 PE
- Specific volume: 0.5 to 3.1 m³/PE
- Investment costs (without pre-treatment facilities, based upon Austrian cost indices): € 80 to € 500/PE

The major research and development focus was on

- refining the understanding of nutrient transformation mechanisms
- biodegradability and immobilisation of pollutants
- design and operation criteria
- efficiency rates

These research efforts in the field of constructed wetlands were combined with investigations for specific process optimisation and economic feasibility.

Projektziel

In Pflanzenkläranlagen gelangen natürliche und künstliche Substrate sowie Sumpfpflanzen zum Einsatz, um Abwasser durch physikalische, chemische und biologische Prozesse von Verunreinigungen zu befreien. Während diese Methode in der kommunalen Abwasserbehandlung bereits seit Jahrzehnten erfolgreich angewendet wird, gibt es für den industriellen Bereich noch wenig Erfahrung. Ziel des Projektes war es daher, innovative und kostengünstige Strategien zu entwickeln, um industrielle Abwässer nach den Prinzipien nachhaltigen Wirtschaftens zu verringern und mit Hilfe von Pflanzenkläranlagen zu reinigen.

Projektarbeiten

Um das Ziel einer nachhaltigen Abwasserreinigung zu erreichen, wurden innovative Ansätze für ausgewählte Industriebetriebe aus dem Lebensmittelsektor entwickelt.

Die Feldversuche zur effizienten und kostengünstigen Verbesserung der Wasserqualität fanden in Slowenien statt, wo derzeit nur 30,6 Prozent des Industrieabwassers gereinigt werden. Im Rahmen des Projektes wurden Pflanzenkläranlagen für unterschiedliche industrielle Abwässer gebaut und mit Hilfe eines kontinuierlichen Monitoringprogrammes optimiert.

Die Daten der Pilotanlagen

- Ausbaugröße (bezogen auf CSB-Frachten): 30 bis 2000 EW
- Spezifisches Raumvolumen: 0,5 bis 3,1 m³/EW
- Investitionskosten (ohne mechanische Vorbehandlung, auf Basis österreichischer Kostensätze): € 80 bis € 500 /EW

Das Hauptaugenmerk der Forschungs- und Entwicklungsarbeit lag auf folgenden Punkten:

- Verfeinerung des Verständnisses der Nährstoff- und Schadstoffrückhalte-mechanismen
- Abbaubarkeit und Immobilisierung von Schmutzstoffen
- Konstruktions- und Betriebsweise
- Abbauraten

Die Arbeiten im Bereich der Pflanzenkläranlagen wurden durch Untersuchungen zur spezifischen Prozess-optimierung und wirtschaftlichen Machbarkeit ergänzt.



Project Results

The results of the case studies showed that constructed wetlands – whether as single or combined wastewater treatment steps – provide an appropriate solution for many industrial applications.

High reduction rates in pilot plants

A company producing pickles and spices (production volume approx. 3.500 t/a, wastewater volume approx. 80 m³/day) was equipped with a constructed wetland combined with a flotation facility for pre-treatment.

This measure proved extremely successful: the parameters Chemical Oxygen Demand (COD), Biological Oxygen Demand (BOD₅) and Total Organic Carbon (TOC) were reduced by an average of 69% to 77%.

A company breeding trout and salmon in amounts of 70 tonnes per annum even reached average reduction rates of more than 90% for COD and BOD₅.

Accompanying measures

Workshops were held in the companies to collect all relevant production data in a "quick scan" for a detailed material and energy flow analysis. The main features of environmental management accounting (EMA) were outlined on the basis of the data collected and an in-depth introduction to clean and sustainable production. The project concluded with the collection and appraisal of the companies' environmental cost data.

Project Benefit

The results of the project will

- enable further optimisation of the performance efficiency of constructed wetlands,
- facilitate profitability calculations, and
- offer guidance for the treatment of specific industrial effluents using constructed wetlands.

Projektergebnisse

Die Ergebnisse zeigten, dass Pflanzenkläranlagen – egal ob als alleiniges oder kombiniertes Reinigungssystem – eine effiziente Lösung für viele industrielle Anwendungen darstellen.

Hohe Reduktionsraten in Pilotanlagen

Bei einem Sauergemüse- und Gewürzproduzenten (Produktionsmenge ca. 3.500 t/Jahr, Abwassermenge ca. 80 m³/Tag) wurde eine Pflanzenkläranlage mit einer Flotationsanlage zur Vorbehandlung installiert.

Das Ergebnis: die Parameter Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB₅) und Organischer Kohlenstoff (TOC) wurden im Schnitt um 69% bis 77% reduziert.

Ein Fischverarbeitungsbetrieb mit einer jährlichen Produktion von 70 Tonnen zeigte sogar Reduktionsraten von über 90% für CSB und BSB₅.

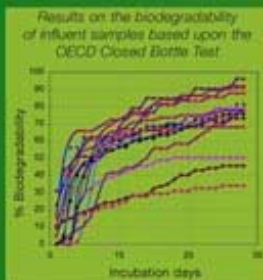
Begleitende Maßnahmen

Im Zuge eines Workshops in den jeweiligen Firmen wurden zur Erstellung einer Material- und Energieflussanalyse alle relevanten Produktionsdaten in einem Quick-Scan erhoben. Basierend auf den gesammelten Daten sowie den Ausführungen zu Cleaner Production und nachhaltiger Entwicklung wurden daraufhin die Grundzüge des Umweltcontrolling (Environmental Management Accounting, EMA) erläutert und durch eine abschließende Erhebung und Bewertung der umweltrelevanten Kosten ergänzt.

Projektnutzen

Die Ergebnisse des Projektes erlauben

- die weitere Optimierung der Reinigungsleistung von Pflanzenkläranlagen
- Wirtschaftlichkeitsberechnungen
- die Erstellung von Leitlinien zur Reinigung spezieller industrieller Abwässer mit Pflanzenkläranlagen



JOANNEUM RESEARCH
Forschungsgesellschaft mbH
Sleyergasse 17
A-8010 Graz, Austria
ISO 9001:2000 certified

Project Partners

● AUSTRIA

JOANNEUM RESEARCH
Institute of Sustainable Techniques and Systems
Mauritzer Hauptstraße 3
A-8130 Frohnleiten, Austria



● SLOVENIA

LIMNOS d.o.o.
Company for Applied Ecology
Podlimbarskega 31
1100 Ljubljana, Slovenia

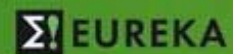


● CROATIA

BIECO, Environmental Protection
Adamićeva 18/11
51000 Rijeka, Croatia



The project has been officially accepted by EUREKA and was awarded an internationally recognised quality label for technological innovation



The Austrian part was funded by Federal Ministry of Transport, Innovation and Technology



Contact

JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft mbH
Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme – Ökosystemtechnik
Mauritzer Hauptstraße 3, A-8130 Frohnleiten, Austria
Phone +43 316 876-1381
Fax +43 316 876-1322
nts-ökotechnik@joanneum.at
www.joanneum.at/nts

JOANNEUM RESEARCH, one of Austria's largest institutions in the field of applied research and development, offers its expertise to business, industry and administration. With a staff of more than 370 highly skilled experts JOANNEUM RESEARCH is active at national and international levels in all important sectors of innovation.

9 LITERATUR

- AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API) 1998: The Use of Treatment Wetlands for Petroleum Industry Effluents. Prepared for the API Biomonitoring.– API Publication No. 4672. Washington, D. C.
- ATV 1985: Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik. 3. Aufl. 1985; Bd. V, VI, VII
- BAHLO K. & WACH G. 1992: Naturnahe Abwasserreinigung: Planung und Bau von Pflanzenkläranlagen.- Staufen bei Freiburg.
- BAUER S. 1995: Kanalabgaben in den steirischen Gemeinden, Hrsg.: Kammer für Arbeiter und Angestellte Steiermark, Ressort für Wirtschaftspolitik und Statistik, Mag. Susanne Bauer, Peter Platzer, 1995.
- BERNA L. J., MORENO, A. & FERRER, J. 1990: The behaviour of LAS in the environment. J. Chem. Tech. Biotechnol., 50, 387-398.
- BGBL 1078/1994: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Obst- und Gemüseveredelung sowie aus der Tiefkühlkost- und Speiseeiserzeugung.
- BGBL 1081/1994: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Sauergemüse.
- BGBL II NR. 11/1999: Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Milchbearbeitung und Milchverarbeitung (AEV Milchwirtschaft)
- BGBL II NR. 214, 2000: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Herstellung von Seifen, Wasch-, Putz- und Pflegemitteln (AEV Wasch- und Reinigungsmittel)
- BGBL NR. 1075/1994: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Anlagen zur Erzeugung von Fischprodukten (Fischproduktionsanlagen).
- BGBL NR. 183/1991: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Milchbe- und -verarbeitung. - bereits außer Kraft.
- BGBL NR. 300/1984: Umweltverträglichkeit von Waschmitteln
- BGBL. II NR. 12/1999: Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Schlachtung und Fleischverarbeitung. (AEV Fleischwirtschaft)
- BGBL. NR. 537/1993: Abschnitt V: Abänderung der Verordnung betreffend der Begrenzung von Abwasseremissionen aus Milchver- und -bearbeitungsbetrieben. - bereits außer Kraft.
- BMZ 1996 (Hrsg.) Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung Umwelt-Handbuch - Arbeitsmaterialien zur Erfassung und Bewertung von Umweltwirkungen- Umweltkatalog Molkereien.
- BÖRNER T. 1992: Einflussfaktoren für die Leistungsfähigkeit von Pflanzenkläranlagen. Schriftenreihe WAR 58, Vereinigung zur Förderung des Instituts für Wasserversorgung TU Darmstadt
- BOUTIN C., LIENARD A., ESSER D. 1996: Development of a new generation of reed-bed filters in France: First results. - 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control. Proceeding, 795-798. China.
- BRIX H. 1996: Role of macrophytes in constructed treatment wetlands.– In: 6th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Proceedings, S. 1-6, Aguas de Sao Pedro, SP Brazil.
- BUNDESANSTALT FÜR MILCHWIRTSCHAFT 2000: Jahresbericht 2000 der Österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Wolfpassing

- BURIAN 1973: *Phragmites communis* Trin. im Röhricht des Neusiedler Sees. Wachstum, Produktion und Wasserverbrauch.- In: ELLENBERG H., Ökosystemforschung.
- CAVALLI L., CASSANI, G & LAZZARIN, M. 1996: Biodegradation of linear alkylbenzene sulphonate (LAS) and alcohol ethoxylate (AE). *Tenside Surf. Det.* 33, 2, 158-169.
- COOPER P. F. & al. 1996: Reed beds and constructed wetlands for wastewater treatment.– WRc plc. Swindon, Großbritannien.
- DE MAESENEER J. L. 1993: Results of trial on the purification of abattoir wastewater by vertical movement through soil. IAWQ Specialist group on the use of macrophytes in water pollution control, Newsletter:13-21.
- DONNERHACK W. 1991: Abwasserbehandlung in der Lebensmittelindustrie. - *Korr. Abw.* 3/91 38. Jhg.: 432 - 435
- EAKIN 1993: Conversion of Fermentable Carbohydrates to Acrylate Esters–Lactic Acid and Lower Alkyl Acrylates Production, David E. Eakin, Richard T. Hallen, Charles A. Rohrmann, Paul C. Walkup, Patent, 1993, www.pnl.gov/cbpd/biobasepubs.htm
- EU RICHTLINIE RL 76/464/EWG: Richtlinie zur Vermeidung und Verminderung von Gewässerbelastungen.
- EU RICHTLINIE RL 91/271/EWG 1991: Richtlinie zur Behandlung von kommunalem Abwasser.
- EU RICHTLINIE RL 96/61/EG: Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung von Umweltverschmutzungen (IPPC).
- FEES U. 1992: Entwicklung der unterirdischen Biomasse von Schilf in einer Pflanzenkläranlage. Diplomarbeit TU Weihenstephan.
- FINLAYSON C., RICHARDSON C. J. 1990: Treating poultry abattoir and piggery effluents in gravel trenches. - In: COOPER P.F. (Hrg.), 2nd International conference on wetland systems for water pollution control, proceedings pp 559-562 Cambridge, UK.
- FINLYSON C. M., VON OERTZEN I, CHICK A. J. 1990: Iron and manganese fractionation in constructed wetlands receiving acid mine drainage. - In: Cooper P.F (Hrsg.), 2nd International Conference on Wetland Systems for Water pollution Control, Proceedings. 559-562.- Cambridge.
- FLAMISCH N. 1995: Pflanzenkläranlagen in Österreich: Grundlagen, Erfahrungen, Bemessung, Bau und Betrieb. Diplomarbeit.– Universität für Bodenkultur Wien.
- FRAUNHOFER 1999: Membrantrennprozesse in der Nahrungsmittelindustrie http://www.umsicht.fhg.de/WWW/UMSICHT/Produkte/U/pdf/jb_99_ut_30.pdf
- GERNAT, U. (2001): Untersuchungen des Einsparpotentials in der sauregemüseverarbeitenden Industrie am Beispiel eines Kleinbetriebes, Diplomarbeit, Montanuniversität Leoben
- GESSNER F. 1985: Hydrobotanik. Die physiologischen Grundlagen der Pflanzenverbreitung im Wasser. II Stoffhaushalt.- Berlin.
- GRIES C., KRETZSCHMAR R. & WIDMOSER P. 1991. Die Bedeutung von *Phragmites australis* für die Abwasserbehandlung in einer Wurzelraumanlage.- *Wasser und Boden* 5, S. 280-295.
- GRÜNEBERG B., KERN J. 2000: Vorversuche zur Entwicklung eines Bewachsenen Bodenfilters zur weitergehenden Reinigung von Molkereiabwasser der Agrargenossenschaft Münchehofe. Abschlussbericht im Auftrag In-Vitro-tec, Berlin
- HASSELGREN K. 1989. Sweden, Research Projects.– IAWPRC Specialist group on the use of macrophytes in water pollution control, Newsletter, 1, S. 60.
- HOFMANN K. 1992. Entwässerung und Vererdung von Klärschlamm in Schilfbeeten.- Stuttgart.

- HORTON B. 2001: Update on technologies for the fractionation and concentration of whey, B. Horton, Horton International, Inc., 2001, 3rd International Whey Conference, Munich, <http://www.iwc-2001.org/deutsch/pages/press.pdf>
- HUNTER, BIRKBECK, COOMBS 1993: Innovative marsh treatment systems for control of leachate and fish hatchery wastewaters. In: MOSHIRIS G. A. (Hrsg.): Constructed wetlands for water quality improvement. Lewis Publishers. Boca Ration. Florida
- JAKOBI, G., LÖHR, A. 1987: Detergents and Textile Washing - Principle and Practice. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim.
- KERSTEN, M. 2001: Proteinfractionierung mittels Membrantrennverfahren, Dissertation Technische Universität München.
- KNIGHT R. L., KADLEC R. H. & OHLENDORF H. M. 1999. The Use of Treatment Wetlands for Petroleum Industry Effluents. – Environmental Science & Technology. Vol. 33. 7: 973-980.
- MAYER H. R. 1994: Stand der Technik von Pflanzenkläranlagen in Europa, Diplomarbeit.– Universität für Bodenkultur Wien.
- OBST U., HOLZAPFEL-PSCHORN A. 1988: Enzymatische Tests für die Wasseranalytik. Oldenbourg, München
- OJO O.E. & MASHAURI D.A. 1996: Uptake of heavy metals in the root-zone of Msimbazi reeds.– In: 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Proceedings, XI/2, S. 1-7, Vienna.
- ÖSTAT 1996: Österreichisches Statistisches Zentralamt. Industriestatistik Teil 2.
- OUESLATI M.A., HADDAD M. & THAYER B. 1996: Phenol uptake by *Juncus fontanesii*. – In: 5th International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control, Proceedings, Poster 23, S. 1-4., Wien.
- ÖWAV REGELBLATT 4, 2001: Hinweise für das Einleiten von Abwasser aus Betrieben in eine öffentliche Kanalisation. Wien
- ÖWAV REGELBLATT 12, 1982: Hinweise für das Einleiten von Abwasser aus milchbearbeitenden und -verarbeitenden Betrieben in eine Abwasseranlage. Wien
- ÖWAV REGELBLATT 3, 1992: Hinweise für das Ableiten von Abwasser aus Schlachthanlagen und fleischverarbeitenden Betrieben in eine Abwasseranlage. Wien
- PAARMANN 1984: Was kann beim Einsatz höherer Pflanzen zur Abwasserreinigung erwartet wurden? Korrespondenz Abwasser 31, 135-156
- POSCH A. 2000: Innovative Wasserwirtschaft - kommunale Abwasserbehandlung aus ökonomischer Sicht. Deutscher Universitätsverlag
- PUSSARNIG C. 2000: Pflanzenkläranlagen für die Kreislaufschließung und Reinigung industrieller Abwässer und anderer nicht kommunaler Abflüsse. KF-Uni Graz, Diplomarbeit.
- REINHOFER M. 1997: Klärschlammvererdung mit Schilf. Die Rolle des Schilfs bei Vererdungsvorgängen.- Diss. Univ. Graz.
- RIVERA F. & AL 1996: The application of the root zone method for the treatment and reuse of high-strength abattoir waste in Mexico - In: 5th International conference on wetland systems for water pollution control, proceedings, X/4: 1-8 Vienna
- RIVERA F. & AL. 1995: The application of the root zone methode for the treatment and reuse of high-strength abattoir waste in Mexico. IAWQ Specialist group on the use of macrophytes in water pollution control. Newsletter. 12: 9-11.
- RODEWALD-RUDESCU L. 1974: Das Schilfrohr, *Phragmites communis* Trin. - Die Binnengewässer.- Einzeldarstellungen aus der Limnologie und ihren Nachbargebieten. 27.- Stuttgart.

- SAMHABER W., 2001: Industrielle Membrantrennverfahren: Theorie, praktische Anwendungen und Kosten, Seminarunterlagen - Linzer Membranseminar 2001, Institut für Verfahrenstechnik, 09/2001
- SCHÖBERL, P. 1995: Alkylbenzolsulfonate (LAS) - Monitoring. Teil II: Hauptstudie an der Chemnitz, am Teltow-Kanal, an der Isar, Wupper und Leine. Tenside Surf. Det. 32, 1, 25-35.
- SCHUCHARDT F., EBERMAIER A 1994: Untersuchungen zur Kompostierung von Flotat aus Schlachthofabwasser. In: Korr. Abw. 10/94, 41 Jhg. 1812-1818.
- SEIDL K. 1977: Öleliminierung aus belasteten Gewässern.- Naturwissenschaften, 64, 487, Heidelberg.
- STATISTIK AUSTRIA 2001: Schriftliche Mitteilung zur Stichprobenerhebung 1999.
- STEIERMÄRKISCHE LANDESREGIERUNG 2001: Mündliche Mitteilung
- STEINLECHNER E., ROBRA K.-H. 1997: Marktstudie Industrielle Abwasserreinigungstechnik in Österreich. unveröff. Ber. JOANNEUM RESEARCH.
- TOMEK 1997: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. mündl. Mitteilung.
- TRITT W.P., SCHUCHARDT D., HÜGIN D. 1991: Stoffströme und Entsorgungsmöglichkeiten der flüssigen und festen Abfallstoffe von Schlachtbetrieben. In: Korr. Abw. 9/91, 38 Jhg. 1199-1211.
- UNEP 2001: The UNEP Working Group for Cleaner Production in the Food Industry Fact Sheet Food Manufacturing Series, <http://www.geosp.uq.edu.au/emc/CP/Res/facts/FACT2.HTM>
- VDI 2001: Auto fahren mit Molke, VDI Nachrichten 11.05.2001, S. 28
- WETZEL R. G. 1993. Constructed Wetlands: Scientific foundations are critical.– In: MOSHIRI G. A. (Hrsg.), Constructed Wetlands for Water Quality Improvement.– Boca Raton, Florida.
- WISSING F. 1995: Wasserreinigung mit Pflanzen.- Stuttgart.
- WITT H. 1993: Repositionspflanzen - neue Chancen für den Gartenbau.- Gärtnerbörse, Gartenwelt 40/93, Aachen.
- WOOD & MCATAMNEY C. F. 1996: Constructed wetlands for waste water treatment: The use of Laterite in the bed medium in phosphorus and heavy metal removal. - Hydrobiologia 340: 323-331. Belgium.
- ZÜST B. & SCHÖNBORN A.1994: Naturnahe Reinigung von Käsereiabwasser. - Zentrum für angewandte Ökologie Schattweid.

10 ANHANG

10.1 Präsentationsunterlagen – Cleaner Production Workshop

JOHANNKEUM
RESEARCH

Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

WORKSHOP

Saubere und Nachhaltige Produktion - Umweltschutz aus Eigennutz

Seite 1

INNOVATION aus TRADITION

JOHANNKEUM
RESEARCH

Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Was heißt Abfallverminderung

$A = E - P$

Seite 2

INNOVATION aus TRADITION

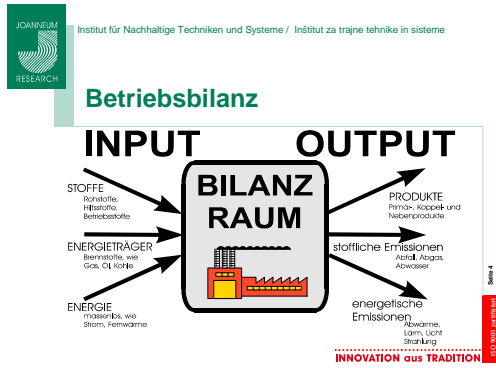
JOHANNKEUM
RESEARCH

Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Vorsorgender, produktionsintegrierter, unternehmensspezifischer Umweltschutz berücksichtigt Ihre:

Seite 3

INNOVATION aus TRADITION



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

1. GRUNDSATZ

Vom Symptom zur Quelle

Seite 5

INNOVATION plus TRADITION

Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

ALLES, WAS SICH IM MÜLLEIMER BEFINDET WAR VORHER IM EINKAUFSKORB

Seite 6

INNOVATION plus TRADITION

Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

2. GRUNDSATZ

Weniger Abfälle durch weniger Einsatzstoffe

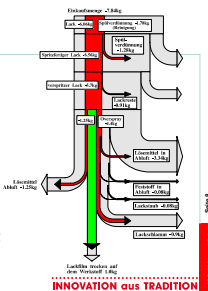
Seite 7

INNOVATION plus TRADITION



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

- Ein Vergleich mit der besten verfügbaren Technik zeigt die Schwachstellen
- Die Stoffstromverfolgung ermöglicht das Feststellen der "Erzeugungskosten" der Abfälle und Emissionen
- ÖKO-Effektivität: eine möglichst gute Nutzung reduziert Emissionen



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Wirtschaftliche Überlegung



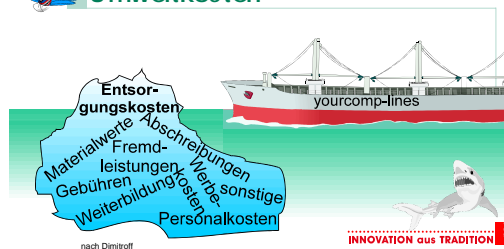
Abfälle zu entsorgen ist teuer,
Abfälle herzustellen aber noch
viel mehr !

INNOVATION plus TRADITION



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Versteckte und offensichtliche Umweltkosten



INNOVATION plus TRADITION



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Umsetzungen von Maßnahmen durch Änderungen auf verschiedensten Ebenen

- Good Housekeeping
- Änderung der Roh- und Betriebsstoffe
- Produktänderungen
- Neue Technologien
- Energieeffizienz
- interne Kreislaufschließungen
- Abfall- und Altstoffmanagement

INNOVATION plus TRADITION



Institut für Nachhaltige Techniken und Systeme / Institut za trajne tehnike in sisteme

Öko-Effizienz

- Abfälle und Emissionen sind teuer eingekaufte Materialien, die nicht in verkaufbare Produkte umgewandelt wurden

Seite 12

INNOVATION plus TRADITION