

Masterarbeit

Innerbetriebliches Abwassermanagement

erstellt für

Mondi Bags Austria GmbH

Vorgelegt von:

Stefanie Yvonne Köberl
0435148

Betreuer/Gutachter:

O.Univ.-Prof. Dipl.-Ing.Dr.techn. Karl Lorber
DI Hannes Menapace
DI Josef Adam
DI Hrvoje Sovic

Leoben, 03.05.2010

EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche erkenntlich gemacht habe.

DANKSAGUNG

An dieser Stelle möchte ich mich bei Herrn O. Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Karl Lober, Herrn DI Hannes Menapace und Herrn DI Josef Adam für die ausgezeichnete Betreuung meiner Diplomarbeit ganz herzlich bedanken. Sie sind mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite gestanden und haben mit Anregungen und Verbesserungsvorschlägen maßgeblich zur Qualität dieser Diplomarbeit beigetragen.

Für die Ermöglichung meiner Diplomarbeit in Ihrem Betrieb, sowie die ständige Diskussionsbereitschaft und Hilfsbereitschaft bei der Durchführung dieser Arbeit, möchte ich mich bei den Führungskräften und Mitarbeitern der Mondi Bags Austria GmbH, insbesondere bei Herrn DI Bernhard Peschek und Herrn Alexander Fink bedanken. Ganz besonders möchte ich mich auch bei Herrn DI Hrvoje Sovic für die Betreuung bei meinen Arbeiten im Betrieb, sowie die Hilfe bei der Durchführung meiner Datenerhebungen und die angenehme Zusammenarbeit bedanken.

Weiters bedanke ich mich bei den Mitarbeitern des Labors des Instituts für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik für die Durchführung der Abwasseranalysen.

Für die großartige Unterstützung bei meinem Studium und den außerstudentischen Tätigkeiten möchte ich mich bei meiner Familie und meinen Freunden bedanken. Mein ganz besonderer Dank gilt meinen Eltern die mir dieses Studium ermöglicht haben und mich auf meinem Lebensweg stets unterstütz und gefördert haben.

Kurzfassung

Innerbetriebliches Abwassermanagement

Mondi Bags Austria GmbH ist ein papierverarbeitender Betrieb, der Verpackungen für diverse Baustoffe, Lebensmittel, Chemikalien und andere Stoffe herstellt. Neben der Mondi Bags Austria GmbH sind am gleichen Standort drei weitere Betriebe angesiedelt. Die Mondi Coating GmbH, die Westwind Verpackung GmbH und die Napiag Kunststoffverarbeitung GmbH. Sie alle teilen sich gewisse Infrastrukturelemente, unter anderem auch die Wasserver- und Abwasserentsorgung.

Das am Standort anfallende Abwasser ist mit organischem und anorganischem Leim aus der Sackproduktion sowie Farbrückständen aus der Druckerei verunreinigt. Das gesamte Produktionsabwasser wird in einem zentralen Speicherbecken auf dem Gelände des Unternehmens gesammelt und in weiterer Folge in die Kläranlage des Abwasserverbands Raum Zeltweg eingeleitet.

Diese Arbeit stellt eine Bestandsaufnahme des innerbetrieblichen Abwassermanagementsystems dar. Anhand einer Stoffstromanalyse erfolgt eine Visualisierung der Gut- und Stoffströme. Des Weiteren wurden Vorschläge zur Optimierung der Probenahme und Abwasseranalyse bzw. mögliche Verfahren zur Abwasservorreinigung erarbeitet.

Abstract

In-plant wastewater-management

Mondi Bags Austria GmbH is a paper-processing company, which produces paper bags for various products, such as construction materials, food and chemicals. Besides the Mondi Bags Austria GmbH, three other companies are residing at the same site. Mondi Coating GmbH, Westwind Verpackung GmbH and Napiag Kunststoffverarbeitung GmbH. All these companies share certain parts of the infrastructure, one of them being the provision and disposal of water.

The wastewater is polluted with residues of organic and inorganic glue from the bag production as well as color-residues from the printing plant. The whole production-wastewater is collected centrally in a tank from where it is passed on into the sewage of the Abwasserverband Raum Zeltweg.

In course of this study, an analysis of the current wastewater-management-system was carried out. Based on a mass flow analysis the goods and material flows were visualized. Furthermore suggestions for the optimization of the sampling and analysis of wastewater as well as possible processes for the pre-cleaning of the wastewater were developed.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 EINLEITUNG.....	4
1.1 Problemstellung.....	5
1.2 Zielsetzung.....	5
2 PRODUKTIONSPROZESS MONDI BAGS AUSTRIA GMBH	6
3 WASSERVER- UND ABWASSERENTSORGUNG AM STANDORT	7
3.1 Verwendung des Technologiewassers.....	10
3.1.1 Verwendung Technologiewasser Mondi Bags Austria GmbH	10
3.1.2 Verwendung Technologiewasser Mondi Coating GmbH.....	12
3.2 Abwasserschächte und Kanalnetz.....	14
3.3 Wasserbilanz.....	16
4 EINFLUSSFAKTOREN ABWASSER	22
4.1 Produktionsprogramm	22
4.2 Klebstoffe	23
5 IST-STAND DER ABWASSERENTSORGUNG UND DER ABWASSERANALYSE.....	26
5.1 Abwasseranalyse	28
5.1.1 Probenahme	28
5.1.2 pH – Wert, Temperatur und Menge	29
5.1.3 CSB.....	29
5.1.4 Abfiltrierbare Stoffe	31
5.1.5 Absetzbare Stoffe	31
5.2 Ergebnisse der innerbetrieblichen Abwasseranalyse	31
5.3 Ergebnisse der halbjährlichen Abwasseranalyse durch die Gesellschaft für Analytische Chemie.....	33
6 VERSUCHSREIHE – ABWASSERUNTERSUCHUNG.....	38
6.1 Versuchsdurchführung	38
6.2 Ergebnisse der Versuchsreihe	39
6.3 Auswertung des Versuchs.....	44
6.4 Bilanzierung der Stoffströme	46
6.4.1 Wasserbilanz	47

6.4.2	CSB Bilanz	48
6.4.3	Klebstoffbilanz	49
7	MAßNAHMEN ZUR VERBESSERUNG DER ABWASSERQUALITÄT.....	54
7.1	Produktionsintegrierte Umweltschutzmaßnahmen MBA.....	54
7.2	Verbesserung der Abwasservorbehandlung MCZ.....	55
8	QUALITÄTSGESICHERTES PROBENAHMEKONZEPT FÜR DIE INNERBETRIEBLICHE ANWENDUNG	57
8.1	Instrumente der analytischen Qualitätssicherung.....	57
8.1.1	Personelle Optimierung	57
8.1.2	Optimierung der technischen Ausstattung	58
8.1.3	Interne Qualitätssicherung	58
8.1.4	Externe Qualitätssicherung.....	58
8.2	Untersuchungsverfahren	59
8.2.1	Probenahme	59
8.2.2	Probentransport und Konservierung	59
8.2.3	Probenvorbereitung	59
8.2.4	Analyse.....	60
8.2.5	Dokumentation	63
9	MÖGLICHE ABWASSERREINIGUNGSVERFAHREN.....	65
9.1	Anodische Oxidation.....	65
9.1.1	Ziel der Behandlung mittels anodischer Oxidation	66
9.1.2	Vorversuch	66
9.1.2.1	Versuchsauswertung	67
9.1.3	Versuchsreihe.....	68
9.1.3.1	Auslitern der Schlauchpumpe	68
9.1.3.2	Versuchsaufbau	68
9.1.3.3	Versuchsdurchführung.....	69
9.1.3.4	Versuchsauswertung	71
9.1.4	Vergleich Aufwand – Nutzen.....	74
9.2	Absetzbecken.....	74
9.2.1	Ausführung eines Absetzbeckens.....	76
9.2.2	Vergleich Aufwand – Nutzen.....	78
9.3	Absetzen in den lokalen Abwasserschächten	79
10	ERGEBNISSE / DISKUSSION.....	80
11	ZUSAMMENFASSUNG.....	83

12 VERZEICHNISSE	84
12.1 Literatur	84
12.2 Abkürzungsverzeichnis.....	86
12.3 Tabellen.....	87
12.4 Abbildungen	88
ANHANG	I
I. VORLAGE ARBEITSANWEISUNG	V

1 Einleitung

Wasser ist ein Rohstoff von überragender Bedeutung, vor allem weil der Bedarf an sauberem Wasser und einer sicheren Wasserversorgung rund um den Globus stetig wächst. Gleichzeitig leiden aber immer mehr Gebiete weltweit unter einer Wasserverknappung. Dabei ist Wasser neben seiner Verwendung als Lebensmittel auch in vielen Bereichen der Industrie als Roh-, Hilfs- und Betriebsstoff unabkömmlich. Daher ist es unerlässlich mit dieser wertvollen Ressource sorgsam umzugehen und eine nachhaltige Nutzung anzustreben. [1]

Nachhaltiges Handeln bedeutet laut Definition der Brundtland-Kommission der UN eine

"...dauerhafte Entwicklung, die den Bedürfnissen der heutigen Generation entspricht, ohne die Möglichkeiten künftiger Generationen zu gefährden, ihre eigenen Bedürfnisse zu befriedigen und ihren Lebensstil zu wählen" [2, S. 46].

Dies kann durch einen sparsamen Umgang mit der Ressource Wasser erreicht werden. Aber auch die Reinigung des anfallenden Abwassers stellt eine wichtige Maßnahme dar, um das Wasser vor seiner Einleitung in ein Fließgewässer möglichst wieder in den ursprünglichen Zustand zurückzusetzen.

Die Bedeutung der Abwasserreinigung und somit der Schutz, der dem Rohstoff Wasser zukommt, spiegelt sich in der Vielzahl an Gesetzen, Verordnungen und Richtlinien, die sich mit dieser Thematik auf europäischer, nationaler und regionaler Ebene beschäftigen, wider. Hier werden besonders an die Reinigung von Industrieabwässern immer höhere Ansprüche gestellt. Aber auch Umweltmanagementsysteme, Umweltzertifikate sowie ein Wandel im unternehmerischen Denken und Handeln haben dazu geführt, dass Unternehmen danach streben, die Auswirkungen ihrer Produktion auf die Umwelt zu minimieren. Dieser Wandel in der Unternehmenskultur wird oft auch unter dem Begriff Corporate Social Responsibility zusammengefasst. [1]

Im Brundtland-Bericht wird diese ganzheitliche Verhaltensänderung wie folgt beschrieben

"Im wesentlichen ist dauerhafte Entwicklung ein Wandlungsprozeß, in dem die Nutzung von Ressourcen, das Ziel von Investitionen, die Richtung technologischer Entwicklung und institutioneller Wandel miteinander harmonisieren und das derzeitige und künftige Potential vergrößern, menschliche Bedürfnisse und Wünsche zu erfüllen" [2, S. 49].

Im Bereich der Wassernutzung heißt das eine Balance, zwischen der zunehmenden Industrialisierung und der Wahrung des ökologischen Gleichgewichts, der Nutzung und dem Schutz dieser wertvollen Ressource für nachfolgende Generationen, zu finden.

Neben der Einhaltung von Grenzwerten durch die Behandlung des Abwassers mittels End-Of-pipe Technologien gewinnen Maßnahmen zur Vermeidung und Verminderung von

Abwasseremissionen durch prozess- und produktionsintegrierten Umweltschutz zunehmend an Bedeutung. Integrierter Umweltschutz stellt eine ökologisch effiziente und ökonomisch attraktive Möglichkeit dar, Produktionsprozesse zu optimieren. [3]

1.1 Problemstellung

Mondi Bags Austria GmbH ist ein papierverarbeitender Betrieb, der Verpackungen für diverse Baustoffe (z.B. Zement), Lebensmittel, Chemikalien und andere Stoffe herstellt. Neben der Mondi Bags Austria GmbH sind am gleichen Standort drei weitere Betriebe angesiedelt. Die Mondi Coating GmbH, die Westwind Verpackung GmbH und die Napiag Kunststoffverarbeitung GmbH. Sie alle teilen sich gewisse Infrastrukturelemente, unter anderem auch die Wasserver- und Abwasserentsorgung.

Im Herstellungsprozess werden bei Mondi Bags Austria GmbH für die Verklebung der Papiersäcke organische, Mischungen organischer und anorganischer sowie rein anorganische Klebstoffe eingesetzt. Außerdem werden die Säcke mit Farben auf Wasserbasis bedruckt.

Die Reinigung der Leim- und Druckwerke erfolgt vorwiegend mit Wasser. Die dabei anfallenden betrieblichen Abwässer werden in einem zentralen Speicherbecken auf dem Gelände des Unternehmens gesammelt und in weiterer Folge in die Kläranlage des Abwasserverbands Raum Zeltweg eingeleitet.

Die Waschwässer für die Leimreinigung enthalten stark verdünnten, unbehandelten Restleim. Die Waschwässer aus dem Druckereibereich (Pigmente aus dem Druckprozess) werden über Spaltung und Flockung innerbetrieblich aufbereitet und erst dann in den Sammelbehälter eingeleitet.

Im Rahmen von regelmäßigen Routineüberprüfungen muss durch den Betrieb die Einhaltung der Einleitfrachten (z.B. CSB) nachgewiesen werden. Im Zuge dieser Abwasseranalysen kam es teilweise zu divergierenden Messergebnissen zwischen den vom Abwasserverband Raum Zeltweg gemessenen Werten und jenen, die intern bei Mondi Bags Austria GmbH gemessen wurden.

1.2 Zielsetzung

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, den Iststand der relevanten Abwasserströme aus den Betriebsbereichen Sackproduktion und Druckerei zu erfassen und ein qualitätsgesichertes Probenahmekonzept für die innerbetriebliche Anwendung zu erstellen. Des Weiteren soll eine Stoffstromanalyse (Gut- und Stoffebene) zur Darstellung der Abwasserfrachten und eine Überprüfung des Aufkommens auf produktionsbedingte Schwankungen durchgeführt werden. Zuletzt werden auch noch Möglichkeiten zur innerbetrieblichen Abwasservorreinigung vorgestellt und anhand von Versuchen auf ihre Anwendbarkeit, speziell für das am Standort anfallende Abwasser, untersucht.

2 Produktionsprozess Mondi Bags Austria GmbH

In der Sackerzeugung bei Mondi Bags Austria GmbH werden Schlauchziehmaschinen und Bodenlegermaschinen eingesetzt. Insgesamt laufen am Standort Zeltweg der Firma Mondi Bags Austria GmbH vier vollständige Produktionslinien (Line 1-4) und eine Produktionslinie (Linie 5), die nur über eine Schlauchziehmaschine, jedoch keine Bodenlegeranlage verfügt.

An den Schlauchziehmaschinen können mehrlagige Schläuche, das Vorprodukt des fertigen Sacks, hergestellt und mittels eines Druckwerks bedruckt werden.

Der Produktionsprozess kann, wie folgt, beschrieben werden: Zunächst wird an der Schlauchmaschine das Papier abgerollt und über eine Seitenkantensteuerung zur Perforierstation geleitet. Anschließend erfolgt die Querklebung. An der Längsklebestation werden die einzelnen Lagen zusammengeführt. Durch verstellbare Formatbleche wird die Sackbildung gesteuert. Durch Niederhalte- und Abreißwalzen werden die Sackschläuche an den zuvor perforierten Stellen getrennt. Die anschließende Ablage besteht aus einem Auswurfband, einem Schuppenband und einer Zähl- und Paketierstation.

Über Förder- und Speicherbänder gelangen die Sackschläuche zum Ventilbodenleger. An der Einlegestation werden die Schlauchpakete in die Anlage eingebracht und ein Ausrichtisch sorgt für eine konstante Ausrichtung der Schlauchabschnitte. Nicht ordnungsgemäße Schläuche werden über eine Auswurfweiche aussortiert. An der Rillstation werden an beiden Schlauchenden die für die Bodenquadrate erforderlichen Diagonal- und Bodenmittlirillungen durchgeführt. Die mit Rillen versehenen Schläuche werden in der Öffnungsstation durch zwei parallele Saugleisten so weit geöffnet, dass die Bodenbildungswerkzeuge, sogenannte Spreizer, eintauchen und die Sackenden öffnen können.

Der aufgeklappte Boden wird anschließend von rotierenden Scheiben übernommen. Durch Rillwerkzeuge wird die Bodenbreite eingestellt. Der Ventilzettelapparat arbeitet die, für die spätere Befüllung erforderlichen, Ventile in die Säcke ein. In der Bodenleimung wird der geöffnete Boden mit Leim bestrichen und anschließend beim Umleger zugeklappt, sodass ein geschlossener Boden entsteht und die einzelnen Flächen miteinander verkleben. Zum Schluss wird in der Bodendeckblattstation das Deckblatt am Sackboden angebracht. Es folgen eine Ablage mit Schuppenband, eine Trommelablage, in der die geklebten Flächen nochmals intensiv gepresst werden, und eine Zähl- und Paketierstation, in der die Anzahl der Säcke pro Paket festgelegt werden. Über Transportbänder gelangen die Sackpakete zur Verpackungsanlage. Hier werden die Sackpakete (je nach Format) unterschiedlich auf Paletten gestapelt und sind damit fertig für den Versand.

3 Wasserver- und Abwasserentsorgung am Standort

Das Wasser- und Abwassernetz wird, wie bereits eingangs erwähnt, am Standort der Firma Mondi Bags Austria GmbH in Zeltweg von vier Unternehmen gemeinsam genutzt. Der gesamte Wasserbedarf dieser vier Unternehmen kann aus einem Brunnen gedeckt werden. Des Weiteren besteht die Möglichkeit Fremdwasser zu beziehen, diese wird derzeit jedoch nicht genutzt. Es wird lediglich einmal jährlich eine kleine Menge Wasser über die Fremdwasserleitung bezogen, um die Funktionstüchtigkeit dieses Anschlusses zu kontrollieren. Ein Großteil des benötigten Wassers wird von Mondi Coating Zeltweg und Napiag Kunststoffe als Kühlwasser in der Produktion und Druckerei genutzt und nach der Verwendung versickert.

Ein wesentlich kleinerer, abwassertechnisch jedoch relevanterer Teil des Frischwassers wird als Technologie- und Sanitärwasser eingesetzt. Das Technologiewasser wird sowohl bei Mondi Bags, Mondi Coating als auch Westwind Verpackung benötigt. Das gesamte Technologiewasser fließt vor der Einleitung in das Kanalsystem des Abwasserverbands Raum Zeltweg in einem Sammelbehälter am Betriebsgelände zusammen. Ein sehr kleiner Teil des Technologiewassers wird am Staplerwaschplatz zur Reinigung der Staplerfahrzeuge eingesetzt und muss daher nach Verwendung mittels Ölabscheider vorgereinigt werden. In der Druckluffterzeugung fällt das Abwasser in Form von Kompressorkondensat an und wird vor der Einleitung in das Kanalnetz mittels Hydrocleaner vorgereinigt. Diese beiden Abwässer werden nicht dem Speicherbecken zugeführt, sondern direkt in das Kanalnetz eingeleitet. Das Sanitärabwasser wird ebenfalls direkt dem Kanalsystem des Abwasserverband Zeltwegs zugeführt. Die Zurechnung der Sanitärabwassermengen und den damit verbundenen Entsorgungskosten auf die einzelnen Betriebe erfolgt aufgrund der Mitarbeiterzahl.

In Abbildung 1 sind die einzelnen Wasser und Abwasserströme grafisch dargestellt.

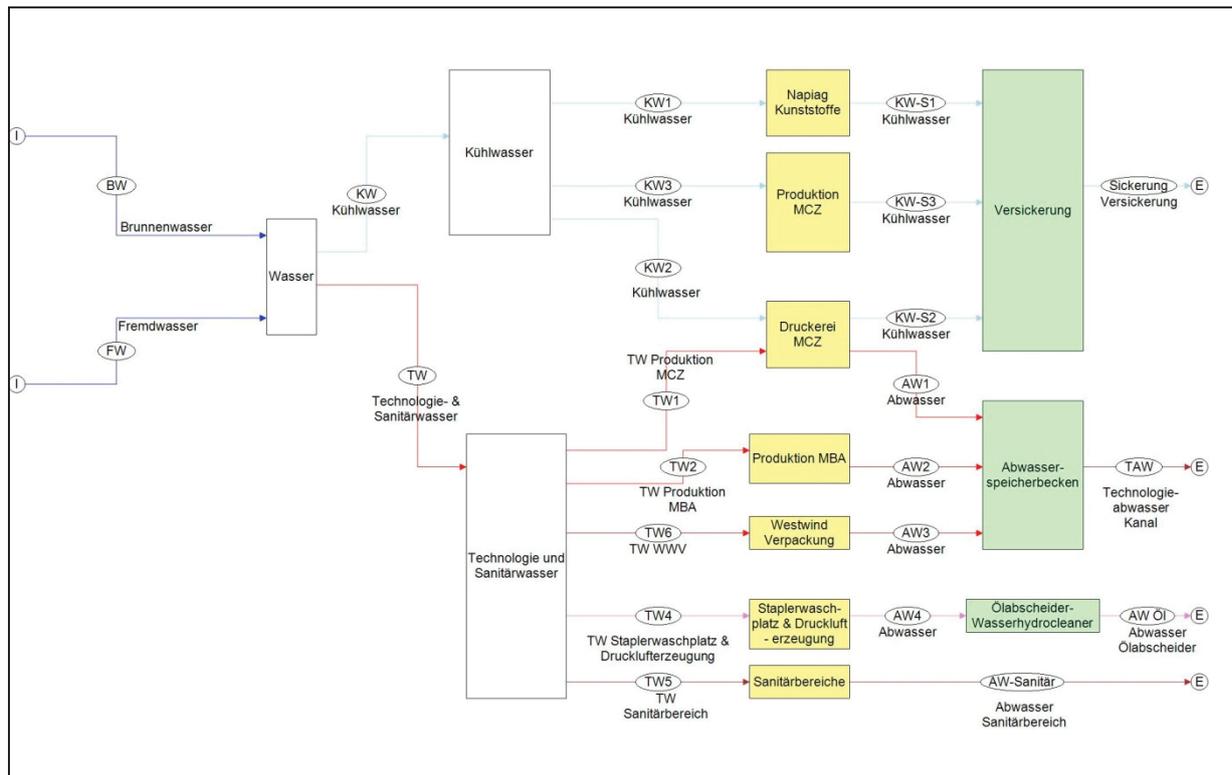


Abbildung 1: Wasser- und Abwasserströme am Standort

Das Speicher- und Ausgleichsbecken verfügt über ein Volumen von 72 m³. Zur besseren Durchmischung des Abwassers ist im unteren Bereich des Beckens ein Rührwerk installiert. Das Abpumpen des Technologieabwassers aus dem Abwassersammelschacht erfolgt über eine automatische, niveauabhängige Schwimmersteuerung. In der Regel ist die Pumpanlage so eingestellt, dass sie ab einem Pegelstand von 80 cm mit dem Abpumpen des Abwassers beginnt und sich beim Erreichen von 50 cm automatisch wieder ausschaltet. Zusätzlich erfolgt eine Regelung des pH-Werts über eine automatisierte Zudosierung von Natronlauge. Dazu wird das Abwasser drei Mal täglich, zu vorab programmierten Zeiten, nämlich zwischen 06:00 und 06:30, 14:00 und 14:30 sowie 22:00 und 22:30 durch Umschalten eines Ventils im Kreislauf gepumpt. In der Rücklaufleitung in den Sammelschacht misst eine pH-Sonde den pH-Wert. Aufgrund der dabei ermittelten pH-Werte erfolgt die automatische Zudosierung der Natronlauge. Im Schnitt werden für die pH-Wertregelung 180 kg 50-prozentige Natronlauge pro Monat benötigt. Erst nach der halben Stunde schaltet das Ventil wieder um und das Abwasser wird in die Kanalisation eingeleitet. In der Rohrleitung zum Kanal befinden sich Sonden für Temperatur und pH-Wert, die die Messung und elektronische Erfassung der, für die Einleitung relevanten Daten ermöglichen. Außerdem erfolgt eine Erfassung der Abwassermenge über eine Induktionsmessung.

Das Rohrleitungsschema für den Zu- und Abfluss zum Abwasserspeicherbecken ist in Abbildung 2 dargestellt.

3.1 Verwendung des Technologiewassers

Das Technologiewasser wird in der Produktion der einzelnen, am Standort ansässigen Unternehmen für verschiedene Zwecke genutzt und daher fällt in den einzelnen Betrieben auch unterschiedlich verunreinigtes Abwasser an. Da Westwind Verpackung nur einen äußerst geringen Anteil des Technologiewassers verbraucht, wird dieses Abwasser mengenmäßig nicht erfasst und analysiert. Bei der späteren Berechnung der einzelnen Abwasserströme wird dem Unternehmen Westwind Verpackung firmenintern fünf Prozent des gesamten Technologiewasserverbrauchs bzw. des Technologieabwassers und damit auch fünf Prozent der gesamten CSB Fracht zugerechnet.

3.1.1 Verwendung Technologiewasser Mondi Bags Austria GmbH

Bei der Mondi Bags Austria GmbH fällt das Abwasser bei der Reinigung der Schlauch- und Bodenlegermaschinen und in der Klebstoffvorbereitung an.

Jede Schlauchmaschine, mit Ausnahme jener der Produktionslinie 5, verfügt über eine eigene Waschstelle mit Waschbecken und einem kleinen, lokalen, unterirdischen Abwassersammelschacht. Die Schlauchmaschine der Linie 5 teilt sich einen Abwassersammelschacht mit der Schlauchmaschine der Linie 3. In diesem Bereich der Produktion fällt Abwasser an, wenn Anlagenteile der Schlauchmaschine nach einem Stillstand, einem Klebstoffwechsel oder Revisionsarbeiten gereinigt werden müssen.

Zunächst muss der in der Anlage befindliche Klebstoff in einen Kübel abgelassen werden, um später wieder dem Klebstoffkreislauf zugeführt zu werden. Falls dies nicht mehr möglich ist, muss der Klebstoff in eigens dafür vorgesehenen Sammelbehältern entsorgt werden. Bereits fest gewordener Klebstoff muss ebenfalls bestmöglich vor der Reinigung mit Wasser entfernt und in den dafür vorgesehenen Entsorgungsbehältern entsorgt werden. Anschließend werden die Walzen der Querklebung direkt in der Anlage gereinigt und das Abwasser fließt über einen Ablauf im Boden in den Sammelbehälter. Die Walzen der Längsklebung werden ausgebaut und in einem Waschbecken gereinigt. Das anfallende Abwasser gelangt ebenfalls in den lokalen Abwasserschacht. Die Walzen und Klischees, die zum Bedrucken der Säcke benötigt werden und mit Farbresten verunreinigt sind, werden in einer eigens dafür vorgesehenen Wanne, die an die Abwasserleitung von Mondi Coating angeschlossen ist, gereinigt. Das Abwasser wird in weiterer Folge wie das Druckereiabwasser der Mondi Coating GmbH behandelt. Eine detaillierte Beschreibung dieses Abwasserstroms erfolgt in Kapitel 3.1.2.

Abbildung 3 zeigt einen der lokalen Abwassersammelschächte. Auf dem Bild erkennt man den Zulauf über den das Abwasser in den Schacht eintritt, den für die automatische, niveauabhängige Pumpensteuerung notwendigen Schwimmer sowie die durch ein Gitter geschützte Abwasserabsaugung. Das Gitter wurde installiert, um das Ansaugen grober Verunreinigungen - und ein damit verbundenes Verstopfen der Abwasserleitungen - zu vermeiden.

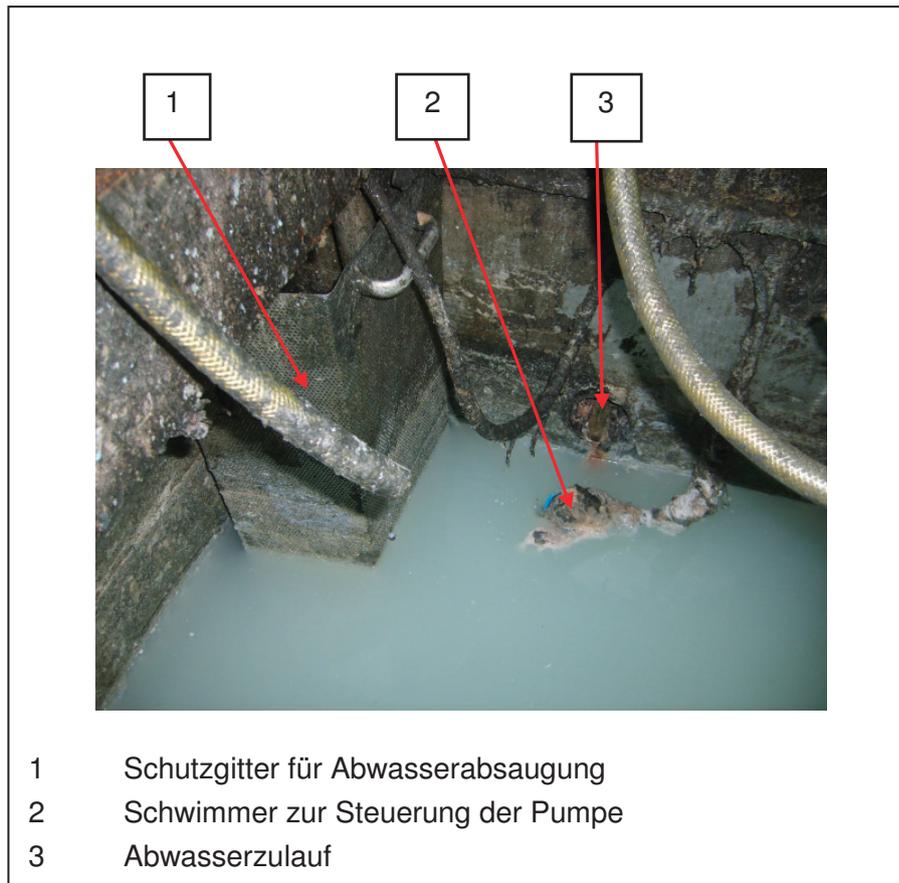


Abbildung 3: Lokaler Abwassersammelschacht

Das gleiche System kommt an den Bodenlegermaschinen zum Einsatz, wobei hier ebenfalls ein Abwasserschacht von zwei Produktionslinien gemeinsam genutzt wird. An den Bodenlegermaschinen wird das Wasser zur Reinigung der Klebstoffwerke benötigt. Hierzu werden die nicht ausbaubaren Anlagenteile an Ort und Stelle gereinigt und das Abwasser fließt über einen Ablauf in den Sammelbehälter. Die ausbaubaren Anlagenteile werden in einem Waschbecken vor Ort gereinigt und das Abwasser ebenfalls dem Sammelbehälter zugeführt.

Eine weitere Abwasseranfallstelle ist die Leimküche bzw. Klebstoffvorbereitung. Hier fällt jedoch nur selten Abwasser an - hauptsächlich dann, wenn leere Klebstofftanks gereinigt werden. Aus diesem Grund ist auch der Abwasserschacht mit 285 Litern Volumen eher klein gestaltet. Obwohl eine automatische Entleerung mittels Schwimmersteuerung möglich wäre, wird dieser Abwassertank daher auch meist manuell gesteuert.

Der Waschraum dient zur Hochdruckreinigung von Anlagenkomponenten aus der Sackerzeugung und der Bodenlegung, wird aber nur sehr selten bis gar nicht eingesetzt, da in den meisten Fällen die Reinigung direkt an der Produktionslinie ausreichend ist.

Es handelt sich hierbei also um ein diskontinuierliches Abwasseraufkommen, da diese Reinigungsarbeiten in der Regel nur nach Stillständen, zum Beispiel nach dem Wochenende, oder bei Klebstoffwechseln notwendig sind. An den Bodenlegermaschinen ist

eine Reinigung der Anlagenteile, die mit dem Klebstoff in Berührung kommen etwas häufiger erforderlich, da es ansonsten aufgrund von Verklebungen zu Störungen im Betrieb kommt. Auf Grund des allgemein sehr geringen Wasserverbrauchs fallen die Klebstoffrückstände im Abwasser sehr konzentriert an.

3.1.2 Verwendung Technologiewasser Mondi Coating GmbH

Bei Mondi Coating wird das Technologiewasser im Druckereibereich eingesetzt. Dort fällt mit wasserlöslichen Farben verunreinigtes Abwasser an, da die Druckwalzen beispielsweise nach einem Auftragswechsel bzw. Farbenwechsel oder Stillstand in einer "Waschmaschine" gereinigt werden müssen. Das Wasser kann in dieser Maschine für ca. zehn Wäschen verwendet werden, bevor es als Abwasser entsorgt wird. Des Weiteren fällt Abwasser bei der manuellen Wäsche von Anlagenkomponenten der Druckerei an. Das Abwasser gelangt entweder über Sammelleitungen in einen der beiden Pufferbehälter im Keller oder wird in 100 Liter Fässern lokal erfasst. Jeder der Pufferbehälter hat eine Kapazität von 5.000 Litern. Aus diesen Zwischenspeichern wird das Abwasser in den Abwasserbehandlungstank mit einem Volumen von 6.000 Litern gepumpt. Dieser Vorgang dauert in etwa eine Stunde. Im Behandlungstank werden dem Abwasser ein Spaltmittel und anschließend ein Flockungsmittel zugegeben und mittels eines Rührwerks mit dem Abwasser vermischt. Als Spaltmittel wird eine pulverförmige Zubereitung aus Salzen mehrwertiger Kationen und Polymeren (Handelsname EFAPUR 1674) eingesetzt. Das Flockungsmittel ist eine Lösung aus Aluminiumhydroxidchlorid mit einem kationischen Polymer (Handelsname EFAMULS 1294). Zu Verbesserung des Spalterfolgs wird dem Abwasser auch Frischwasser zudosiert, da das Abwasser ansonsten während der Behandlung zu dickflüssig werden würde und eine vollständige Spaltung und Flockung nicht möglich wären. Durch die Zugabe dieser Chemikalien kommt es zu einem Ausflocken der Farbrückstände im Abwasser. Des Weiteren dient die Chemikalienzugabe der Einstellung des pH-Werts. Es wird ein annähernd neutraler bis leicht basischer pH-Wert angestrebt.

Die Zugabe der Chemikalien erfolgt nicht nach einer vorgegebenen Rezeptur, sondern wird aufgrund von Erfahrungswerten gesteuert. Dies ist einerseits notwendig, da die Abwassereigenschaften nicht konstant sind, andererseits führt das aber auch zu einem schwankenden Behandlungserfolg bzw. zu einem unterschiedlich starken Ausflocken an jedem Behandlungstag. Hieraus resultiert jedoch auch eine stark schwankende CSB Belastung. Im Schnitt werden für eine Abwassermenge von 6 000 Litern ca. 8-10 kg Spaltmittel über einen Dosierautomaten und ungefähr 10 l Flockungsmittel manuell zudosiert. Abbildung 4 zeigt das optische Erscheinungsbild des Abwassers bei Behandlungsbeginn und nach erfolgter Behandlung.



Abbildung 4: Optisches Erscheinungsbild des Abwassers im Abwassertank vor und nach der Chemikaliengzugabe

Abbildung 5 zeigt wie sich das Abwasser nach der Zugabe des Spaltmittels und des Flockungsmittels in eine klare Phase und in eine dickflüssige Phase trennt, wobei die dickflüssige Phase die abgespaltene Druckerfarbe in Form von abfiltrierbaren Flocken enthält.



Abbildung 5: Behandeltes Druckereiabwasser

Aus dem Abwasserbehandlungstank gelangt das Abwasser in eine Filterpresse. Aus der Filterpresse fließt dann ein weitgehend von Feststoffen befreites Filtrat in die Abwassersammelleitung. Die abfiltrierten Stoffe fallen als sogenannter Farbkuchen an und werden extern entsorgt. Diese Abwasservorreinigung hat eine Kapazität von einer Behandlungscharge, das heißt 6.000 Litern Abwasser, pro Tag.

Eine detaillierte Untersuchung einer Stichprobe aus dem Filterkuchens ergab einen Trockensubstanzgehalt von 42,1%. Der CSB des Feststoffs betrug 302 g/kg TS, der AOX 30240 mg/kg TS. Der Gehalt an Kupfer im Feststoff betrug 14500 mg/kg TS. Der Gehalt an

Schwermetallen im Filterkuchen ist deshalb relevant, da es sehr wahrscheinlich ist, dass diese nicht nur im Filterkuchen sondern auch im Filtrat nachweisbar sind, da sie bei der Spaltung bzw. Flockung und anschließenden Filtration nicht vollständig abgeschieden werden können.

3.2 Abwasserschächte und Kanalnetz

Das Abwasser innerhalb der einzelnen Produktionsbereiche von Mondi Bags Austria wird mittels eines Systems aus Schächten und Abwasserleitungen gesammelt und einem zentralen Speicherbecken zugeführt. (vgl. Abbildung 6)

Der Plan zeigt den Verlauf des Kanalnetzes am Standort Zeltweg. Die roten Kreise zeigen die Abwasserschächte an den einzelnen Maschinen sowie die zwei weiteren Abwasseranfallstellen Leimküche und Waschraum an. Die roten Linien stellen den Verlauf des Kanalnetzes dar. Es ist ersichtlich, dass zunächst das Abwasser aus den einzelnen Sammelschächten, sowie der Leimküche und dem Waschraum zusammenfließt, bevor es auf das Abwasser aus der Druckerei von Mondi Coating trifft. Außerhalb des Gebäude 1 verläuft der Kanal unterirdisch zum Abwassersammelbehälter. Von dort aus wird das Abwasser in die Kanalisation des Abwasserverbands Raum Zeltweg eingeleitet.

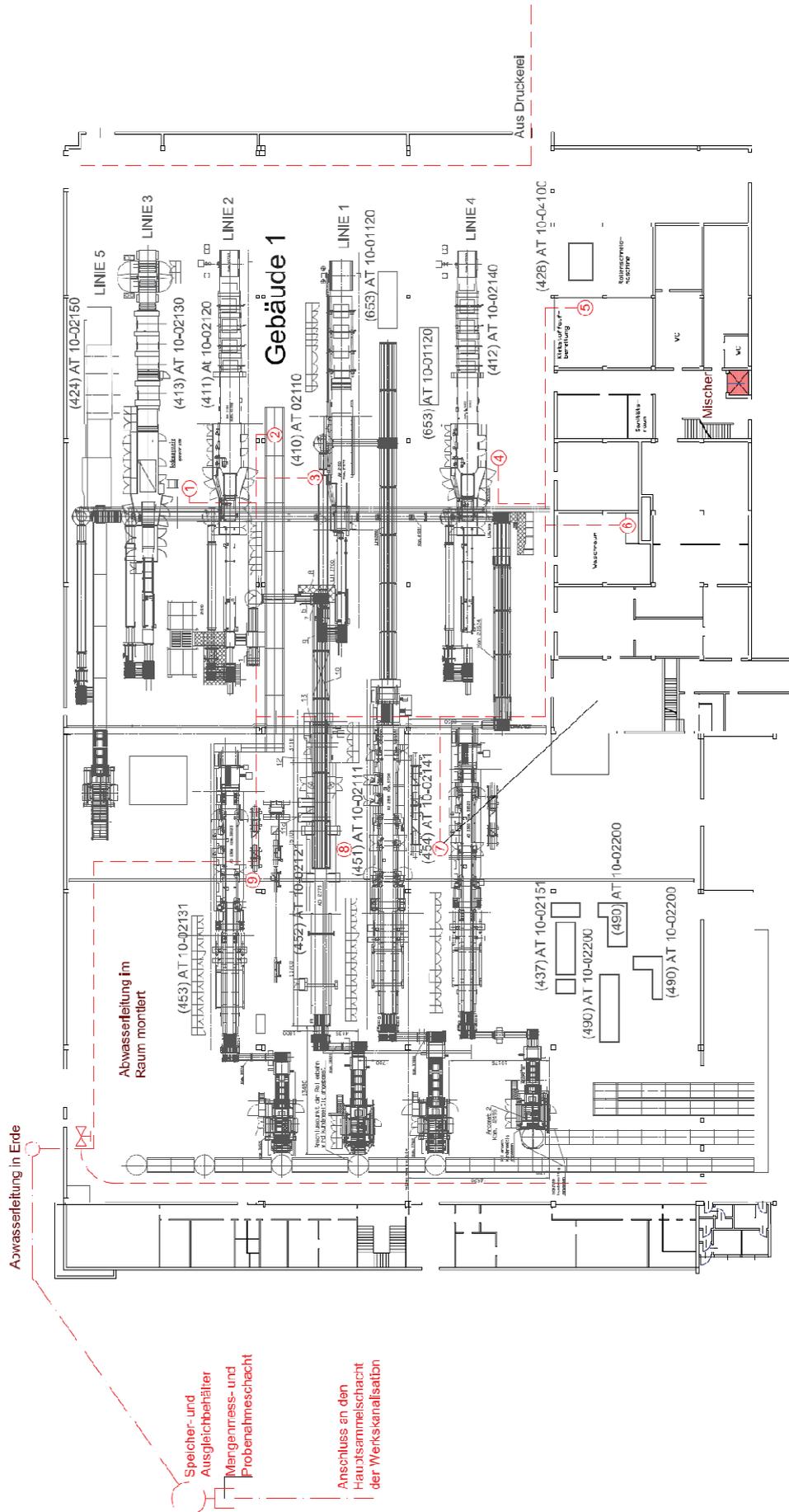


Abbildung 6: Kanalnetz Mondi Bags Austria GmbH [5]

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Abmessungen der lokalen Abwasserschächte, die im Plan in Abbildung 6 eingezeichnet sind.

Tabelle 1: Abmessungen der lokalen Abwasserschächte

Nummer im Plan		Tiefe [cm]	Länge [cm]	Breite [cm]	Volumen [cm ³]	Volumen [m ³]	Volumen [l]
1	Linie 3 SM 413 & Linie 5 SM 424	95	100	100	950000	1,0	950
2	Linie 2 SM 411	110	100	100	1100000	1,1	1100
3	Linie 1 SM 410	100	80	80	640000	0,6	640
4	Linie 4 SM 412	100	99	96	950400	1,0	950
5	Waschraum						
6	Klebstoffvorbereitung	80	108	33	285120	0,285	285
7	Linie 4 BL 454	115	80	80	736000	0,7	736
8	Linie 1 BL 451 & Linie 2 BL 452	150	100	100	1500000	1,5	1500
9	Linie 3 BL 453	105	98	98	1008420	1,0	1008

3.3 Wasserbilanz

Der Wasserverbrauch und Abwasseranfall am Standort wird jährlich in einer Wasserbilanz zusammengefasst. Dabei wird die gesamte, über ein Jahr hinweg verbrauchte Wassermenge, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Verwendungszwecken und Unternehmensbereichen, ermittelt.

Abbildung 7 zeigt eine Stoffstromdarstellung der Volumenströme an Wasser und Abwasser in den einzelnen Bereichen im Jahr 2009. Zur besseren Visualisierung wurden die einzelnen Ströme mittels, dem Volumen proportionalen, Sankeypfeilen dargestellt. Um den Wasserbedarf der einzelnen Unternehmensbereiche anteilmäßig darzustellen, wurde auch eine normierte Darstellung, bezogen auf den Wasserinput, erarbeitet. Diese ist in Abbildung 8 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass ein Großteil der 495.755 m³ Brunnenwasser als Kühlwasser eingesetzt wurden. Genauer gesagt betrug der Kühlwasserverbrauch 467.197 m³, also 94 % vom Gesamtwasserbedarf. Das Sanitärabwasser macht mit 24.611 m³ 5 % des Gesamtabwassers aus. Nur 3.752 m³, also 1 % des Wassers wurden als Technologiewasser eingesetzt und fallen somit als betriebliches Abwasser im Abwasserspeicherbecken an. Die anfallenden Mengen an Abwasser am Staplerwaschplatz und in der Druckluftherzeugung sind mit 250 m³ pro Jahr vernachlässigbar gering.

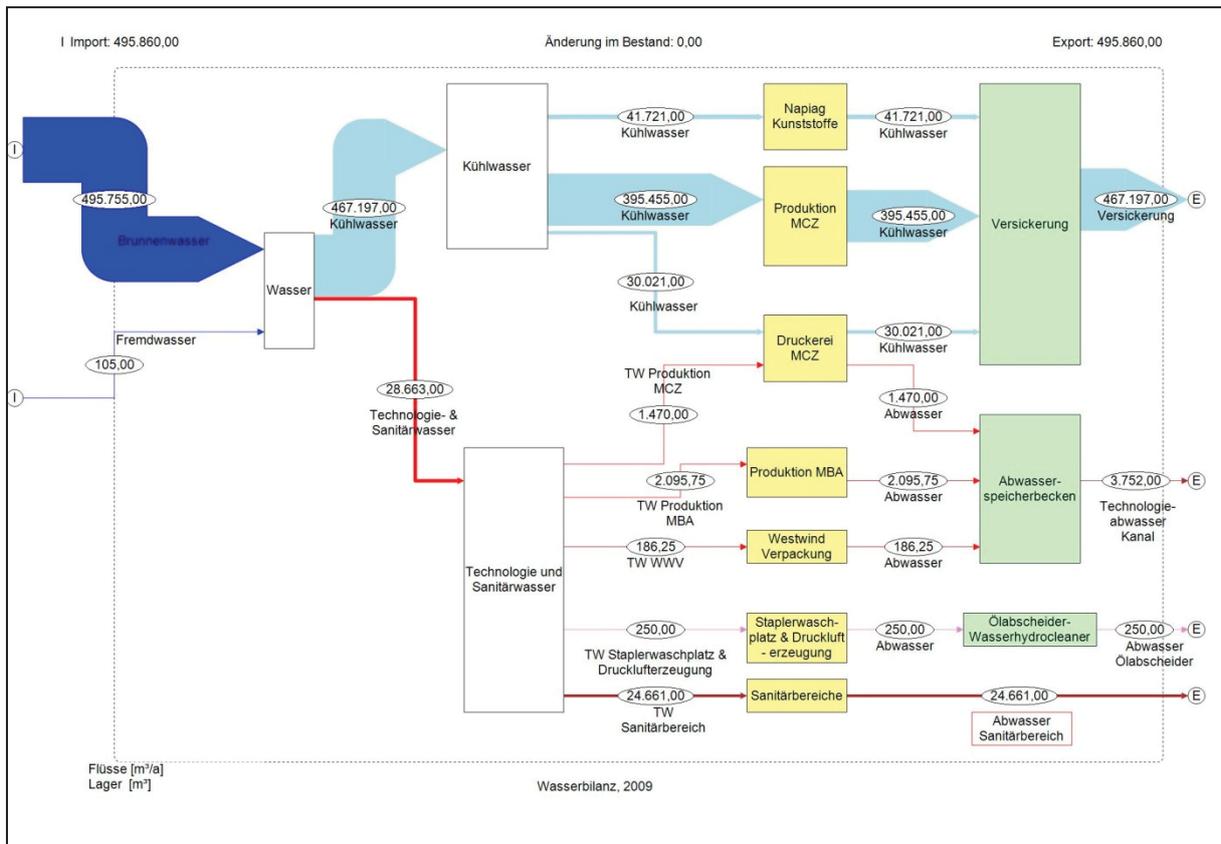


Abbildung 7: Wasserbilanz 2009

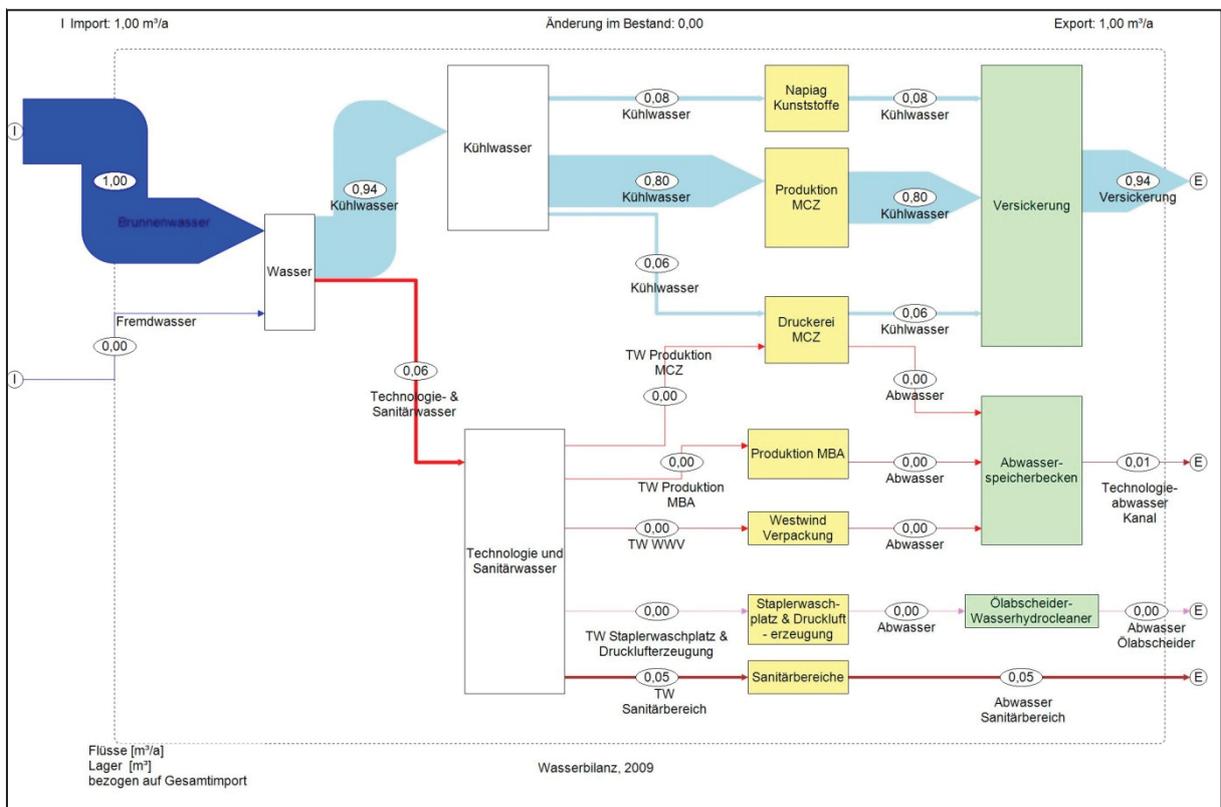


Abbildung 8: Wasserbilanz 2009 normiert

Tabelle I im Anhang gibt einen tabellarischen Überblick über den monatlichen Wasserverbrauch im Jahr 2009 in den einzelnen Unternehmen und Verwendungsbereichen.

In Abbildung 9 sind die monatlich verbrauchten Technologiewassermengen im Jahr 2008 und 2009, aufgeschlüsselt nach den einzelnen Produktionsbereichen, grafisch dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der Technologiewasserbedarf in den einzelnen Produktionsbereichen über das Jahr hinweg betrachtet annähernd konstant ist. Lediglich im Jänner und Dezember ist ein deutlich geringerer Verbrauch bei allen Unternehmen zu verzeichnen. Dies ist durch den länger andauernden Produktionsstillstand und dem damit zusammenhängenden verminderten Reinigungsbedarf während der Weihnachtsfeiertage zu erklären. Die konkreten Zahlenwerte zu Abbildung 9 sind in der Tabelle II im Anhang dokumentiert.

Da diese detaillierte Datenaufzeichnung erst im zweiten Quartal des Jahres 2008 gestartet wurde, sind die Daten für das Jahr 2008 erst ab Mai dargestellt. Es ist ersichtlich, dass der durchschnittliche Technologiewasserverbrauch in der Produktion von Mondi Bags 2008 deutlich höher war als im Jahr 2009. Die Abwassermenge aus der Druckerei ist in beiden Jahren annähernd konstant, da die Abwasservorreinigungsanlage mit einer Kapazität von annähernd 6 000 Litern pro Produktionstag einen limitierenden Faktor darstellt. Aufgrund der Tatsache, dass die Abwassermenge der Westwind Verpackung GmbH anteilmäßig aus der Abwassergesamtmenge berechnet wird, war auch hier der Wasserverbrauch 2008 etwas höher als 2009.

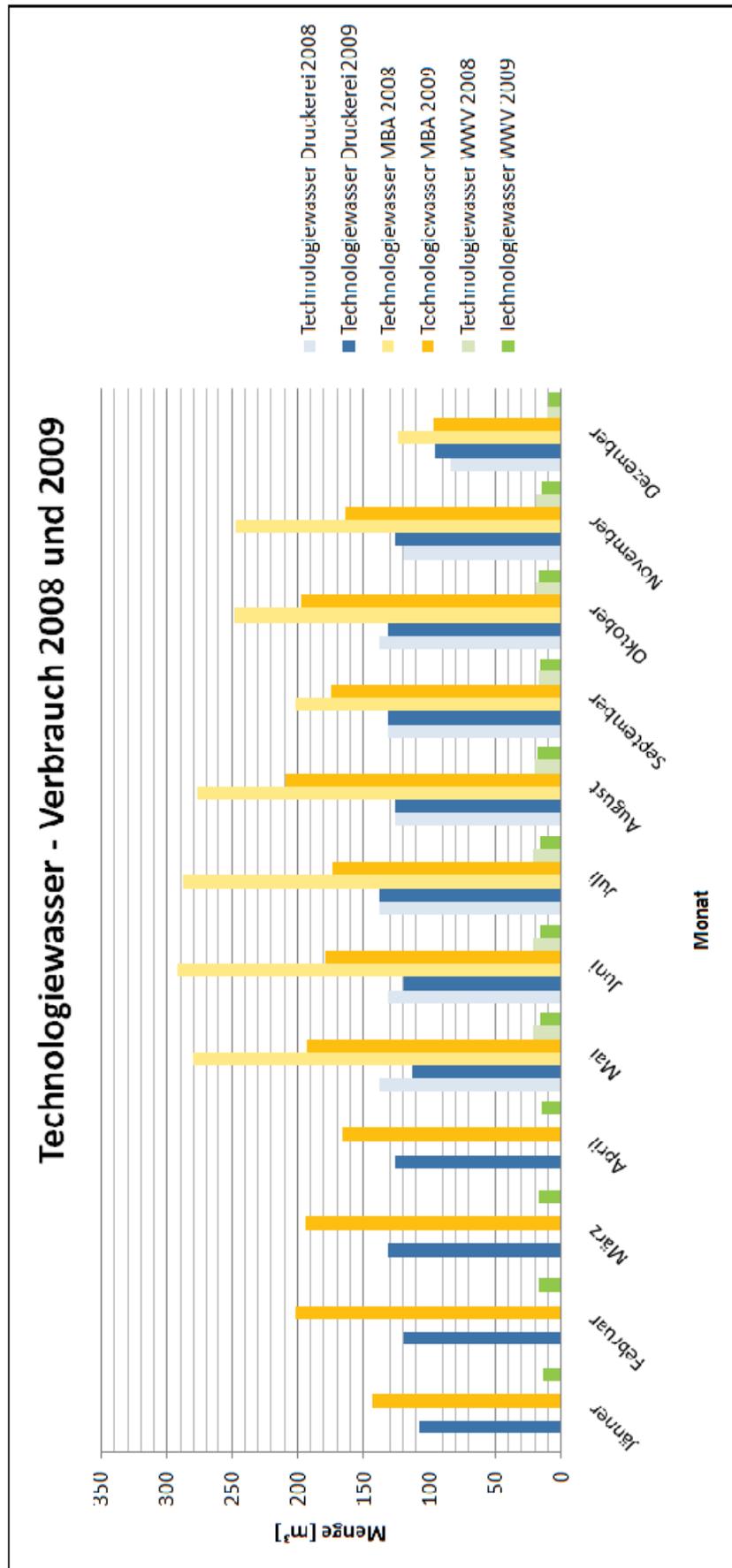


Abbildung 9: Technologiewasser – Verbrauch 2008 und 2009 im Vergleich

Um den im Vergleich zu 2009 höheren Wasserbedarf im Jahr 2008 zu erklären, wurden die Produktionsdaten von Mondi Bags für diese beiden Jahre gegenübergestellt. In Abbildung 10 erfolgt ein Vergleich der monatlich produzierten Menge an Säcken. Es ist ersichtlich, dass im Zeitraum von Mai bis Dezember im Jahr 2009 in drei Monaten deutlich mehr Säcke produziert wurden als im Jahr 2008. Dies zeigt, dass es nicht aufgrund von gesteigerten Produktionsstückzahlen zu dem Wasser-Mehrverbrauch 2008 gekommen sein kann.



Abbildung 10: Produktionszahlen 2008 und 2009 im Vergleich

Abbildung 11 zeigt einen Vergleich der Auftragszahlen 2008 und 2009. Hier war die Zahl der Aufträge 2009 im Zeitraum von Mai bis Dezember stets höher als im Jahr 2008. Somit kann auch die Auftragslage nicht als Erklärung für den deutlichen Wassermehrverbrauch herangezogen werden.

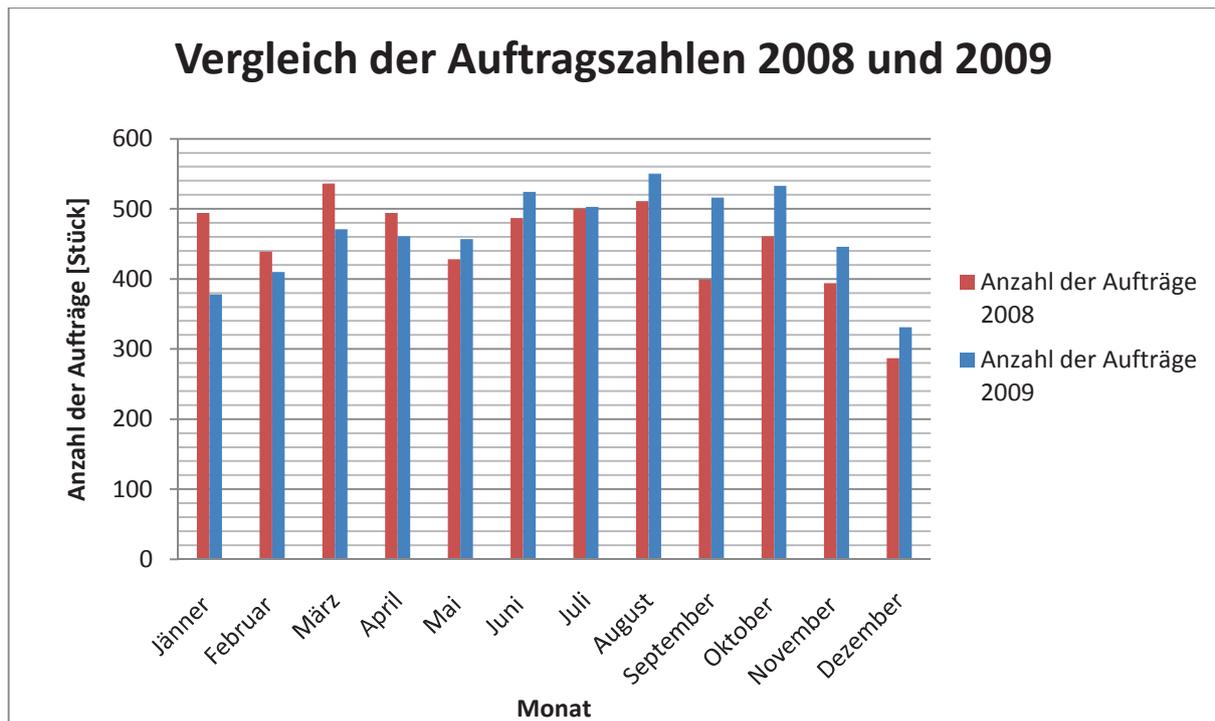


Abbildung 11: Anzahl der Aufträge 2008 und 2009

Obwohl die Produktions- und Auftragszahlen einen gewissen Einfluss auf die anfallende Abwassermenge haben, wie die gleichzeitig verminderten Auftrags-, Produktions- und Wassermengen im Dezember zeigen, sind die erhöhten Wasserverbrauchszahlen 2008 dadurch nicht erklärbar.

Es liegt daher nahe, dass der Wassermehrverbrauch 2008 durch Geschehnisse in der Produktion, die unabhängig von der Auftragslage und der produzierten Stückzahl sind, hervorgerufen wurde. Möglicherweise wurde pro Reinigungsvorgang mehr Wasser eingesetzt. Dies könnte der Fall sein, da zum heutigen Zeitpunkt das Waschen der ausbaubaren Maschinenteile im geschlossenen Waschbecken erfolgt, sodass das gleiche Waschwasser für mehrere Teile verwendet wird. Wird die Reinigung unter fließendem Wasser durchgeführt, wird pro Reinigungsvorgang wesentlich mehr Wasser verbraucht.

4 Einflussfaktoren Abwasser

Die größten Einflussfaktoren auf die Abwassermenge sowie die Art und den Grad der Verschmutzung stellen das Produktionsprogramm, das heißt die Auftragszahlen und produzierten Stückzahlen, sowie die eingesetzten Klebstoffe dar.

4.1 Produktionsprogramm

Wie bereits in Kapitel 0 dargestellt, besteht ein gewisser Zusammenhang zwischen der Produktion und der Menge an anfallendem Abwasser.

Abbildung 12 stellt die Auftragszahlen, die Anzahl der produzierten Säcke sowie die Abwassermenge im Jahr 2009 grafisch dar. Es zeigt sich, dass die anfallende Abwassermenge von der Anzahl der Produktionsaufträge bzw. auch von der Anzahl der produzierten Säcke abhängig ist. Das heißt, je mehr produziert wird, umso höher ist auch der Abwasseranfall.

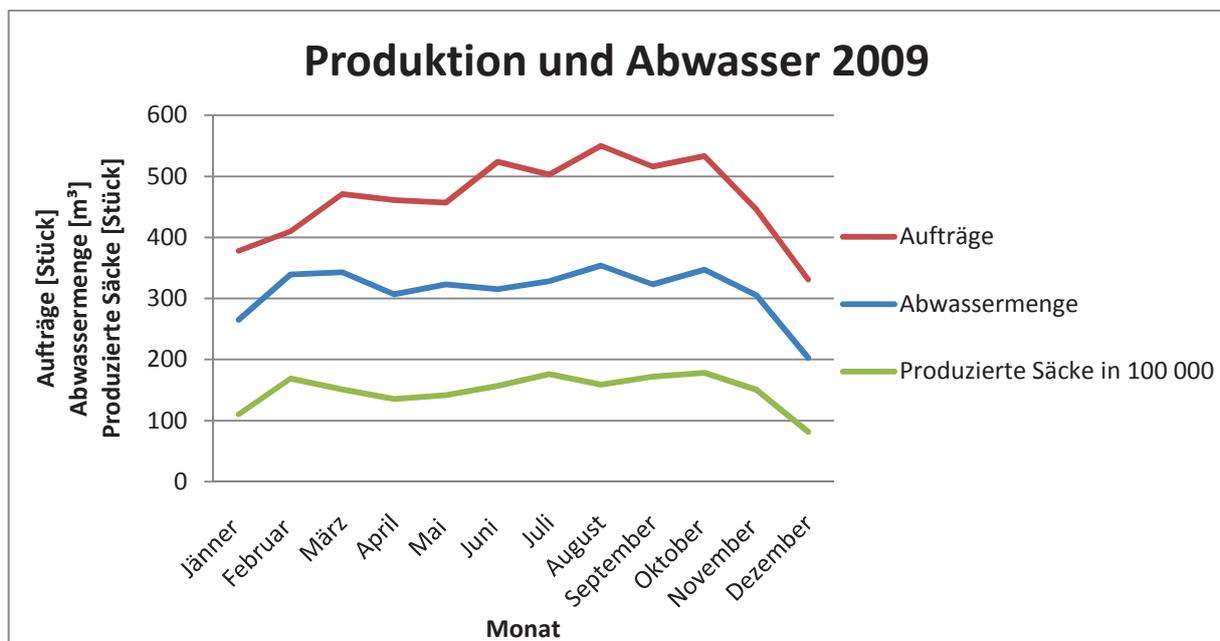


Abbildung 12: Produktion und Abwasser 2009

Hingegen ist in Abbildung 13 ersichtlich, dass zwischen der CSB Fracht und der produzierten Menge an Säcken bzw. der Anzahl der Aufträge zwar ebenfalls ein Zusammenhang besteht, die im Juni und Juli punktuell sehr hohen CSB-Frachtwerte jedoch nicht auf ein punktuelles Ansteigen der Produktionstätigkeit zurückzuführen sind. Es ist daher wahrscheinlich, dass andere Ereignisse im Produktionsgeschehen für die außerordentlich hohen CSB Frachten verantwortlich sind.

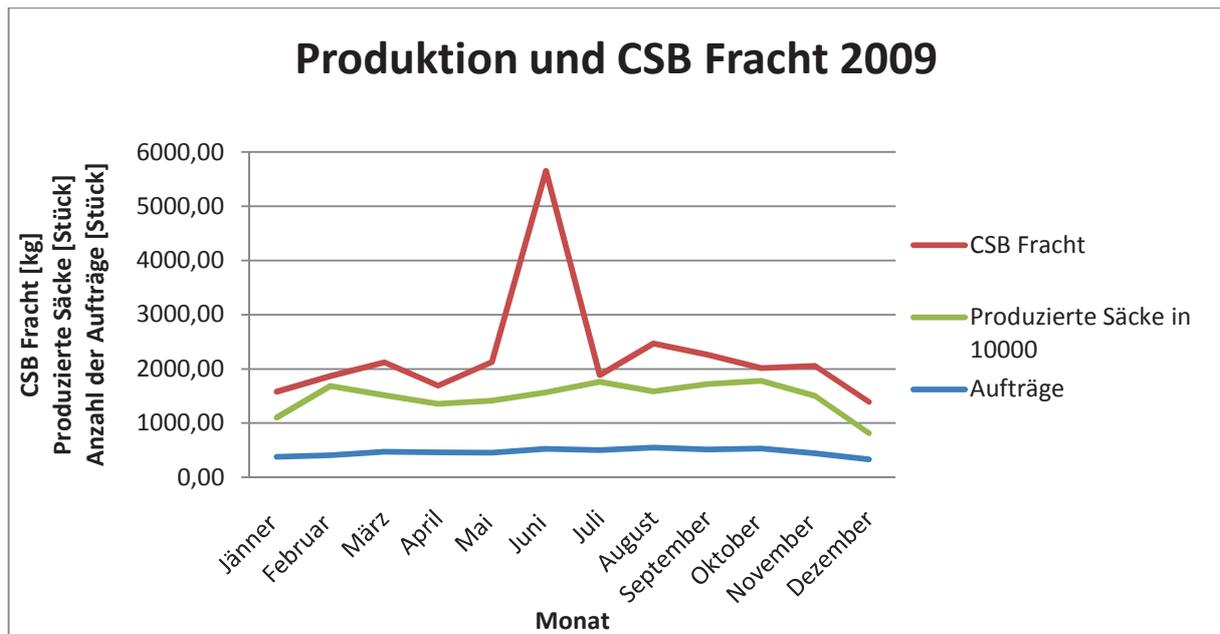


Abbildung 13: Produktion und CSB Fracht 2009

Mögliche Ursachen für die außerordentlich hohen CSB Werte sind Zwischenfälle in der Produktion, wie beispielsweise das unbemerkte Auslaufen von Klebstoff an einer Schlauchzieh- oder Bodenlegermaschine aufgrund eines Defekts in der Anlage oder das Auslaufen von Klebstoff in der Klebstoffvorbereitung. Auch die unsachgemäße Entsorgung größerer Klebstoffmengen ins Abwasser kann zu drastisch erhöhten CSB-Werten führen.

4.2 Klebstoffe

Wie bereits erwähnt, fällt das Abwasser im Produktionsbereich von Mondi Bags Austria diskontinuierlich an. Auch die Zusammensetzung des Abwassers bzw. die Abwasserinhaltsstoffe und damit auch die Eigenschaften schwanken, da unterschiedliche Klebstoffe eingesetzt werden. Grundsätzlich können organische und anorganische Klebstoffe sowie diverse Zusatzstoffe unterschieden werden. In Tabelle 2 sind die, in der Produktion bei Mondi Bags Austria GmbH am häufigsten eingesetzten, Klebstoffe und Klebstoffzusätze aufgelistet. Die teilweise verwendeten Schmelzklebstoffe wurden in dieser Tabelle jedoch nicht berücksichtigt, da sie keinen Einfluss auf die Abwasserzusammensetzung haben, weil diese in einem geschlossenen System zur Anwendung kommen. Des Weiteren kommen bei einzelnen Aufträgen noch spezielle anorganische Klebstoffe zum Einsatz – da diese jedoch nur selten und unregelmäßig zum Einsatz kommen, wurden sie nicht erfasst. Die Tabelle 2 zeigt auch den Jahresverbrauch 2009 sowie die ökologische Relevanz der einzelnen Stoffe in Bezug auf Wasser bzw. Abwasser laut Sicherheitsdatenblatt der einzelnen Produkte.

Tabelle 2: Eingesetzte organische und anorganische Klebstoffe sowie Zusatzstoffe

Handelsname	Beschreibung	Verbrauch 2009 [kg]	Basisstoffe (laut Sicherheitsdatenblatt)	Ökologie (laut Sicherheitsdatenblatt)
GLUE STARCH COLLABOND 8017 IQ	Organischer Klebstoff	900 [kg /Produktions - tag]	Modifizierte Stärke mit Netzmittel- und Biozidzusatz	Keine Bioakkumulation Rasche Abbaubarkeit
GLUE STARCH Amitrolit 8003	Wasserlöslicher Klebstoff	780	Modifizierte Stärke	Biologisch abbaubar Nach Verdünnung und Neutralisation ist keine Beeinträchtigung einer biologischen Kläranlage zu erwarten
Madurit MW 112	Zusatzstoff für Nassfesten organischen Klebstoff	680	Melamin-Formaldehyd-Harz	Das Eindringen des Produkts in die Kanalisation, in Wasserläufe oder in den Erdboden soll verhindert werden.
National DRYLOK	Anorganischer Klebstoff	34.300	Ethylen/Vinylacetat-Copolymer	Trägt zum BSB von Abwässern bei. Nur teilweise biologisch abbaubar
Adhesin A 6773 SH	Anorganischer Dispersionskleber	47.000	Vinylacetat-Copolymer	Bei bestimmungsgemäßer Verwendung gelangt das Produkt nicht in das Abwasser
Pergitex 20532	Anorganischer Dispersionskleber	7.162		Wassergefährdungsklasse 2 – wassergefährdend Nicht in das Grundwasser, in Gewässer oder in die Kanalisation gelangen lassen, auch nicht in kleineren Mengen.
Vitaplan PK 2015	Anorganischer Klebstoff	8.000	Dextrin	Nicht in Gewässer, Kanalisation oder Erdreich gelangen lassen Wassergefährdungsklasse 1 – schwach wassergefährdend
GLUE ADDITIVE BLANKOPHOR P01	Optischer Aufheller	k.A.	Derivat der 4,4'-Bis(1,3,5-triazinylamino)stilben-2,2'-disulfonsäure	CSB-Wert: 272 mg/g Wassergefährdungsklasse 1 – schwach wassergefährdend
Dilurit	Konservierungsmittel	k.A.	Isothiazolinon und bromorganische Verbindungen	mikrobioziden Eigenschaft → für Klärschlammorganismen in Korrelation zur Produktkonzentration giftig

Betrachtet man den Klebstoffverbrauch über ein gesamtes Jahr hinweg, so ist der organische Stärke-Klebstoff Collabond 8017 IQ der am meisten eingesetzte. Im Schnitt wird pro Produktionstag ein Sack Klebstoff zu je 900 kg verbraucht. Der am zweitstärksten verbrauchte Klebstoff ist der anorganische Klebstoff Adhesin mit 47 Tonnen/Jahr. Im Jahr 2009 wurden außerdem 34.300 kg des anorganischen Klebstoffs Drylok, 8.000 kg Vitaplan PK 6209 und 7.162 kg Pergitex verbraucht. Von den organischen Klebstoffen bzw. Klebstoffzusätzen wurden folgende Mengen verbraucht: 680 kg Madurit und 780 kg Amitrolit. Grundsätzlich hängt der Klebstoffverbrauch aber immer von der Auftragslage ab, da Säcke mit unterschiedlichen Anforderungen mit verschiedenen, den Anforderungen angepassten, Klebstoffen hergestellt werden müssen.

Wie Tabelle 2 zeigt, weisen einige der eingesetzten Klebstoffe ein durchaus nicht unerhebliches Gefährdungspotential für die aquatische Umwelt auf und sollten daher sehr sorgsam eingesetzt werden.

Während es sich bei Pergitex, Adhesin und Vitaplan um fertig bereitgestellte Klebstoffe handelt, zeigt Tabelle 3 jene Klebstoffe, die direkt am Standort in der Klebstoffvorbereitung durch Mischen der einzelnen Komponenten mit Wasser hergestellt werden.

Tabelle 3: Klebstoffrezepturen

Zubereitung	Rezeptur
Organischer Leim	490 kg Wasser 102 kg Stärke (Agrana Collabond) 0,1 l Konservierungsmittel (Dilurit)
Mischleim	420 kg Wasser 72 kg Stärke 120 kg Ethylen/ Vinylacetat – Copolymer (Drylok) 0,3 l Konservierungsmittel
Wasserlöslicher Klebstoff	400 kg Wasser 72 kg modifizierte Stärke (Amitrolit)
Klebstoff NW 112 (wasserfest)	400 kg Wasser 86 kg Stärke 0,3 l Konservierungsmittel 5 kg Madurit MW 100 (112)

Bei der Reinigung der Mischungsaggregate für diese zubereiten Klebstoffe gelangen natürlich auch Klebstoffrückstände ins Abwasser.

Da vor allem der organische Klebstoff nur eine begrenzte Haltbarkeit aufweist, kann es vorkommen, dass nicht verbrauchter Klebstoff entsorgt werden muss. Dies erfolgt in den dafür bereitgestellten Entsorgungsbehältern. Reste des wasserlöslichen organischen Klebstoffs werden derzeit jedoch häufig direkt ins Abwasser entsorgt. Da er biologisch sehr gut abbaubar ist, stellt er keine unmittelbare Gefährdung für die aquatische Umwelt dar. Allerdings führt auch er zu einer Erhöhung des Feststoffgehalt und der CSB-Fracht im Abwasser und somit auch zu Kosten in der Abwasserentsorgung.

5 Ist-Stand der Abwasserentsorgung und der Abwasseranalyse

Die Mondi Bags Austria GmbH entsorgt ihr betriebliches Abwasser über die Kanalisation des Abwasserverbands Raum Zeltweg. Das Einleiten von Abwasser als Indirekteinleiter wird durch das Wasserrechtsgesetz 1959 geregelt. Dieses besagt im § 32b:

„Wer Einleitungen in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisationsanlage eines anderen vornimmt, hat die (...) vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft erlassenen Emissionsbegrenzungen einzuhalten. Abweichungen von diesen Anforderungen können vom Kanalisationsunternehmen zugelassen werden, soweit dieses sein bewilligtes Maß der Wasserbenutzung einhält. Einleitungen bedürfen der Zustimmung des Kanalisationsunternehmens“ [6, § 32b].

Das Maß der Einleitung, sowie die geltenden Grenzwerte sind für das Unternehmen Mondi Bags Austria GmbH in Zeltweg in einem Entsorgungsvertrag mit dem Abwasserverband Raum Zeltweg geregelt. Dieser Vertrag unterscheidet zwischen drei Teilströmen:

- Teilstrom 1: produktionsspezifisches Betriebsabwasser aus der Leimküche und den Versorgungsleitungen, den Leimwerken, dem Teilewaschraum sowie der Druckereiwaschwasseraufbereitung und der Fotoentwicklung
- Teilstrom 2: Abwasser aus der Druckluftherzeugung
- Teilstrom 3: Abwasser, das beim Staplerwaschplatz anfällt

Da es für die Verpackungsindustrie bzw. die Herstellung von Papiersäcken keine eigene Abwasseremissionsverordnung gibt, dient die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung als rechtliche Grundlage für die Einleitung der produktionsspezifischen Abwässer. Auch für den Teilstrom zwei, also dem Abwasser aus der Druckluftherzeugung gilt die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung. Für den dritten Abwasserstrom, also jenen vom Staplerwaschplatz, gelten die Bestimmungen der Abwasseremissionsverordnung für Tankstellen und Fahrzeugreparatur- und Waschbetriebe als rechtliche Grundlage.

Für die einzelnen Teilströme gelten die in Tabelle 4 angeführten Grenzwerte.

Tabelle 4: Grenzwerte Einleitungsvertrag

	Parameter	Grenzwert	Einheit
Teilstrom 1	Temperatur	35	°C
	pH-Wert	6,5 – 9,5	
	Summe der Kohlenwasserstoffe	20	mg/l
	Absetzbare Stoffe	50	mg/l
	Abfiltrierbare Stoffe	1.500	mg/l
	CSB, berechnet als O ₂	150	kg/d
	BSB5, berechnet als O ₂	90	kg/d
	Abwassermengen	24	m ³ /d
	Abwassermengen	4	m ³ /h
	Abwassermengen	2,5	l/sec
Teilstrom 2	Summe der Kohlenwasserstoffe	20	mg/l
	Abwassermengen	1,1	m ³ /d
Teilstrom 3	pH-Wert	6,5 – 9,5	
	Summe der Kohlenwasserstoffe	10	mg/l
	Abwassermengen	3	m ³ /d
	Abwassermengen	0,7	l/sec

Die Grenzwerte für die Temperatur, den pH-Wert und die Summe der Kohlenwasserstoffe für den Teilstrom 1 und 2 werden von der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung eindeutig festgelegt. Für die abfiltrierbaren Stoffe sowie die absetzbaren Stoffe wird durch die Verordnung kein eindeutiger Grenzwert festgelegt. Somit obliegt es dem Kanalisationsunternehmen hier einen Grenzwert zu definieren. Für die absetzbaren Stoffe gibt es jedoch einen Vorschlag von 10 ml/l als Grenzwert, jedoch kann für beide Parameter vom Kanalisationsunternehmen ein höherer Grenzwert festgelegt werden, solange dadurch die Funktionsfähigkeit der Kanalisations- und Abwasserreinigungsanlage nicht beeinträchtigt wird. Der CSB sowie die eingeleitete Abwassermenge dienen als Berechnungsgrundlage für die Entsorgungsgebühr. [7]

Auch für den Teilstrom 3 werden die Grenzwerte für den pH-Wert und die Summe der Kohlenwasserstoffe eindeutig in der Abwasseremissionsverordnung Fahrzeugtechnik festgelegt. [8]

Für den Teilstrom 1, also die produktionsspezifischen Betriebsabwasser sieht der Einleitungsvertrag folgende Überwachungs-, Mitteilungs- und Berichtspflichten vor:

- Laufende Registrierung von Menge, Temperatur und pH-Wert
- Wöchentliche Bestimmung des CSB, sowie der absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffe anhand einer Stichprobe

Des Weiteren ist die Einhaltung der Grenzwerte zweimal jährlich im Rahmen einer Fremdüberwachung durch eine externe Untersuchungsanstalt zu untersuchen. Im Rahmen der Fremdüberwachung hat auch eine Überprüfung der Funktionsfähigkeit und Wirksamkeit der gesamten Anlage und der Messeinrichtungen zu erfolgen.

Für die Teilströme 2 und 3 sind keine kontinuierlichen Überwachungsmaßnahmen vorgesehen, sondern die Anlage ist zwei Mal jährlich durch Sachverständige oder eine andere geeignete Anstalt zu überprüfen und untersuchen. Dabei wird auch die Einhaltung der geltenden Grenzwerte kontrolliert.

5.1 Abwasseranalyse

Im folgenden soll das Ausmaß und die derzeitige Vorgehensweise bei der Untersuchung der Abwasserproben kurz dargestellt werden.

5.1.1 Probenahme

Für die Abwasseranalyse werden zwei Abwasserproben entnommen: eine aus dem Abwasserspeicherbecken und eine aus dem Abfluss der Filterpresse in der Druckerei.

Die Abwasserprobe aus dem Abwasserspeicherbecken wird mittels eines Bechers direkt aus dem Ablauf des Speicherbeckens im Keller des Technikraums für das Abwasserspeicherbecken entnommen und mit einem Kübel nach oben transportiert. Dort wird die Probe auf eine Flasche und in die zwei Trichter für die Bestimmung der absetzbaren Stoffe verteilt. Abbildung 14 zeigt den Schacht aus dem die Abwasserprobe entnommen wird.



Abbildung 14: Probenahmestelle Abwasserspeicherbecken

Die Abwasserprobe aus der Druckerei wird mittels eines Bechers direkt aus dem Abfluss der Filterpresse entnommen und in eine Flasche gefüllt. Der Ablauf aus dem die Probe entnommen wird, ist in Abbildung 15 dargestellt.



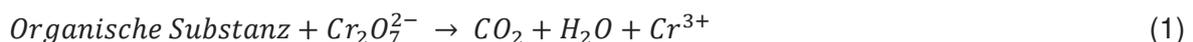
Abbildung 15: Probenahmestelle Filterpresse Druckerei

5.1.2 pH – Wert, Temperatur und Menge

Die Erfassung und Aufzeichnung des pH-Werts sowie der Temperatur und der Menge erfolgt automatisch. Für die Bestimmung des pH-Werts wird daher nur der, zum Zeitpunkt der Probenahme am Schaltkasten angezeigte Wert, abgelesen und notiert. Eine Auswertung der eingeleiteten Abwassermenge erfolgt jeweils am Monatsende anhand der automatisch aufgezeichneten Werte.

5.1.3 CSB

Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) ist ein Summenparameter, der die Menge an gelöstem Sauerstoff angibt, die zur Oxidation der im Wasser enthaltenen vorwiegend organischen Stoffe benötigt wird. Der CSB stellt im Bereich des Abwassers einen wichtigen Parameter dar, weil er zur Berechnung der Abgaben herangezogen wird. Die CSB-Bestimmung bei Abwässern erfolgt in der Regel mit Kaliumdichromat, wobei die ablaufende chemische Reaktion wie folgt dargestellt werden kann:



Je höher der Gehalt an oxidierbaren Substanzen im Abwasser ist, umso mehr Dichromat wird verbraucht. Anschließend wird der Dichromatverbrauch in die äquivalente Menge an O₂ umgerechnet, die zur gleichen Oxidation geführt hätte. Damit stellt der CSB eine wichtige Kenngröße für die Gesamtbelastung eines Abwassers mit organischen Stoffen dar. Es muss jedoch beachtet werden, dass der CSB keine Berechnung der Menge organischer Stoffe im

Abwasser zulässt, da unterschiedliche Substanzen für eine vollständige Oxidation unterschiedlich viel Oxidationsmittel benötigen. [9, S. 101-105], [10, S. 266-267]

Bei der innerbetrieblichen Abwasseranalyse der Mondi Bags Austria GmbH erfolgt die Bestimmung des CSB einmal wöchentlich durch das Betriebspersonal mittels eines CSB-Küvettentests.

Der CSB-Küvettentest ist - die in Betriebslaboren - standardmäßig eingesetzte Methode zur Bestimmung des Chemischen Sauerstoffbedarfs, da der Verbrauch an Gefahrenstoffen wie Quecksilber und Schwefelsäure geringer ist, als beim Normverfahren und die Entsorgung der Chemikalien unproblematisch ist, da die gebrauchten Küvetten vom Hersteller zurückgenommen und entsorgt werden. [9, S. 101-105]

Das Prinzip des Tests kann wie folgt beschrieben werden: Die im Abwasser enthaltenen oxidierbaren Stoffe reagieren mit der schwefelsauren Kaliumdichromatlösung, wobei Silbersulfat als Katalysator dient. Die Messung basiert auf dem unterschiedlichen Absorptionsverhältnis von Cr(VI) (gelb) und Cr(III) (grün) von Licht mit einer Wellenlänge von 620 nm. [9], [10]

Die CSB-Analyse wird für zwei Abwasserproben durchgeführt. Einmal für das Abwasser direkt nach der Abwasservorbehandlung in der Druckerei und einmal für das Wasser aus dem Abwasserspeicherbecken. Bei den Abwasserproben handelt es sich laut Definition der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung um Stichproben, das heißt eine Einzelprobe die zu einem definierten Zeitpunkt an einem definierten Ort entnommen wird. [7] Diese Proben werden unmittelbar nach ihrer Entnahme mittels eines CSB-Küvettentests untersucht.

Hierfür werden Küvetten des Typs LCK 014 der Firma Lange eingesetzt, die für einen CSB-Messbereich 1.000 – 10.000 mg/l geeignet sind. Vor dem Einpipettieren des Abwassers wird der Bodensatz in der Küvette durch Schwenken in Schwebe gebracht. Anschließend werden 0,5 ml des jeweiligen Abwassers mit einer Kolbenhubpipette in eine Küvette pipettiert und durch Schwenken mit den vorbereiteten Chemikalien vermischt. Die Küvetten werden dann für 120 Minuten in einen Thermostat gegeben. Der Hersteller schreibt eine Temperatur von 148 °C vor. Der Thermostat vor Ort fährt ein Temperaturprogramm, das aus einer Aufheizphase, einer Phase mit konstanter Temperatur und einer Abkühlphase besteht. Dadurch wird eine Temperatur von 148 °C nicht für die vorgegeben 120 Minuten erreicht, was zu einer möglichen Minderbestimmung des CSB führen kann. Nach diesen 120 Minuten wird die Probe zum Abkühlen im geöffneten Thermostat stehen gelassen, bis sie annähernd Raumtemperatur erreicht hat. Vor dem Abkühlen werden die Küvetten zum Vermischen zwei Mal vorsichtig geschwenkt. Nach dem Abkühlen werden die Küvetten gesäubert und die Proben mittels Photometer auf ihren CSB-Gehalt analysiert. Um das Ergebnis möglichst genau zu gestalten, wird jede Probe vier Mal gemessen und die Küvette bei jeder erneuten Messung ein wenig gedreht, um Fehler durch Verschmutzungen an der Küvettenoberfläche oder einzelne suspendierte Partikel in der Probe möglichst gering zu halten. Anschließend wird der Mittelwert aus den vier Messwerten wie folgt errechnet (vgl. Gleichung 2):

$$CSB [mg/l] = \frac{Wert\ 1+Wert\ 2+Wert\ 3+Wert\ 4}{4} \quad (2)$$

5.1.4 Abfiltrierbare Stoffe

Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe wird ebenfalls einmal wöchentlich, jedoch nur für das Abwasser aus dem Sammelbehälter, durchgeführt. Der Aufbau für diese Analyse sieht wie folgt aus: Auf eine Saugflasche wird ein Keramiktrichter mit Gummikonus aufgesetzt. Über einen Schlauch werden die Saugflasche und die Wasserstrahlpumpe verbunden. Durch Aufdrehen des Wassers wird in der Saugflasche in Unterdruck erzeugt und das Abwasser durch den Filter gesaugt. Vor Analysenbeginn wird der Filter in einer Uhrglasschale im Trockenschrank bei 100 °C getrocknet und anschließend in einem Exsikkator abgekühlt. Nach dem Trocknen und Abkühlen wird der leere Filter abgewogen. Für die Abwasseranalyse werden 20 ml oder 25 ml des Abwassers mittels einer Kolbenhubpipette in den Trichter pipetiert und durch einen Cellulose-Nitrate-Membranfilter mit einer Porenweite von 45 µm filtriert. Nach der Filtration wird der trocken gesaugte Filter mindestens zwei Stunden lang im Trockenschrank getrocknet. Nach dem Trocknen wird der Filter mit der Uhrglasschale zum Abkühlen in einen Exsikkator gestellt. Der beladene Filter wird gewogen. Falls noch keine Gewichtskonstanz erreicht wurde, muss der Filter weiter getrocknet werden und der Vorgang des Abkühlens und Wiegens wiederholt werden, bis die Gewichtskonstanz erreicht wird. Aus dem Gewicht des leeren und beladenen Filters wird anschließend der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen berechnet. Die Berechnung erfolgt nach folgender Gleichung:

$$Feststoffgehalt \left[\frac{mg}{l} \right] = \frac{Auswaage [mg] - Einwaage [mg]}{20} * 1000 \quad (3)$$

5.1.5 Absetzbare Stoffe

Die absetzbaren Stoffe werden ebenfalls wöchentlich mittels Imhofftrichter bestimmt. Hierfür werden 1.000 ml in den Trichter gefüllt und der Trichter zwei Stunden in einer Halterung in Ruhe stehen gelassen. Danach kann die Menge der absetzbaren Stoffe abgelesen werden. Um das Ergebnis möglichst genau zu gestalten, wird diese Messung gleichzeitig in zwei Trichtern durchgeführt und ein Mittelwert aus den beiden Messwerten gebildet.

$$Absetzbare\ Stoffe \left[\frac{ml}{l} \right] = \frac{Wert\ 1+Wert\ 2}{2} \quad (4)$$

5.2 Ergebnisse der innerbetrieblichen Abwasseranalyse

Tabelle III im Anhang zeigt die Ergebnisse der routinemäßigen Abwasseruntersuchungen für das Gesamtabwasser durch das Betriebspersonal im Jahr 2009. Die rot markierten Werte stellen Grenzwertüberschreitungen dar.

In Abbildung 16 sind die Ergebnisse der routinemäßigen CSB-Messungen sowie der Messung der Absetzbaren Stoffe graphisch dargestellt. Die roten Linien markieren die Grenzwerte für beide Werte. Der Grenzwert für die absetzbaren Stoffe liegt bei 50 ml/L und

der CSB-Grenzwert bei 150 kg/d. Es ist ersichtlich, dass es im Juni 2009 zu einer massiven Grenzwertüberschreitung gekommen ist. Während des restlichen Jahres lag der CSB jedoch deutlich unter dem Grenzwert. Hingegen wurde bei den absetzbaren Stoffen der Grenzwert mehrmals überschritten oder die gemessenen Werte lagen knapp unter dem, vom Einleitungsvertrag vorgeschriebenen, maximalen Wert. Was sich in Abbildung 16 ebenfalls zeigt, ist, dass eine eindeutige Korrelation zwischen dem Gehalt an absetzbaren Stoffen und der CSB-Fracht besteht.

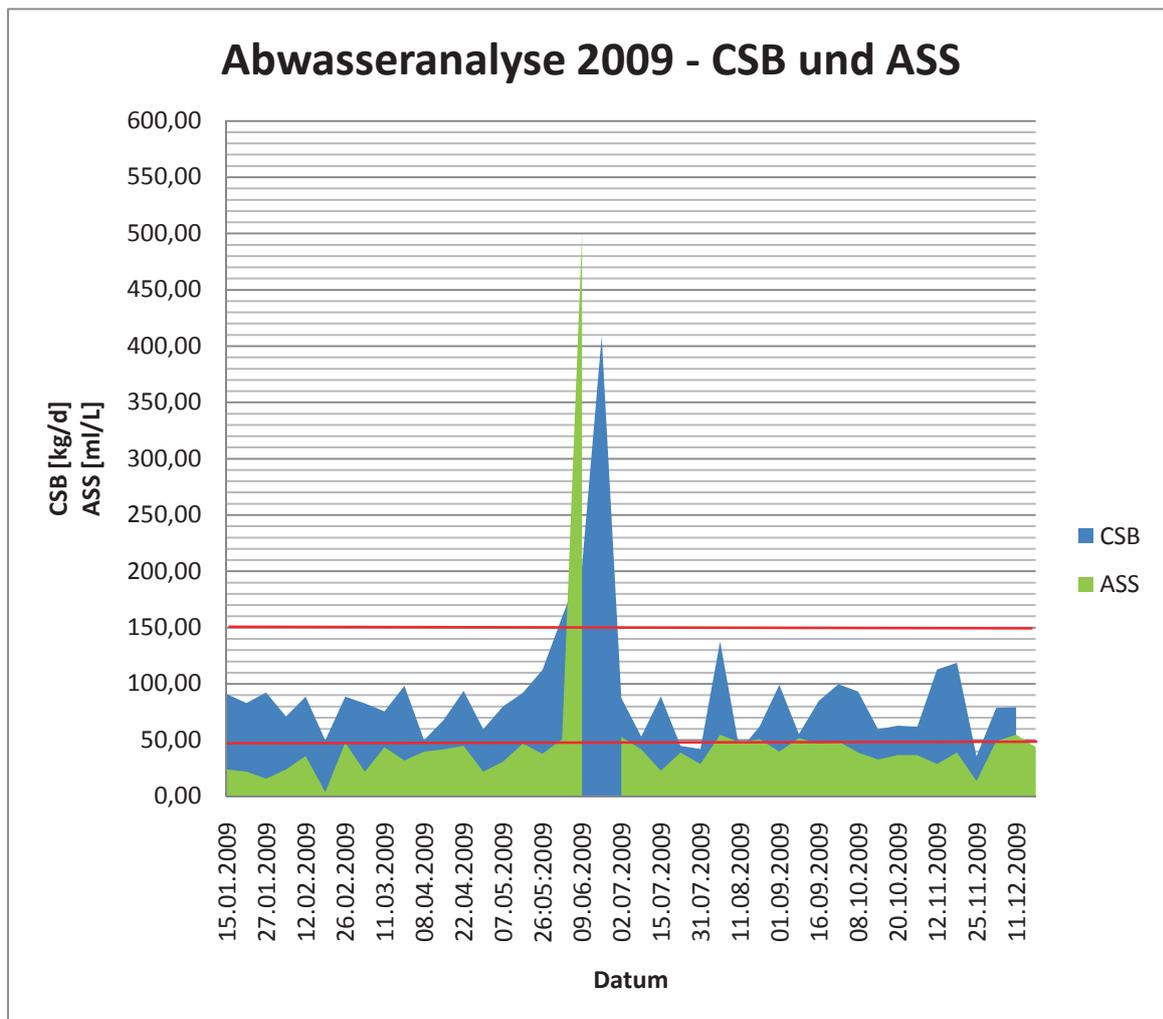


Abbildung 16: Abwasseranalyse 2009 – CSB und ASS

Abbildung 17 zeigt die gemessenen Werte für die abfiltrierbaren Stoffe im Abwasser, die im Jahr 2009 im Rahmen der regelmäßigen Abwasseranalysen festgestellt wurden. Auch hier ist ein massiv erhöhter Wert im Juni ersichtlich. Außerdem zeigt sich, dass die Messwerte in der ersten Jahreshälfte im Schnitt deutlich geringer waren als in der zweiten.

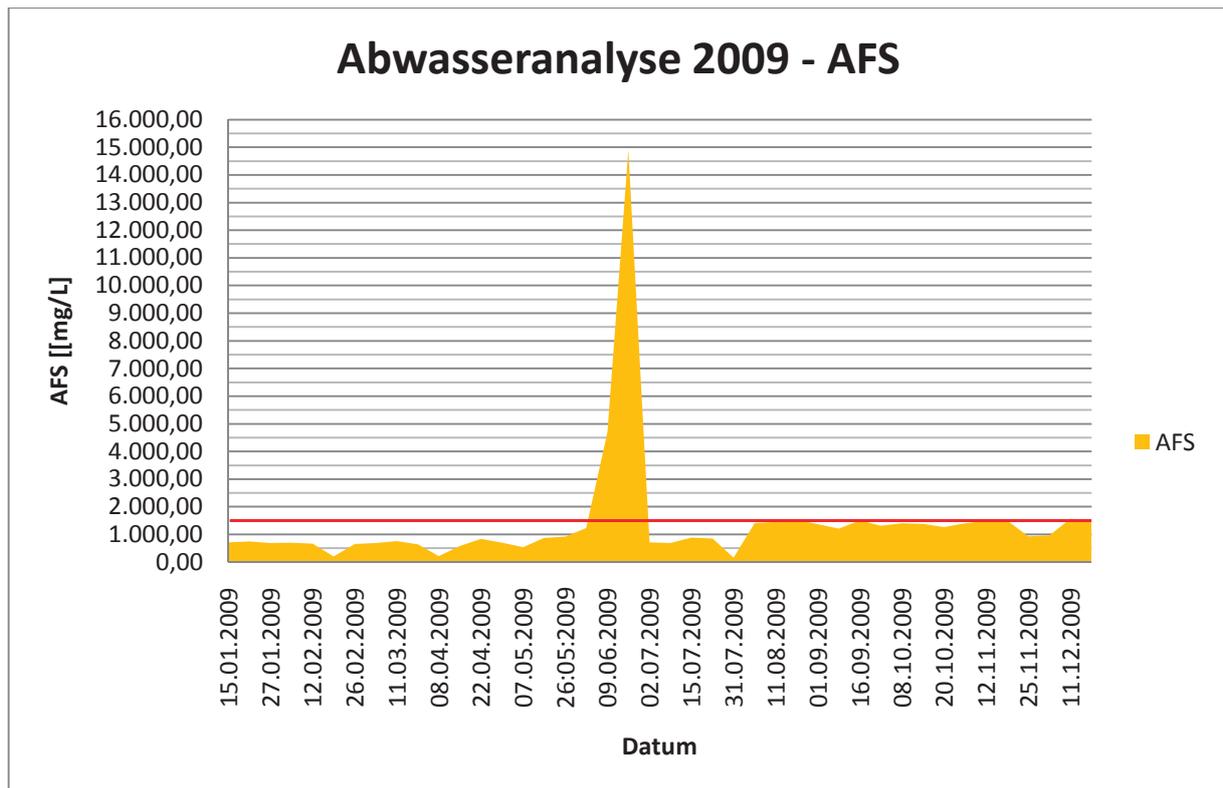


Abbildung 17: Abwasseranalyse 2009 – Abfiltrierbare Stoffe

5.3 Ergebnisse der halbjährlichen Abwasseranalyse durch die Gesellschaft für Analytische Chemie

Zweimal jährlich findet eine externe Überprüfung des innerbetrieblichen Abwassers am Standort statt. Diese wurde in den letzten Jahren durch die Gesellschaft für analytische Chemie durchgeführt.

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden jeweils eine Stichprobe und eine Tagesmischprobe genommen. Neben den auch sonst regelmäßig vom Betriebspersonal bestimmten Abwasserparametern wird bei diesen externen Untersuchungen auch der biochemische Sauerstoffbedarf (BSB₅) bestimmt.

Der BSB ist ein Summenparameter, der die Menge an Sauerstoff angibt, der von Bakterien benötigt wird, um im Abwasser vorhandene organische Stoffe teilweise oder vollständig abzubauen bzw. zu oxidieren. Das heißt, je höher der Gehalt an biochemisch abbaubaren Substanzen im Abwasser ist, umso höher ist der BSB-Wert. Damit stellt dieser Parameter eine wichtige Kenngröße für die Behandlung des Abwassers in der Kläranlage dar. Da schwer abbaubare organische Substanzen oft nicht oder nur unvollständig von den Mikroorganismen abgebaut werden können, ist der BSB₅ stets niedriger als der CSB. Das heißt, die Differenz zwischen CSB und BSB gibt an, wie viele der Abwasserinhaltsstoffe

mikrobiologisch nicht oder nur schwer abbaubar sind. [9, S. 91-93], [10, S. 285-287], [11, S. 239-241]

Die Bestimmung des BSB erfolgt im Labor in einer 5-tägigen Analyse, daher der Name BSB₅. Nach diesem Zeitraum ist der biologische Abbau bis zu ca. 70% abgelaufen. Die bei der Analyse ablaufende Reaktion kann wie folgt beschrieben werden: [10, S. 285]



Wie in Tabelle 5, Tabelle 6 und Tabelle 7 ersichtlich, wurden auch bei diesen externen Untersuchungen immer wieder Grenzwertüberschreitungen festgestellt. Obwohl es zu Beginn des Jahres 2009 zu einer Anhebung der Grenzwerte für die absetzbaren Stoffe und den CSB-Wert kam, wurden auch im letzten Jahr Grenzwertüberschreitungen bei den externen Überprüfungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie festgestellt.

Tabelle 5: Teilstrom 1 – Mischproben-Untersuchungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH [12], [13], [14], [15], [16], [17]

		Mischprobe 17.11.2009 12:00 – 18.11.2009 12:00	Mischprobe 25.05.2009 12:00- 26.12.2009 12:00	Mischprobe 26.11.2008 12:00 – 27.11.2008 12:00	Mischprobe 14.05.2008 12:00 – 15.05.2008 12:00	Mischprobe 28.11.2007 11:40 – 29.11.2007 11:40	Mischprobe 05.06.2007 10:00 – 06.06.2007 10:00	
	Einheit	Ergebnis Messunsicherheit	Ergebnis Messunsicherheit	Ergebnis Messunsicherheit	Ergebnis Messunsicherheit	Ergebnis Messunsicherheit	Ergebnis Messunsicherheit	GW
Aussehen	-	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	-
Farbe	-	rosa	rosa	rosa	rosa	rosa	rosa	-
Geruch	-	leicht stechend nach Reinigungsmittel	leicht stechend nach Reinigungsmittel	leicht stechend nach Reinigungsmittel	leicht stechend nach Reinigungsmittel	leicht stechend nach Reinigungsmittel	leicht stechend nach Reinigungsmittel	-
pH-Wert	-	7,3 ±0,3	7,3 ±0,3	7,4 ±0,3	6,3 ±0,3	6,9 ±0,3	7,3 ±0,3	-
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	[µS/cm]	2.240 ± 224	2.190 ± 219	1.706 ± 171	1.827 ± 183	1.914 ± 191	1.743 ± 174	-
BSB₅ als O₂	[mg/l]	2.560 ± 486	2.680 ± 509	2.440 ± 464	3.750 ± 523	3.660 ± 695	4.790 ± 910	-
CSB als O₂	[mg/l]	7.610 ± 1674	6.730 ± 1.480	4.370 ± 961	6.320 ± 1.391	7.530 ± 1.660	6.070 ± 1.330	-

Tabelle 6: Teilstrom 1 – Mischproben – Untersuchung durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH Abwasserfrachten [12], [13], [14], [15] [16], [17]

	Mischprobe 17.11.2009 12:00 – 18.11.2009 12:00	Mischprobe 25.05.2009 12:00 - 26.12.2009 12:00	Mischprobe 26.11.2008 12:00 – 27.11.2008 12:00	Mischprobe 14.05.2008 12:00 – 15.05.2008 12:00	Mischprobe 28.11.2007 11:40 – 29.11.2007 11:40	Mischprobe 05.06.2007 10:00 – 06.06.2007 10:00	GW bis 2009	GW seit 2009
Einheit	Fracht	Fracht	Fracht	Fracht	Fracht	Fracht		
Ablaufmenge	[m ³ /d] 15	[m ³ /d] 16	[m ³ /d] 13	[m ³ /d] 19	[m ³ /d] 15	[m ³ /d] 26	30	24
Ablaufmenge	[m ³ /h] 2,1	[m ³ /h] 3,0	[m ³ /h] 3,0	[m ³ /h] 2,0	[m ³ /h] 3,5	[m ³ /h] 3,8	4,0	4,0
Ablaufmenge	[l/s] 0,6	[l/s] 0,8	[l/s] 0,8	[l/s] 0,5	[l/s] 1,0	[l/s] 1,1	2,5	2,5
BSB ₅ als O ₂	[kg/d] 38	[kg/d] 54	[kg/d] 32	[kg/d] 71	[kg/d] 55	[kg/d] 125	60	90
CSB als O ₂	[kg/d] 114	[kg/d] 108	[kg/d] 57	[kg/d] 120	[kg/d] 113	[kg/d] 158	100	150

Tabelle 7: Teilstrom 1 - Stichproben - Untersuchungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH [12], [13], [14], [15], [16], [17]

	Einheit	Stichprobe 17.11.2009 12:00	Stichprobe 26.05.2009 11:00	Stichprobe 27.11.2008 12:00	Stichprobe 14.05.2008 11:30	Stichprobe 28.11.2007 11:40	Stichprobe 14.05.2008 11:30	GW	GW Seit 2009
		Ergebnis ± Mess- unsicherheit							
Aussehen	-	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	milchig-trüb	-	-
Farbe	-	rosa	rosa	rosa	rosa	rosa	rosa	-	-
Geruch	-	leicht nach Reinigungsmittel	leicht nach Reinigungsmittel	leicht nach Reinigungsmittel	leicht nach Reinigungsmittel	leicht nach Reinigungsmittel	leicht nach Reinigungsmittel	-	-
Temperatur	[°C]	21,9 ± 0,4	24,1 ± 0,4	18,7 ± 0,4	23,9 ± 0,4	21,4 ± 0,4	24,2 ± 0,4	≤ 35	≤ 35
Absetzbare Stoffe als Volumenanteil	[ml/l]	40 ± 6	5,5 ± 0,8	70 ± 10	110 ± 30	100 ± 14	40 ± 6	≤ 30	≤ 50
Abfiltrierbare Stoffe (AF)	[ml/l]	3.340 ± 367	540 ± 59	2.970 ± 330	1.116 ± 1500	2.680 ± 328	1310 ± 144	≤ 1.500	≤ 1.500
pH-Wert	-	7,1 ± 0,3	7,1 ± 0,3	7,0 ± 0,3	6,6 ± 0,3	7,1 ± 0,1	7,2 ± 0,3	6,5-9,5	6,5-9,5
Elektrische Leitfähigkeit bei 25°C	[µS/cm]	2.280 ± 228	2.110 ± 211	1.580 ± 158	2.050 ± 205	2.000 ± 200	2.020 ± 202	-	-

6 Versuchsreihe – Abwasseruntersuchung

Am 11.01.2010 wurde im Rahmen dieser Diplomarbeit eine Versuchsreihe am Standort der Firma Mondi Bags Austria GmbH gestartet. Ziel dieser Versuchsreihe war es, mögliche Analysefehler durch Vergleichsmessungen mit dem Labor des Instituts für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben festzustellen und die Schwankungsbreite der Messwerte innerhalb einer Woche zu dokumentieren.

6.1 Versuchsdurchführung

Zu diesem Zweck wurden täglich vormittags zwischen 09:00 und 11:30 Abwasserproben in Form von Stichproben aus dem Abwasserspeicherbecken, dem behandelten Abwasser aus der Druckerei und aus den einzelnen Abwasserschächten an den Schlauchziehmaschinen und den Bodenlegermaschinen entnommen. Für die Abwasserproben aus dem Abwasserspeicherbecken wurden folgende Analysen durchgeführt:

- CSB-Küvettest
- Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen
- Gehalt an absetzbaren Stoffen
- pH-Wert Messung

Für das Abwasser aus der Druckerei wurde täglich ein CSB-Küvettest durchgeführt. Für die Abwässer aus den einzelnen Abwasserschächten wurde der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen bestimmt. Außerdem wurde die Schlammmenge in den einzelnen Schächten täglich gemessen.

Um Vergleichsdaten zu erhalten, wurde einmal wöchentlich das Abwasser der Druckerei, sowie das Abwasser aus dem Sammelschacht durch das Labor Institut des Instituts für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben untersucht. Hier wurde ebenfalls CSB-Küvettests für beide Abwässer durchgeführt, um Vergleichswerte für die am Standort Zeltweg gemessenen Werte zu erhalten. Des Weiteren wurde das Gesamtabwasser auf den BSB-Gehalt hin untersucht.

Die Bestimmung des BSB sollte zeigen, welcher Anteil der im Abwasser enthaltenen Stoffe biologisch leicht abbaubar ist.

Durch die Messung der abfiltrierbaren Stoffe an den einzelnen Abwasserschächten der Schlauchziehmaschinen und Bodenlegermaschinen sollte festgestellt werden, ob das Abwasser an einer oder mehreren Maschinen einen stärkeren Verunreinigungsgrad aufweist als bei anderen.

Vor Beginn und am Ende der Versuchsreihe wurde außerdem eine Bestandserfassung der Klebstoffe durchgeführt, um parallel zur Abwasseruntersuchung auch eine Klebstoffbilanz erstellen zu können.

6.2 Ergebnisse der Versuchsreihe

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind in Tabelle 8 und Tabelle 9 dargestellt. Tabelle 8 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung des Abwassers in den lokalen Abwasserschächten an den einzelnen Maschinen. Bei diesen Analysen zeigte sich, dass es durchaus große Unterschiede im Verunreinigungsgrad des Abwassers an den einzelnen Maschinen gibt. Während der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen im Abwasser am Bodenleger der Linie 3 und der Schlauchmaschine der Linie 2 während der gesamten Versuchsreihe sehr gering war, wurden in den Abwasserschächten der Schlauchmaschinen 410, 413 und 424 sowie am Abwasserschacht der Bodenleger 451 und 452 sehr hohe Gehalte an abfiltrierbaren Stoffen festgestellt.

Tabelle 8: Abfiltrierbare Stoffe und Schlamm in den lokalen Abwasserschächten

Analyse/Datum	Einheit	11.01.2010	12.01.2010	13.01.2010	14.01.2010	18.01.2010	21.01.2010	22.01.2010
AFS - Linie 4 SM 412	mg/L	606	827	30	479	945	2445	954
AFS - Linie 1 SM 410	mg/L	3.042	6.096		1.724	633	245	2.254
AFS - Linie 2 SM 411	mg/L	876	242	264	233	3.627	127	1.900
AFS - Linie 3 SM 413 & Linie 5 SM 424	mg/L	4.212	1.688	703	1.276	524	1.167	1.445
AFS - Linie 4 BL 454	mg/L	18	61	315	530	333	230	333
AFS - Linie 1 BL 451 & Linie 2 BL 452	mg/L	536	3.194	1215	1.218	1.260	5.709	
AFS - Linie 3 BL 453	mg/L	6	0	121	0	0	118	206
Schlamm - Linie 4 SM 412	cm	0	0	0	0	0,2	0,1	0
Schlamm - Linie 1 SM 410	cm	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5
Schlamm - Linie 2 SM 411	cm							
Schlamm - Linie 3 SM 413 & Linie 5 SM 424	cm	0,5	2	2	3	2	1	0,2
Schlamm - Linie 4 BL 454	cm	4,5	0,5	0,5	1	1	0,4	0
Schlamm - Linie 1 BL 451 & Linie 2 BL 452	cm	12	9	12	12	12	12	13
Schlamm - Linie 3 BL 453	cm	0,5	0	0,2	1	0,5	0	0

Im Rahmen der Probenahme wurde auch festgestellt, dass der Abwasserschacht der Schlauchmaschine Linie 1, der nur durch einen Gitterrost abgedeckt wird, sehr oft stark mit am Rost anhafteten Klebstoffresten verunreinigt war und das Abwasser einen relativ hohen CSB-Wert aufwies. Dies deutet darauf hin, dass stark mit Klebstoff verunreinigte Gefäße hier gewaschen wurden, ohne vorher die direkt entsorgbaren Klebstoffreste zu entfernen.



Abbildung 18: Abwasserschacht Schlauchmaschine Linie 1 SM 410

Auch im Abwasserschacht der Schlauchmaschinen der Linie 3 und 5 wurden häufiger sehr hohe Konzentrationen an abfiltrierbaren Stoffen gemessen. Hier war es vor allem ein geschlossener, am Abwasser aufschwimmender Klebstoffteppich, der zeigte, dass der Klebstoffeintrag ins Abwasser relativ hoch ist. Der genaue Schlammpegel in diesem Schacht konnte nicht bestimmt werden, da keine manuelle Regelung der Abwasserabpumpung möglich war. Abbildung 19 zeigt den im Abwasserschacht aufschwimmenden Klebstoffteppich.



Abbildung 19: Abwasserschacht Schlauchmaschine Linie 3 SM 413 und Linie 5 424

Die einzelnen lokalen Abwasserschächte an den Maschinen sind so gestaltet, dass der Boden einen gewissen Neigungsgrad aufweist. Bei den meisten Schächten ist die Abwasserabpumpung so ausgelegt, dass sie das Abwasser an der tiefsten Stelle des Schachts ansaugt und somit eine vollständige Entleerung der Abwasserschächte möglich ist. Im Abwasserschacht der Bodenleger Linie 1 und Linie 2 ist die Abwasserabsaugung jedoch so installiert, dass das Abwasser ca. 12 cm über dem tiefsten Punkt des Abwasserschachts angeordnet ist, wodurch sich ein gewisses Maß, des im Abwasser enthaltenen Klebstoffs absetzen kann. Dies erklärt die höhere Schlammmenge in diesem Schacht.

Tabelle 9 zeigt die gemessenen Analysewerte für das Gesamtabwasser und das Abwasser der Druckerei. Die rot geschriebenen Werte sind Analyseergebnisse, die über dem, durch den Einleitungsvertrag festgeschriebenen, Grenzwert liegen. Vor allem der Gehalt an absetzbaren Stoffen lag häufiger über dem Grenzwert. Es ist außerdem ersichtlich, dass es bei den Messungen der CSB-Fracht während des gesamten Versuchszeitraums zu keiner Grenzwertüberschreitung kam.

Tabelle 9: Abwasseranalyse Gesamtabwasser und Abwasser Druckerei

	Abwasser- menge	pH - Wert	CSB Gesamt- Abwasser		AFS		ASS	Abwasser- menge Druckerei	CSB Druckerei	
				150	1500					
Grenzwert		6,5 - 9,5		150	1500		50			
Datum	m ³		mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	ml/l	m ³	mg/l	kg/d
1.-2.	1									
2.-3.	0									
3.-4.	9									
4.-5.	9									
5.-6.	7									
6.-7.	10									
7.-8.	15							6		
8.-9.	8									
9.-10.	3									
10.-11.	8		7.655	61,24	1242	9,94	120	6		
11.-12.	16	8,64	7.061	112,98	1405	22,48	85	6	6.155	36,93
12.-13.	9	8,63	8.330	74,97	1809	16,28	64,00	6	2.750	16,50
13.-14.	20	8,64	5.570	111,40	1012	20,24	40,00	6	3.870	23,22
14.-15.	8	8,67	4.756	38,05	1096	8,77	22,00	6	4.669	28,01
15.-16.	14									
16.-17.	8									
17.-18.	9	8,63	5.631	50,68	1360	12,24	58,00	6	5.478	32,87
18.-19.	18	8,7	4.655	83,79		0,00	30,00	6	4.676	28,06
19.-20.	16	8,6	5.999	95,98		0,00	24,00	6	6.860	41,16
20.-21.	10	8,7	5.218	52,18	1097	10,97	24,00	6	5.708	34,25
21.-22.	16	8,8	7.730	123,68	1567	25,07	64,00	6	9.589	57,53
22.-23.	11									
23.-24.	8									
24.-25.	10	8,83	7.032	70,32	1250	12,50	92,00	6	6.065	36,39
25.-26.	9	8,73	7.224	65,02	1640	14,76	53,00	6	7.742	46,45
26.-27.	16	8,77	6.084	97,34	970	15,52	64,00	6	4.925	29,55
27.-28.	13	8,74	7.829	101,78	1655	21,52	49,00	6	3.864	23,18
28.-29.	17	8,77	5.279	89,74	1480	25,16	36,00	6	5.605	33,63
29.-30.	11									
30.-31.	9									
01.Feb	14							6		
GESAMT	332		96.053					102	77956	
Durchschnitt	10,7		6403,5					6	5568,3	
CSB Monats-Fracht Gesamtabwasser			2126,0 kg							
CSB Monats-Fracht Druckereiabwasser			568,0 kg							

In Tabelle 10 sind die Ergebnisse der Vergleichsmessungen mit dem Labor des Instituts für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben dargestellt. Es ist ersichtlich, dass es bei den CSB-Messungen zu deutlich divergierenden Ergebnissen kam, wobei die betriebsintern gemessenen CSB-Werte stets höher waren, als jene, die im Labor des IAE gemessen wurden.

Außerdem wurde vom Labor des IAE der BSB der Abwasserproben bestimmt. Hier zeigt sich, dass dieser lediglich 29 bzw. 35% des CSB ausmacht. Grundsätzlich ist der BSB zwar stets geringer als der CSB, jedoch haben, wie in Tabelle 5 dargestellt, frühere Messungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie wesentlich höhere BSB Anteile ergeben. Dies lässt darauf schließen, dass der Anteil an biologisch leicht abbaubaren Klebstoffanteilen im Abwasser zurückgegangen ist bzw. der Anteil an biologisch schwer abbaubaren Klebstoffrückständen im Abwasser gestiegen ist.

Tabelle 10: Analysenergebnisse der Vergleichsmessungen des IAE

Analysenergebnisse - Vergleichsmessungen Jänner 2010												
IAE Montanuniversität Leoben												
	Abwasser- menge	BSB ₅ IAE		CSB Gesamt- Abwasser Mondi		CSB Gesamt- Abwasser IAE		Abwasser- menge Druckerei	CSB Druckerei Mondi		CSB Druckerei IAE	
Datum	m ³	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	m ³	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
13.-14.	20	1.313	26,3	5.570	111,4	4510	90,2	6	3.870	23,2	2.885	66,99
20.-21.	10	1.679	16,8	5.218	52,2	4795	48,0	6	5.708	34,3	4.250	145,55

Im Versuchszeitraum wurden auch vom Abwasserverband Raum Zeltweg Vergleichsmessungen durchgeführt. Allerdings wurden diese Analysen nicht mit den gleichen Proben durchgeführt, wie jene, die betriebsintern sowie im Labor der Montanuniversität durchgeführt wurden. Das Personal vom Abwasserverband entnahm eigene Stichproben zu anderen Zeitpunkten. Somit besteht nur eine beschränkte Vergleichbarkeit, denn die Abwasserzusammensetzung schwankt über den Zeitraum eines Tages, sobald im Betrieb Reinigungsarbeiten an den Maschinen durchgeführt werden oder Abwasser aus der Abwasservorbehandlung der Druckerei in das Speicherbecken gelangt. Während die gemessenen CSB-Werte ähnlich sind, weisen die gemessenen Werte für den Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen große Unterschiede auf.

Tabelle 11: Abwasseranalyse – Vergleichsmessungen Abwasserverband Raum Zeltweg

Analysenergebnisse - Vergleichsmessungen IAE Montanuniversität Leoben									
	Abwasser- menge	CSB Mondi		CSB Abwasser- verband Zeltweg		AFS Mondi		AFS Abwasserverband Zeltweg	
Datum	m ³	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d	mg/l	kg/d
19.-20.	16	5.999	95,98	5.609	89,74				
20.-21.	10	5.218	52,18			1.097	10,97	1.720	17,20
21.-22.	16	7.730	123,68			1.567	25,07		
22.-23.	11			8.930	98,23			3.720	40,92
23.-24.	8								
24.-25.	10	7.032	70,32	6.892	68,92	1.250	12,50	2.260	22,60
25.-26.	9	7.224	65,02	7.303	65,73	1.640	14,76	2.440	21,96
26.-27.	16	6.084	97,34	9.290	148,64	970	15,52	3.020	48,32
27.-28.	13	7.829	101,78	6.128	79,66	1.655	21,52	1.186	15,42
28.-29.	17	5.279	89,74	5.451	92,67	1.480	25,16	1.100	18,70
29.-30.	11			5.593	61,52			1.660	18,26
30.-31.	9			7.940	71,46			2.810	25,29
01.Feb	14			7.547	105,66			1.750	24,50

6.3 Auswertung des Versuchs

Im Rahmen der Versuchsreihe wurden alle eingesetzten Analysengeräte untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass die Kolbenhubpipette, die zum Einmessen des Abwassers für die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe verwendet wird, nicht mehr voll funktionstüchtig ist und dadurch beim viermaligen Pipettieren von den eingestellten 5 ml insgesamt tatsächlich 30 ml anstatt der vorgesehenen 20 ml Probenflüssigkeit gezogen wurden. Aus diesem Grund mussten die Analysenwerte für die abfiltrierbaren Stoffe korrigiert werden. Die weiteren Messungen für abfiltrierbare Stoffe wurden dann mittels eines Becherglases dosiert und eine neue Kolbenhubpipette wurde bestellt. Da nicht festgestellt werden konnte, wie lange diese Pipette schon defekt war, ist es durchaus möglich, dass die erhöhten Messwerte für die zweite Jahreshälfte 2009 auf diesen Defekt zurückzuführen sind.

Problematisch bei der Messung der abfiltrierbaren Stoffe erscheint, dass lediglich 20 oder 25 ml Probe zur Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe analysiert werden und das Ergebnis dann mit dem Faktor 50 auf einen Liter hochgerechnet werden muss. Dadurch können schon sehr kleine Messschwankungen zu großen Fehlern im Endergebnis führen. Da im Abwasser ein relativ hoher Feststoffanteil suspendiert vorliegt, kann es sehr leicht zum Erfassen von mehr oder weniger vielen Feststoffpartikeln kommen.

Die Messergebnisse für die abfiltrierbaren Stoffe, die am Standort und vom Abwasserverband Raum Zeltweg gemessen wurden, divergieren stark. Dies ist dadurch erklärbar, dass der Abwasserverband zur Bestimmung dieses Parameters eine

Druckfiltrationsanlage verwendet, mittels derer größere Abwasservolumina analysiert werden können als bei einer Vakuumfiltration, wie sie bei Mondi Bags Austria betriebsintern zur Anwendung kommt. Somit muss der bei einer Druckfiltration gemessene Wert nicht erst auf einen Liter hochgerechnet werden und eine damit verbundene Vervielfachung von Messfehlern tritt nicht auf. Des Weiteren kann auch die Verwendung eines feineren Filters zu dieser Mehrbestimmung an abfiltrierbaren Stoffen geführt haben. Da aber die Proben, wie bereits erwähnt, nicht zum gleichen Zeitpunkt entnommen wurden, wie jene, die innerbetrieblich analysiert wurden, kann auch eine tatsächliche Veränderung der Abwasserqualität zu den unterschiedlichen Messergebnissen geführt haben.

Um zu zeigen, wie stark die Messschwankungen bei der Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffen sind, wurden mehrere Vergleichsmessungen für die gleiche Urprobe durchgeführt. Dabei zeigte sich, dass die Differenz der Endergebnisse bis zu 529 mg/l betrug. Die ursprüngliche Differenz der Messergebnisse, das heißt der Massen an abfiltrierbaren Stoffe in 20 ml Probe, betrug jedoch nur 10,58 mg. Erst durch das Hochrechnen auf einen Liter bzw. das Multiplizieren mit dem Faktor 50 kam es zu dem großen Unterschied von 529 mg/l.

Damit weist die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe mittels Vakuumfiltration, bedingt durch die geringe Probenmenge, sowie die inhomogene Abwasserzusammensetzung, keine sehr hohe Präzession auf.

Tabelle 12: Präzessionsbestimmung – Abfiltrierbare Stoffe

Analysenergebnisse - Präzessionsbestimmung AFS					
	CSB 1	CSB 2	CSB 3	CSB 4	Durchschnitt
Datum	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
25.Jän	1.250	1.144	1.673	1.211	1.320
26.Jän	1.640	1.725	1.936	1.606	1.727

Die CSB-Vergleichsmessungen des Labors des IAE der Montanuniversität Leoben zeigten eine signifikante Abweichung von den am Standort gemessenen Werten. Grundsätzlich wurden im Labor des IAE immer niedrigere Werte als am Standort gemessen.

Aufgrund dieses Messfehlers wurde versucht, die Ursache für diese Abweichung vom Sollergebnis festzustellen. Dafür wurde die Kolbenhubpipette durch 40-maliges Pipettieren von 0,5 ml in ein Becherglas überprüft. Bei dieser Überprüfung wurde keine Abweichung der pipettierten Menge vom Sollwert festgestellt.

Des Weiteren wurde eine Überprüfung des Photometers mittels einer Standardlösung durchgeführt. Davor wurde jedoch Staub, der sich im Photometer befand, entfernt. Bei dem Test mit der Standardlösung wurde dann festgestellt, dass die gemessenen Werte innerhalb der Grenzen des Konfidenzintervalls lagen. Das heißt, der Sollwert wäre 5.000 mg/l CSB gewesen, das Konfidenzintervall betrug ± 300 mg/l und der tatsächlich gemessene Wert lag bei 5.009 mg O₂/l.

Somit konnte keine konkrete Ursache für die Abweichung des Messergebnisses festgestellt werden. Da aber im Abwasser sehr viele Schwebstoffe enthalten waren, ist ein Fehler von 1.000 mg O₂/l durchaus nicht ungewöhnlich, da es beim Einpipettieren zum Erfassen von einer mehr oder weniger großen Feststoffmenge kommen kann, und ein einzelner Klebstoffpartikel aufgrund der geringen Probenmenge bereits zu einem signifikant unterschiedlichen Messergebnis führen kann. Der Staub im Messgerät könnte ebenfalls zu den erhöhten CSB-Messwerten geführt haben, da ja das Messprinzip auf der Absorption von Licht basiert. Des Weiteren wurde die vom Labor der Montanuniversität Leoben untersuchte Probe erst einige Tage nach der Probenahme analysiert. Und obwohl die Proben gekühlt gelagert wurden, kann es in diesem Zeitraum zu einer Veränderung des Abwassers gekommen sein, die zu den unterschiedlichen Messergebnissen führte.

Auch die Summe vieler kleiner Messfehler kann zu einer Gesamtabweichung der Messergebnisse führen. Zum einen kommt es schon bei der Probenteilung zu einem gewissen Fehler, da die Probe während des Teilens nicht durch kontinuierliches Rühren homogenisiert werden kann. Durch ein Aufwirbeln der abgesetzten Feststoffe in den Küvetten kann es bei der Analyse ebenfalls zu einem gewissen Messfehler kommen.

Um die Präzession der CSB-Analyse zu untersuchen, wurden von Abwasserproben unterschiedlicher Tage mehrere Analysenproben hergestellt und diese auf ihren CSB untersucht. In Tabelle 13 sind die Ergebnisse dieser Versuche dargestellt. Es zeigt sich, dass aufgrund des hohen Feststoffanteils die Messwerte unterschiedlicher Analysenproben bei gleicher Urprobe durchaus schwanken.

Tabelle 13: Präzessionsbestimmung – CSB Analyse

Analysenergebnisse - Präzessionsbestimmung CSB Analyse					
	CSB 1	CSB 2	CSB 3	CSB 4	Durchschnitt
Datum	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
25.Jän	7.032	7.145	7.070	6.992	7.060
26.Jän	7.224	7.136	7.425	7.289	7.269

In Anbetracht dieser Tatsache Betrachtet ist es durchaus möglich, dass es in Summe zu einer Messwertdifferenz zwischen den am Standort gemessenen Werten und jenen des Labors des IAEs kommt. Des Weiteren ist es möglich, dass das Photometer, da es in den meisten Fällen nur einmal pro Woche verwendet wird und nicht abgedeckt ist, etwas verstaubt war und dieser Staub zu der Verfälschung bzw. Erhöhung der gemessenen Werte führte.

6.4 Bilanzierung der Stoffströme

Um die einzelnen Stoff- und Gutströme in der Produktion transparent darzustellen, wurde eine Stoffstromanalyse durchgeführt.

6.4.1 Wasserbilanz

Abbildung 20 zeigt die Wasserbilanz für den Untersuchungszeitraum Jänner 2010. Es zeigt sich, dass der Wasserverbrauch in den einzelnen Produktionsbereichen durchaus mit dem im ersten Monat des Vorjahres vergleichbar ist. Die Darstellung der Wasser- und Abwassermengen erfolgt in Form von Absolutwerten in m³/Monat. Im Untersuchungszeitraum wurden 1.095 m³ an Technologie- und Sanitärwasser verbraucht.

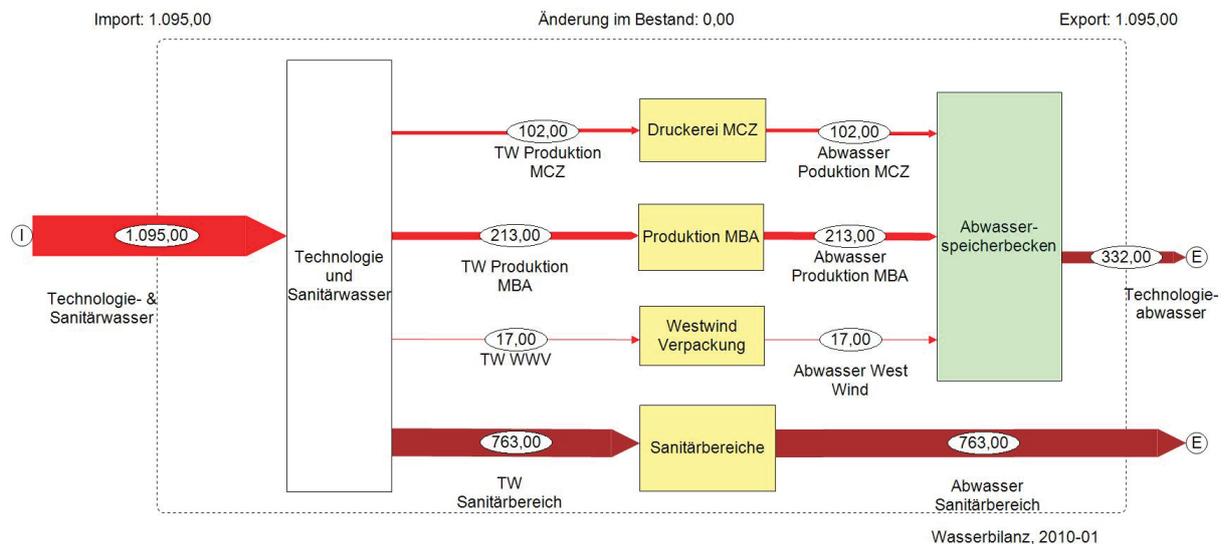


Abbildung 20: Wasserbilanz 2010-01 in m³/Monat

In Abbildung 21 wurden die einzelnen Wasser- und Abwasserströme in Relation zum Inputstrom berechnet. Dadurch wird ersichtlich, welchen Anteil die einzelnen Produktionsbereiche am Wasserverbrauch bzw. Abwasseranfall haben. Um wirklich nur den Anteil am Technologieabwasser darzustellen, wurde der Sanitärwasserstrom außer Acht gelassen. Es zeigt sich, dass der Abwassereintrag aus dem Produktionsbereich Mondi Bags mehr als doppelt so groß ist, wie jener aus der Produktion von Mondi Coating. Der Anteil an Abwasser von Westwind Verpackungen entspricht dem durch Berechnung zugewiesenen Anteil von 5 %

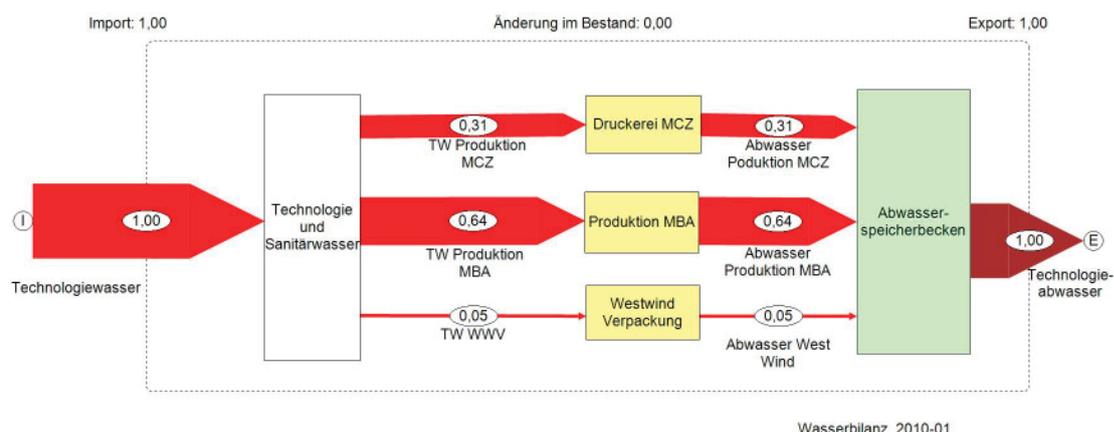


Abbildung 21: Wasserbilanz 2010-01 bezogen auf den Gesamtimport

6.4.2 CSB Bilanz

Wie bereits in Kapitel 5.1.3 erläutert, lässt die CSB-Fracht keinen Rückschluss auf die Menge organischer Stoffe im Abwasser zu. Jedoch ist der CSB eine äußerst relevante Abwasserkennzahl, da die CSB-Fracht die Höhe der Abgaben, die an den Abwasserbehandler zu zahlen sind, beeinflusst.

In Abbildung 22 ist der Beitrag der einzelnen Unternehmen zur CSB-Gesamtfracht dargestellt. Die Ermittlung der CSB-Fracht erfolgte auf die gleiche Weise wie sonst die Zurechnung zu den einzelnen Unternehmen und die Berechnungen für den Abwasserverband Raum Zeltweg. Dazu wird ein Mittelwert aus den im Jänner gemessenen CSB-Werten für das Abwasser der Druckerei, sowie das Gesamtabwasser gebildet und mit der jeweiligen monatlichen Gesamtabwassermenge multipliziert. Die angegebenen Werte in der Grafik sind somit die CSB-Fracht in kg/mon. Im Jänner 2010 wurden 2.126,0 kg CSB-Fracht in die Kanalisation des Abwasserverbands Raum Zeltweg eingeleitet. Davon stammt der Großteil, nämlich 1.451,70 kg, aus der Produktion von Mondi Bags Austria. Der Anteil von Westwind Verpackung entspricht 5% der Gesamtfracht, also 106,3 kg. Der Anteil von Westwind Verpackung entspricht 5% der Gesamtfracht, also 106,3 kg. Der Anteil von Mondi Coating basiert auf den gemessenen CSB-Werten in der Druckerei und der aus diesem Bereich stammenden Abwassermenge und beträgt 568,0 kg.

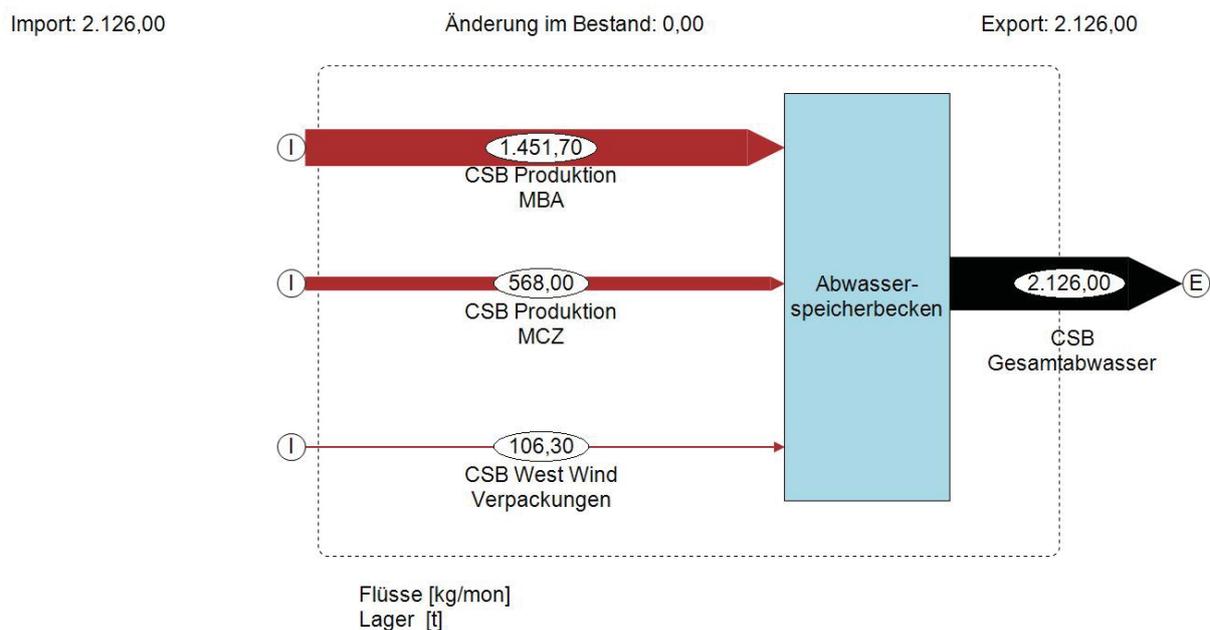


Abbildung 22: CSB-Bilanz Jänner 2010 in kg/mon

Betrachtet man den normierten Anteil der jeweiligen Unternehmen an der CSB-Gesamtfracht, so stellt sich die Situation wie in Abbildung 23 gezeigt dar: 68 % der CSB-Fracht stammen aus der Produktion von Mondi Bags Austria, 27 % gelangen über das Druckereiabwasser in das Technologieabwasser und Westwind Verpackung wird ein Anteil von 5% an der CSB-Fracht zugerechnet. Abbildung 23 zeigt die normierten Ströme, bezogen auf die CSB-Fracht im Gesamtabwasser.

Tabelle 15 gibt Aufschluss über die im Untersuchungszeitraum entsorgten Mengen an organischem bzw. anorganischem Klebstoff. Dieser Klebstoffabfall stellt jedoch eine Mischung aus dem ursprünglich pulverförmigem Klebstoff und dem beigemengtem Wasser, sowie fertig zubereiteten Klebstoffen dar. Da die Konsistenz dieses Klebstoffabfalls, wie in Abbildung 24 ersichtlich, keineswegs homogen ist, wurde der ungefähre Trockensubstanzgehalt aufgrund von Erfahrungswerten aus bisher, durch das Unternehmen durchgeführten Analysen, angenommen. Es muss aber festgehalten werden, dass dieser Wert nur einen Schätzwert darstellt, da eine genaue Bestimmung des Wassergehalts aufgrund der inhomogenen Zusammensetzung kaum möglich ist.

Tabelle 15: Klebstoffentsorgung

Klebstoff	Entsorgte Menge nass [kg]	Wassergehalt [%]	Entsorgte Menge trocken [kg]
Organischer Klebstoff	1.000	80	200
Anorganischer Klebstoff	1.200	60	480



Abbildung 24: Klebstoff - Entsorgung

An der Produktionslinie 4 wurde im Untersuchungszeitraum ein sehr großer Auftrag mit rein organischem Klebstoff gefahren und die Linie 3 stand in diesem Zeitraum für zwei Wochen, aufgrund von Reparaturarbeiten, still. Dadurch ergibt sich natürlich eine gewisse Verzerrung der Daten. Da es aber immer wieder Großaufträge, Stillstände und Revisionsarbeiten gibt, sind die Messungen trotzdem ein Abbild des durchschnittlichen Betriebszustandes.

Abbildung 25 zeigt den Klebstoffgehalt im Abwasser in Relation zum CSB Gehalt. Der Klebstoffgehalt im Abwasser wurde bestimmt, indem 100 ml des Abwassers als Untersuchungsprobe entnommen wurden und das darin enthaltene Wasser verdampft wurde. Anhand der Massendifferenz vor und nach dem Abdampfen des Wassers konnte der Gehalt an Klebstoff bestimmt werden. Um den Klebstoffgehalt im Abwasser über den Untersuchungszeitraum zu bestimmen, wurde der mittlere CSB-Gehalt im Abwasser für

diesen Zeitraum bestimmt und anschließend wurde aus der untenstehenden Grafik der entsprechende Gehalt an Abdampfrückstand, der dem Klebstoffgehalt entspricht, abgelesen. Das bedeutet, dass bei einem mittleren CSB von 6.403 mg/l von einer Klebstoffkonzentration von in etwa 2.000 mg/l ausgegangen werden kann. Bei einer Abwassermenge von 213.000 Litern bedeutet das, dass von einer Klebstoffmenge von 426 kg im Abwasser ausgegangen werden kann.

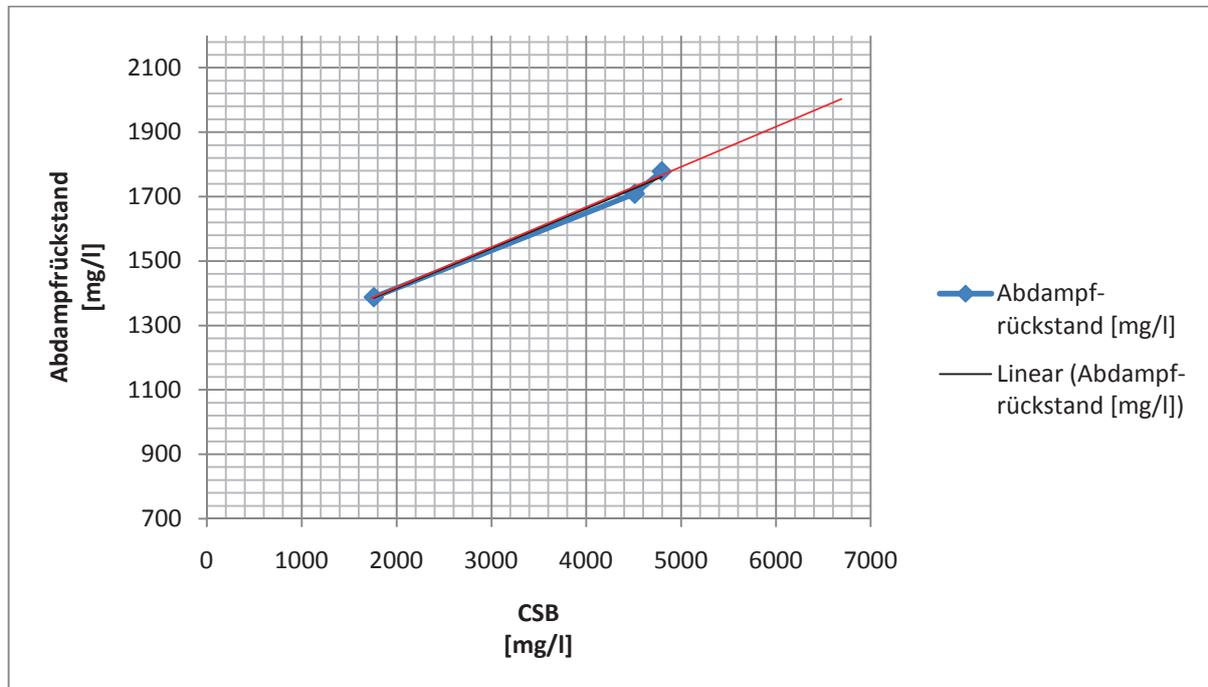


Abbildung 25: Klebstoffgehalt im Abwasser

Aus den oben angegebenen Werten wurde die in Abbildung 26 dargestellte Bilanz errechnet. Sie zeigt, dass im Jänner 2010 19,96 Tonnen Klebstoff verbraucht wurden, wobei es sich dabei zum größten Teil um organischen Klebstoff handelte. Vom gesamten eingesetzten Klebstoff gelangten in etwa 0,43 Tonnen Klebstoff ins Abwasser, 0,68 Tonnen wurden entsorgt und 18,85 Tonnen wurden auf das Produkt „Sack“ aufgebracht.

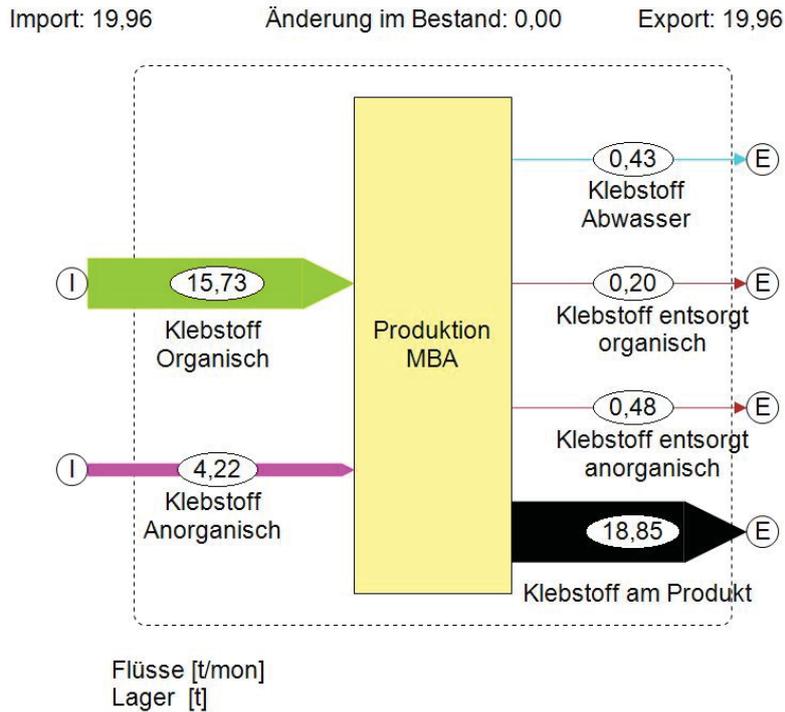


Abbildung 26: Klebstoffbilanz - Jänner 2010

Abbildung 27 zeigt eine normierte Darstellung der Klebstoffströme bezogen auf den Gesamtimport. Dabei wird ersichtlich, dass lediglich zwei Prozent des gesamten, eingesetzten Klebstoffs ins Abwasser gelangen. Drei Prozent des Klebstoffs müssen entsorgt werden. Der Großteil des Klebstoffs, nämlich 94 Prozent wird auf das Produkt aufgebracht.

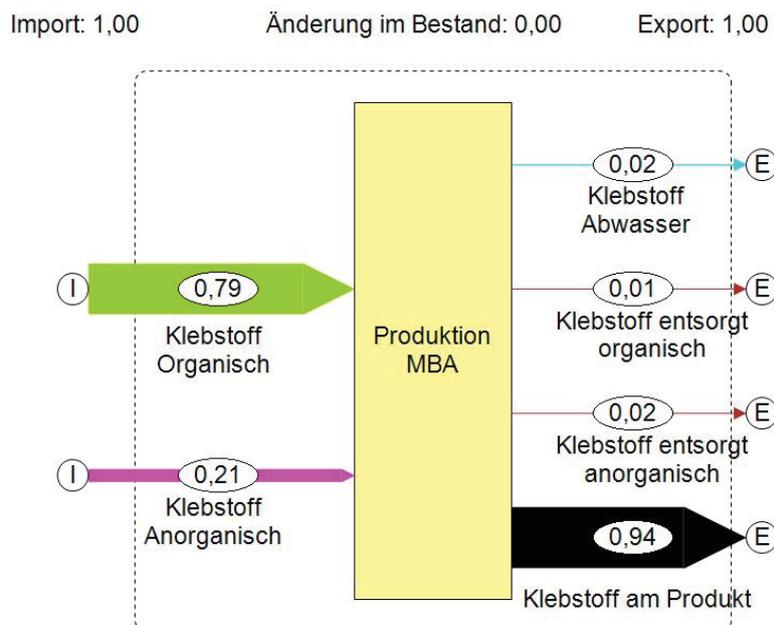


Abbildung 27: Klebstoffbilanz - Jänner 2010 normiert

Im Zeitraum von 01.01.2010 bis 31.01.2010 wurden im Rahmen von 448 Aufträgen 15.188.417 Säcke produziert. Dividiert man den Klebstoffstrom, der in bzw. auf das Produkt gelangt, durch die Anzahl der produzierten Säcke, so erhält man eine theoretische Klebstoffmenge von 1,2 g je Sack.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse dieser Stoffstromanalyse muss jedoch beachtet werden, dass viele der verwendeten Werte keine exakten, sondern Durchschnitts- bzw. Näherungswerte sind. Die Ermittlung exakter Werte war aufgrund des extrem hohen Analysenaufwands nicht möglich und hätte auch zu keinem weiteren Erkenntnisgewinn geführt.

Eine derartige Klebstoffbilanz ermöglicht jedoch eine Abschätzung des Klebstoffeintrags ins Abwasser. Aus diesem Grund wäre es sinnvoll, auch in Zukunft die Menge an verbrauchtem und entsorgtem Klebstoff zu erfassen und die absolute Klebstoffmasse im Abwasser zu ermitteln, um eine Erhöhung des Klebstoffeintrags rasch zu erkennen und gegensteuern zu können.

7 Maßnahmen zur Verbesserung der Abwasserqualität

Im Rahmen der für diese Diplomarbeit durchgeführten Versuchsreihe und den Beobachtungen im Betrieb wurden Möglichkeiten festgestellt die Qualität des Abwassers durch einfache Maßnahmen in der Produktion zu verbessern.

7.1 Produktionsintegrierte Umweltschutzmaßnahmen MBA

Das Abfallwirtschaftsgesetz baut auf drei Grundprinzipien in prioritärer Reihenfolge auf – die Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfall bzw. Umweltbelastungen. Die Umsetzung dieser Schlagwörter im Produktionsgeschehen kann unter dem Begriff produktionsintegrierter Umweltschutz zusammengefasst werden. Der erste und somit wichtigste Punkt ist, dem Auftreten von Umweltbelastungen entgegenzuwirken. Dies kann durch verfahrenstechnische Veränderungen im Betrieb, aber auch durch simple Verhaltensänderungen bzw. veränderte Abläufe in der Produktion erreicht werden. Diese Vermeidung von Umweltbelastungen kann zwar gewisse Investitionen von Seiten des Unternehmens erfordern, führt aber gleichzeitig dazu, dass an anderer Stelle Kosten eingespart werden können. Oft führen produktionsintegrierte Umweltschutzmaßnahmen nämlich nicht nur zu einer Verringerung des Rohstoffeinsatzes, sondern auch die entstehenden Entsorgungskosten können deutlich reduziert werden. [3], [18, §1]

Als zweite Maßnahme im produktionsintegrierten Umweltschutz gilt es, anfallende Produktionsrückstände, soweit möglich, vor Ort zu verwerten bzw. in den Produktionsprozess zurückzuführen. Auch hier kann ein erhebliches Einsparungspotential durch den verminderten Rohstoffbedarf sowie wegfallende Entsorgungskosten entstehen. [3], [18, §1]

Nicht vermeid- oder verwertbare Produktionsrückstände sind einer externen Behandlung oder Beseitigung zuzuführen, was somit den letzten Schritt der Handlungskette zur Vermeidung von Umweltbelastungen darstellt. [3], [18, §1]

Diese - für die Abfallwirtschaft entwickelten - Prinzipien können natürlich auch auf bei der Betrachtung des Abwasseranfalls angewandt werden und Verbesserungen im Produktionsgeschehen herbeiführen. Bei der Umsetzung dieser Maßnahmen bei Mondi Bags Austria steht die Vermeidung von Klebstoffemissionen in das Abwasser im Zentrum. Dies kann bereits durch einfache Verhaltensänderungen im Produktionsbereich erreicht werden.

Den wichtigsten Aspekt stellt hierbei die regelmäßige Schulung des Betriebspersonals im ordnungsgemäßen Umgang mit dem Klebstoff sowie den Klebstoffresten dar. Es ist sicherzustellen, dass alle Personen im Betrieb über die fachgerechte Entsorgung der Klebstoffreste informiert sind. Das heißt, Klebstoffreste, die noch weiter verwendet werden können, sollten unbedingt erfasst und in den Prozess rückgeführt werden. Klebstoffreste, die ohne Waschen leicht entfernt, aber nicht mehr verwendet werden können, müssen ordnungsgemäß in den dafür vorgesehen Entsorgungsbehältern entsorgt werden. Wichtig ist es auch, mit Falschwissen, wie zum Beispiel, dass der organische Klebstoff nicht zur

Verschlechterung der Abwasserqualität führt bzw. nicht zu einer Erhöhung der CSB-Fracht beiträgt, aufzuräumen und das Betriebspersonal darüber aufzuklären, dass jeglicher Klebstoffeintrag in das Abwasser zu einer Erhöhung der Feststofffracht und der CSB-Fracht und damit zuletzt auch zu einer Steigerung der Abwasserentsorgungskosten führt. Vor allem die Entsorgung von verdorbenem, wasserlöslichem, organischem Klebstoff aus der Klebstoffvorbereitung ins Abwasser sollte überdacht werden. Denn obwohl von diesem Produkt keine direkte Umweltgefahr ausgeht, kann es zu Grenzwertüberschreitungen aufgrund von zu hohen Feststofffrachten und CSB-Werten kommen. Daher sollte er, wie Reste anderer Klebstoffe auch, in den für die externe Entsorgung vorgesehenen Entsorgungsbehältern entsorgt werden.

Eine weitere Maßnahme stellt die regelmäßige Überprüfung der Klebstofftanks sowie der Klebstoffwerke an den Maschinen dar, um so das unbemerkte Eintreten größerer Klebstoffmengen in das Abwasser zu vermeiden. So sollte beispielsweise vor jeder Befüllung der Klebstofftanks in der Klebstoffvorbereitung kontrolliert werden, ob die Auslasshähne geschlossen sind, da es hier ansonsten sehr schnell zu einem sehr großen unbemerkten Austritt an Klebstoff ins Abwasser kommen kann.

7.2 Verbesserung der Abwasservorbehandlung MCZ

Da das Abwasser der Druckerei mit 27 % im Untersuchungszeitraum Jänner 2010 keinen unerheblichen Anteil an der CSB-Gesamtfracht hat, ist es auch hier empfehlenswert, das vorhandene Optimierungspotential auszunützen. Auffallend ist in diesem Bereich nämlich, dass die Abwasservorreinigung mittels Abwasserspaltung, Flockung und Filterpresse nicht nach einer fixen Rezeptur erfolgt, sondern die Hilfsstoffe zur Abwasservorbehandlung je nach Optik und Konsistenz des Abwassers zugegeben werden.

Eine variierende Chemikaliengabe zur Abwasserbehandlung ist durchaus nicht ungewöhnlich, da beispielsweise auch in physikalisch-chemischen Behandlungsanlagen, wo stark verunreinigte Abwässer unterschiedlichster Herkunftsbranchen behandelt werden, jede Abwassercharge unterschiedlich behandelt wird. Allerdings wird hier, vor der Behandlung des Abwassers eine Probe entnommen, und anhand dieser Laborprobe ein Behandlungsversuch durchgeführt bei dem die Rezeptur bzw. Dosierung der Chemikaliengabe genau ermittelt wird. [19, S. 62]

Zu diesem Zweck müsste nach dem Befüllen des Behandlungstanks eine definierte Probenmenge aus dem unbehandelten Abwasser entnommen werden. Dieser Abwasserprobe werden dann, wie sonst bei der Abwasserbehandlung üblich, das Spaltnittel und anschließend das Flockungsmittel zudosiert und durch Rühren mit dem Abwasser vermischt. Allerdings muss hier die genaue Menge der zudosierten Chemikalien erfasst werden, um im Anschluss eine Behandlungsrezeptur für die gesamte Abwassercharge berechnen zu können. Falls erforderlich kann der Probe auch Wasser zugegeben werden, um ein vollständiges Ausflocken sicherzustellen. Allerdings muss die zugegebene Wassermenge nicht extra erfasst werden, da sie keinen unmittelbaren Einfluss auf die

ablaufenden chemischen Reaktionen hat, sondern nur verhindern soll, dass das Abwasser zu dickflüssig wird und eine Behandlung dadurch erschwert wird.

Anhand dieses Vorversuchs ist eine bessere Beobachtung des Spaltungs- und Flockungsvorgangs möglich und es kann so die notwendige Chemikalienmenge besser ermittelt werden. Auch der pH-Wert des Abwassers kann in diesem Versuch ermittelt und auf den gewünschten Bereich eingestellt werden.

Nach erfolgter Behandlung erfolgt die Berechnung der Rezeptur für die gesamte Abwassercharge bei einem Liter Probenvolumen und einer Behandlungscharge von 6 000 Litern nach folgendem Schema:

$$\text{Benötigte Menge Spaltnittel [kg]} = \frac{\text{Verbrauch für 1 Liter Probe [mg]} * 6}{1000} \quad (6)$$

$$\text{Benötigte Menge Flockungsmittel [kg]} = \frac{\text{Verbrauch für 1 Liter Probe [mg]} * 6}{1000} \quad (7)$$

Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Behandlung des Abwassers aus der Druckerei ist die Gefahr der Zerstörung der gebildeten Flocken durch das Rührwerk. Aus diesem Grund sollte es unbedingt vermieden werden, das Rührwerk länger als notwendig laufen zu lassen. Das heißt, nach erfolgter Flockung ist das Rührwerk umgehend auszuschalten und das Abwasser der Behandlung mittels Filterpresse zuzuführen.

8 Qualitätsgesichertes Probenahmekonzept für die innerbetriebliche Anwendung

Durch die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführte Versuchsreihe konnte festgestellt werden, dass das derzeit angewandte Probenahmekonzept durchaus optimiert werden kann. Insbesondere im Bereich der Qualitätssicherung sowie im rascheren Erkennen von produktionstechnischen Problemen, die zu einer Verschlechterung der Abwasserqualität führen, kann die Abwasseranalyse durch einfache Maßnahmen effektiver gestaltet werden und zusätzlich als Kontrollmechanismus für die Produktion eingesetzt werden.

Um richtige und präzise Analysenergebnisse zu erhalten, müssen zufällige und systematische Messfehler möglichst gering gehalten werden. Dies ist durch eine analytische Qualitätssicherung (AQS) erreichbar. Darunter versteht man

„die Summe aller Maßnahmen des Qualitätsmanagements, der Qualitätssicherung, der Qualitätslenkung und der Qualitätsprüfung“ [9, S. 16]

Das bedeutet, dass alle Teilschritte der Abwasseruntersuchung qualitätsgesichert erfolgen müssen. Dies beinhaltet folgende Aspekte des Untersuchungsverfahrens: die Probenahme, den Probentransport, die Probenkonservierung und –lagerung, die Probenvorbereitung, die Messung, die Auswertung der Messdaten und das Erstellen eines Untersuchungsberichts. [9, S. 15-27]

8.1 Instrumente der analytischen Qualitätssicherung

Zur Umsetzung dieser Qualitätssicherung können die Instrumente der analytischen Qualitätssicherung angewandt werden. Diese beinhalten unter anderem eine Optimierung der personellen und technischen Ausstattung sowie die Durchführung von internen und externen Maßnahmen zur Qualitätssicherung. [9, S. 16], [21, S. 37]

8.1.1 Personelle Optimierung

Personelle Optimierung bedeutet, dass eine fachlich qualifizierte Person mit der Durchführung der Abwasseranalyse beauftragt wird. Die fachliche Qualifizierung kann im vorliegenden Fall durch eine fundierte Schulung im Bereich der Abwasseranalyse sichergestellt werden. Bei Änderungen des Analysenprozesses sollte eine erneute Schulung erfolgen. Eine weitere Möglichkeit stellt das Angebot einer Fortbildung im Bereich der Abwasseranalytik dar. Um keinen Arbeitsschritt dem Zufall zu überlassen, sollte die Vorgehensweise bei der Abwasseranalyse auch in einer Arbeits- bzw. Prüfanweisung schriftlich dokumentiert werden. Darin sind alle Teilschritte des Analyseprozesses detailliert festzuhalten. Dadurch können methodische Fehler vermieden werden und der, mit der Abwasseranalyse beauftragten, Person ist es jederzeit möglich, Einzelheiten des Verfahrens nachzulesen. Eine Vorlage für eine derartige Arbeitsanweisung für den Abwasseranalyseprozess bei der Mondi Bags Austria GmbH befindet sich im Anhang dieser

Arbeit. Diese Arbeitsanweisung kann auch die Grundlage für die Schulung eines Mitarbeiters im Bereich der Abwasseranalyse bilden.

8.1.2 Optimierung der technischen Ausstattung

Die Optimierung der technischen Ausstattung fasst alle notwendigen Maßnahmen, die zur Sicherung einer funktionstüchtigen, einfach handhabbaren und genauen Laborausstattung zusammen.

Eine wichtige Optimierungsmaßnahme in diesem Bereich wäre die Anschaffung einer Schutzhülle für das, für die Bestimmung des CSB benötigte, Photometer. Denn da dieses Gerät zum einen nur sehr selten benutzt wird und zum anderen die Absorption von Licht die Basis dieses Messverfahrens bildet, stellt der eindringende Staub eine mögliche Quelle von Messfehlern dar.

Des Weiteren sollte das Thermostat entweder so eingestellt werden, dass die CSB-Proben tatsächlich 120 Minuten bei der vom Küvettentest-Hersteller vorgeschriebenen Temperatur von 120 °C gehalten werden. Ist dies nicht möglich, sollte das Thermostat durch ein neues ersetzt werden, das diesen Anforderungen entspricht.

Eine weitere Notwendigkeit stellt die Anschaffung einer geeigneten Halterung für die Abkühlung der Küvetten dar, denn durch die liegende Lagerung der Küvetten in Petrischalen kommt es beim Einführen der Probe in das Photometer zu einem Aufwirbeln des Bodensatzes. Dadurch kann es zu Fehlern bei der CSB-Bestimmung kommen. Das Abkühlen der Küvetten im Thermostat stellt beim derzeitigen Gerät ebenfalls keine geeignete Lösung dar, da die Temperatur viel zu langsam sinkt und die Probe so bei der anschließenden Analyse meist noch nicht die Raumtemperatur erreicht hat.

8.1.3 Interne Qualitätssicherung

Die interne Qualitätssicherung umfasst neben der regelmäßigen Überprüfung des Personals, der Geräte und Instrumente, sowie des Analyseverfahrens, analytische Verfahren, wie Mehrfachbestimmungen derselben Probe und der Überprüfung der Wiederfindung der gemessenen Werte, sowie die Kontrollen mit Standardlösungen.[9, S.16-20], [21, S. 37]

Das Photometer zur CSB-Bestimmung kann sehr einfach durch den Einsatz von Standardlösungen überprüft werden. Auch die Kolbenhubpipetten sollten in regelmäßigen Abständen kontrolliert werden, da der Klebstoff im Abwasser zum Verkleben und damit zur Funktionsuntüchtigkeit führen kann. Diese Überprüfung der Pipetten kann durch das Pipettieren einer definierten Menge Wasser in ein Becherglas erfolgen.

8.1.4 Externe Qualitätssicherung

Unter externen Maßnahmen sind all jene Maßnahmen zusammenzufassen, die durch eine unabhängige Institution durchgeführt werden und dazu dienen, die intern gemessenen Analyseergebnisse zu überprüfen.

Eine gute Möglichkeit für eine derartige externe Prüfung in Form einer Vergleichsuntersuchung stellen die ohnehin halbjährlich durchgeführten Analysen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie dar. Wird beispielsweise eine größere Stichprobenmenge entnommen, kann diese geteilt werden und eine betriebsinterne Analyse parallel zur externen durchgeführt werden. Anhand des durch die externe Anstalt erstellten Prüfberichts können dann die betriebsintern ermittelten Abwasserparameter überprüft werden.

8.2 Untersuchungsverfahren

Wie bereits erwähnt, ist es für eine qualitätsgesicherte Analyse unerlässlich alle Teilschritte des Untersuchungsverfahrens zu optimieren. Auf die genauen Möglichkeiten der Optimierung soll hier eingegangen werden.

8.2.1 Probenahme

Der Einleitungsvertrag des Abwasserverbands Raum Zeltweg sieht die wöchentliche Entnahme und Analyse einer Stichprobe vor. Das heißt, es handelt sich hierbei um eine, an einem beliebigen Tag und zu einem beliebigen Zeitpunkt genommene Probe. Damit stellt diese Abwasserprobe eine Momentaufnahme der Abwasserbeschaffenheit dar, da sich die Zusammensetzung und Menge des ablaufenden Abwassers kontinuierlich ändert. Um eine systematische Verzerrung der Analysenergebnisse zu vermeiden, empfiehlt es sich, die wöchentliche Stichprobe stets an unterschiedlichen Wochentagen und zu variierenden Tageszeiten zu nehmen. So kann eine einseitige Verzerrung des Untersuchungsergebnisses durch Produktionsschwankungen vermieden werden.

8.2.2 Probentransport und Konservierung

Abwasserinhaltsstoffe verändern sich unterschiedlich rasch. Vor allem bei höheren Außentemperaturen, wie beispielsweise im Sommer, laufen biochemische Prozesse mit erhöhter Geschwindigkeit ab und es kann so sehr rasch zu einer Verzerrung des Analysenergebnisses kommen. Daher sollte die Abwasserprobe nach der Entnahme so rasch wie möglich ins Labor gebracht und gleich im Anschluss analysiert werden. Ist die sofortige Analyse des Abwassers nicht möglich, kann die Probe für die CSB-Analyse bei 4 °C gekühlt einen Tag bzw. eingefroren bei -18°C mehrere Wochen gelagert werden. [9, S. 61-62]

8.2.3 Probenvorbereitung

Da zwischen der Entnahme der Abwasserprobe und der anschließenden Analyse unweigerlich ein gewisser Zeitraum liegt, muss die Probe vor der Analyse unbedingt homogenisiert werden, da es sehr rasch zu einem Absetzen der im Abwasser suspendierten Teilchen kommt. Diese Homogenisierung kann durch Schütteln des Probenbehälters kurz vor der Entnahme der Analysenprobe erreicht werden.

8.2.4 Analyse

pH - Wert

Derzeit erfolgt die pH-Wert Messung automatisch anhand von zwei Sonden. Die eine misst den pH-Wert während der halbstündigen Neutralisationsphasen in der Rücklaufleitung, während die zweite Sonde den pH-Wert des in die Kanalisation gepumpten Abwassers misst. Diese Doppelmessung ermöglicht eine gewisse Kontrolle der Funktionsfähigkeit der Sonden und Richtigkeit der Messungen. Für eine qualitätsgesicherte Analyse ist die regelmäßige Kontrolle, Reinigung und Eichung der Sonden unerlässlich. Dies sollte mindestens einmal monatlich erfolgen, da die Klebstoffrückstände im Abwasser ein großes Verschmutzungspotential für die Messsonden darstellen. Die zur Eichung der Sonden notwendige Eichlösung muss vorrätig gehalten werden.

Temperatur

Die Erfassung der Temperatur erfolgt ebenfalls automatisch mittels einer Sonde. Die Sonde befindet sich, wie auch die pH-Wert Sonde, in der Leitung zur Kanalisation. Da die Messung der Temperatur automatisch erfolgt, müssen hier keine besonderen Maßnahmen zur Qualitätssicherung bei der Messwertermittlung ergriffen werden. Lediglich eine regelmäßige Reinigung der Sonden ist zu empfehlen.

Absetzbare Stoffe

Die Bestimmung der absetzbaren Stoffe erfolgt mittels zweier Imhofftrichter aus Kunststoff. Da hier zwei Messungen parallel durchgeführt werden, besteht eine sehr gute Möglichkeit zur Kontrolle des Messergebnisses bzw. gegebenenfalls Messchwankungen durch die Bildung des Mittelwerts aus beiden Messungen auszugleichen. Um eine Verfälschung der Messergebnisse durch Klebstoffrückstände aus vorherigen Messungen zu vermeiden, sollte der Trichter nach jeder Analyse sorgsam mit klarem Wasser gespült werden und gegebenenfalls einmal monatlich durch Reinigen mit einem geeigneten Reinigungsmittel von anhaftendem Klebstoff befreit werden.

Abfiltrierbare Stoffe

Die Messung der abfiltrierbaren Stoffe stellte bei den bisherigen Messungen immer eine gewisse Problematik dar. Zum einen, da die derzeit analysierte Abwassermenge so gering ist, dass sie nicht wirklich repräsentativ für das gesamte Abwasser ist und zum anderen weil der, sich durch das Hochrechnen, je nach Probenmenge, um den Faktor 50 bzw. 40 ergebende Messfehler sehr groß ist.

Die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung legt die Durchführung der Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe nach der DIN-Norm DIN 38409-H2 fest. Weiters schreibt sie die Verwendung eines Membranfilters mit einer Porenweite von 0,45 µm vor. [7, Anlage c]

Da das mit Klebstoff verunreinigte Abwasser mittels Vakuumfiltration nur sehr schwer filtrierbar ist bzw. diese Analyse sehr viel Zeit in Anspruch nimmt, ist eine Erhöhung der Probenmenge keine Option, um die Richtigkeit der Analysenergebnisse zu sichern.

Die Analyse könnte jedoch sehr einfach optimiert werden, indem das Abwasser nur sehr langsam auf den zuvor angefeuchteten Filter pipettiert wird, sodass stets nur so viel Probe im Büchnertrichter ist, dass dieser benetzt wird, jedoch kein Abwasser außerhalb des Filters im Trichter steht. Dadurch kann ein Vorbeilaufen der Probe am Filter verhindert werden und auch der Fehler durch, an den Trichterwänden anhaftenden und somit nicht erfassten Klebstoff, wird deutlich verringert.

Eine weitere Möglichkeit zur Optimierung der Analyse stellt die Anschaffung einer Druckfiltrationsanlage, wie sie auch beim Abwasserverband Raum Zeltweg zur Anwendung kommt, dar. Mit Hilfe dieser Anlage könnten auch größere Probenvolumina analysiert werden und so der Fehler bei der Messung verringert werden. Außerdem würde sich, die für die Durchführung der Analyse benötigte Zeit, verringern.

CSB

Die Bestimmung des CSB mittels Kuvettentest stellt ein sehr präzises Instrument zur CSB – Bestimmung dar. Um Schwankungen bzw. Abweichungen des Messwerts vom tatsächlichen CSB-Werts, bedingt durch die inhomogene Abwasserzusammensetzung, zu vermeiden, empfiehlt es sich für das Abwasser aus dem Abwasserspeicherbecken zwei Analysenproben herzustellen und zu analysieren. Durch die Bildung des Mittelwerts kann so der Fehler durch das Erfassen von mehr oder weniger Klebstoffflocken ausgeglichen werden.

Um betriebsintern produktionsbedingte Schwankungen der Abwasserqualität besser zu erfassen und damit auf Zwischenfälle in der Produktion schneller reagieren zu können, empfiehlt sich die Installation einer kontinuierlichen CSB-Messung. Diese Messung kann somit als Warnsystem eingesetzt werden, um eine drastische Verschlechterung der Abwasserqualität durch beispielsweise unzulässigen Klebstoffeintrag ins Abwasser schneller zu erkennen und mit Gegenmaßnahmen reagieren zu können.

Mittlerweile bieten Hersteller eine Vielzahl von Anlagen mit unterschiedlichen Messprinzipien für derartige kontinuierliche Messungen an, jedoch sind nicht alle Messmethoden für jedes Wasser bzw. Abwasser einsetzbar.

Eine Möglichkeit stellt die online CSB-Bestimmung mittels des Spektralen Absorptions-Koeffizienten (SAK) dar. Hierfür muss zunächst eine Kalibrationskurve erstellt werden, aufgrund der bei den späteren Messungen auf den CSB-Wert rückgeschlossen werden kann. Schwierigkeiten bei dieser Art der Online-Messung können durch Trübung, Färbung und Feststoffgehalt im Abwasser auftreten. Daher scheint diese Methode für eine Anwendung bei Mondi Bags Austria GmbH eher ungeeignet, da das Abwasser teilweise sehr stark gefärbt ist und einen hohen Feststoffgehalt aufweist. [22], [23]

Eine weitere Möglichkeit stellt die kontinuierliche Messung des TOC dar, von dem aus dann mittels eines Umrechnungsfaktors auf den CSB rückgeschlossen werden kann. Problematisch hierbei ist jedoch, dass der Umrechnungsfaktor bei variierender Abwassermatrix über den Messwertbereich hinweg schwankt und es zu keinen sinnvollen Messergebnissen kommt. Da das Abwasser von Mondi Bags Austria in seiner Beschaffenheit keineswegs konstant ist, stellt diese Messmethode keine sichere Analysenmöglichkeit dar. [22]

Eine relativ neue und sichere Technologie ist die direkte Messung des CSB durch Oxidation der im Abwasser enthaltenen oxidierbaren Stoffe mittels eines Oxidationsmittels. Zu diesem Zweck können Ozon oder aber OH-Radikale eingesetzt werden. Diese Oxidation läuft sehr schnell ab und es kann bereits nach wenigen Minuten ein Messergebnis ausgegeben werden. Der Ablauf der Messung kann wie folgt beschrieben werden: In einen Reaktionsraum wird Oxidationsmittel zudosiert. Dieses reagiert mit den im Abwasser enthaltenen oxidierbaren Stoffen. Aufgrund des Verbrauchs an Oxidationsmittel wird anschließend der CSB-Wert ermittelt. Es besteht die Möglichkeit den Verbrauch an Oxidationsmittel bzw. den verbleibenden O_2 -Gehalt in der Gasphase zu messen, sodass die Messsonden nicht mit dem zu untersuchenden Abwasser in Berührung kommen. Dies stellt für das Abwasser der Mondi Bags Austria GmbH eine interessante Möglichkeit zur kontinuierlichen Messung dar, da so ein mögliches Verkleben der Sonde durch das klebstoffhaltige Abwasser verhindert werden kann. [23], [24], [25]

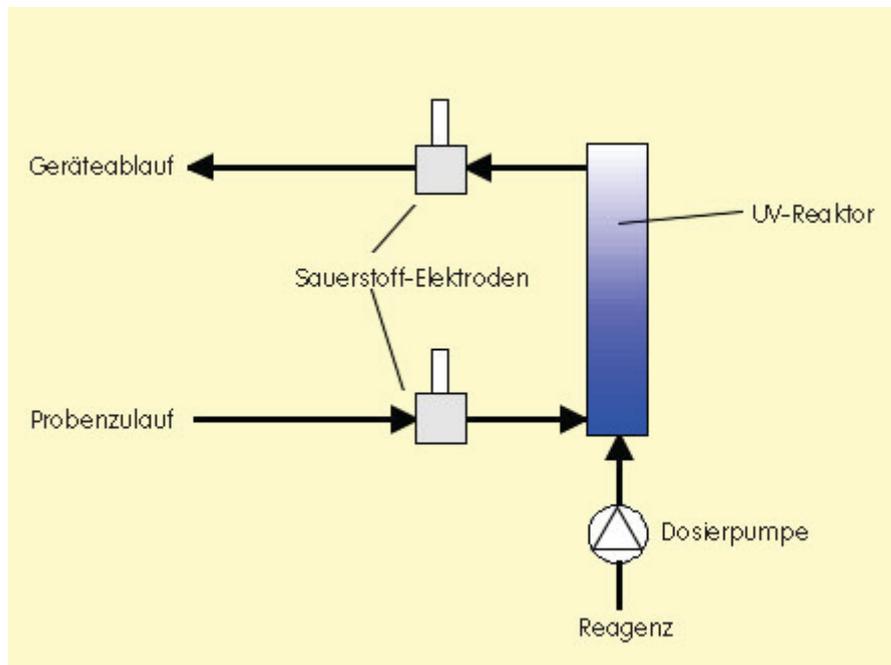


Abbildung 28: Funktionsschema CSB – Analysator [25]

Bei Online-Messungen, die auf einer Kalibrationskurve basieren, ist es wichtig, die Kalibration über den gesamten auftretenden Messbereich durchzuführen. Eine weitere notwendige Maßnahme zur Qualitätssicherung bei der Online-Messung stellt die

Überprüfung der Online-Messwerte durch einen Vergleich mit den mittels Küvettentest gemessenen CSB-Werten dar.

Vorteil einer solchen Online-Messanlage ist, dass CSB-Spitzen erfasst und erkannt werden können und damit eine Möglichkeit geschaffen wird, durch Maßnahmen im Betrieb einer Verschlechterung der Abwasserqualität möglichst rasch entgegenzuwirken.

8.2.5 Dokumentation

Die Grundsätze der Guten Laborpraxis, die im Anhang des Chemikaliengesetzes zusammengestellt sind, legen fest, dass jede Analyse in einem Arbeits- und Ergebnisprotokoll festgehalten werden muss. Dadurch wird die Rückverfolgung und Überprüfung von Ergebnissen ermöglicht und Datenverlust vermieden. [20]

Abbildung 29 zeigt eine Vorlage für ein derartiges Analysenprotokoll. Das Protokoll wurde in Excel erstellt und die notwendigen Berechnungen wurden durch Formeln bei den einzelnen Feldern hinterlegt. Somit erfolgt nach Eingabe der Messwerte eine automatische Berechnung der Endergebnisse bzw. Durchschnittswerte. Dadurch können Berechnungsfehler verhindert werden. Die relevanten Endergebnisse sind jene in den gelb markierten Feldern.

Probenahme- und Analysenprotokoll

Datum _____

Probennehmer _____

Probenahme - Abwasserspeicherbecken	
Uhrzeit	
Entnahmeart	
optisches Erscheinungsbild des Abwassers	

Probenahme - Druckerei	
Uhrzeit	
Entnahmeart	
optisches Erscheinungsbild des Abwassers	

Parameter	Einheit	Messwert
pH - Wert Gesamtabwasser		
pH - Wert		
Absetzbare Stoffe (ASS) - Gesamtabwasser		
Trichter 1	ml/l	
Trichter 2	ml/l	
Durchschnitt	ml/l	0
Abfiltrierbare Stoffe (AFS) - Gesamtabwasser		
Einwaage	mg	
Auswaage	mg	
Differenz	mg	0
AFS	mg/l	0
CSB - Gesamtabwasser		
Messung 1	mg/l	
Messung 2	mg/l	
Messung 3	mg/l	
Messung 4	mg/l	
Durchschnitt	mg/l	0
CSB - Druckereiabwasser		
Messung 1	mg/l	
Messung 2	mg/l	
Messung 3	mg/l	
Messung 4	mg/l	
Durchschnitt	mg/l	0

Abbildung 29: Vorlage - Probenahme und Analysenprotokoll

9 Mögliche Abwasserreinigungsverfahren

Hier sollen zwei sehr unterschiedliche Verfahren vorgestellt werden, die eine effektive und effiziente Möglichkeit der Abwasservorreinigung am Standort darstellen. Das erste Verfahren, die Anodische Oxidation stellt ein elektrochemisches Verfahren dar, bei dem ein tatsächlicher Abbau der Verunreinigungen im Abwasser erfolgt. Das zweite Verfahren, ein Behandlung im Sedimentationsbecken, stellt ein mechanisch–physikalisches Verfahren dar, das die Verunreinigungen aus dem Abwasser abtrennt, jedoch nicht abbaut.

9.1 Anodische Oxidation

Die Anodische Oxidation stellt in der Abwasserbehandlung eine innovative Technologie dar, um organisch schwer oder nicht abbaubare Abwasserinhaltsstoffe durch Oxidation mit OH-Radikalen aus dem Abwasser zu entfernen bzw. abzubauen und das Abwasser zusätzlich zu desinfizieren. Während bei der Elektrolyse von Wasser mit herkömmlichen Elektroden das Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff gespalten wird, bilden sich bei der Behandlung mit einer Diamantelektrode hochreaktive Hydroxylradikale. Darin liegt die Besonderheit dieses Verfahrens, denn Hydroxylradikale weisen mit 2,8 V ein starkes Oxidationspotential in Wasser auf. Das Kernstück des Anodischen Oxidationsprozesses bilden bordotierte Diamantelektroden, die sich durch ihre hohe chemische und mechanische Beständigkeit und ihre besondere Form der Wasserzersetzung auszeichnen, denn die für den Abbau benötigten OH-Radikale werden elektrochemisch direkt aus dem zu behandelnden Abwasser gebildet.



Die so gebildeten Hydroxylradikale reagieren mit den Verunreinigungen im Abwasser, wodurch diese mineralisiert oder in ungefährliche bzw. organisch abbaubare Stoffe abgebaut werden. Dieser elektrochemische Oxidationsprozess stellt somit eine äußerst effektive Ergänzung zu herkömmlichen Abwasserreinigungsverfahren dar. Eindeutiger Vorteil dieses Verfahrens ist, dass keine zusätzlichen Chemikalien erforderlich sind und auch keine zusätzlichen Reststoffe oder Abfälle anfallen, die entsorgt werden müssen. Somit sind die Kosten für dieses Verfahren gut abschätzbar, da sie hauptsächlich von den anfänglichen Investitionskosten und den laufenden Energiekosten für den Betrieb der Anlage abhängen. [26], [27]

Für die Durchführung dieser Versuchsreihe wurde eine Diamantelektrode der Firma pro aqua Diamantelektroden in Niklasdorf verwendet. Der Aufbau der Elektrode kann wie folgt beschrieben werden: Auf ein Trägermaterial aus Kunststoff wird eine bordotierte Diamantschicht mechanisch aufgebracht. Diese Diamantschicht bildet die aktive leitende Oberfläche zur Bildung von Oxidationsmitteln wie Ozon (O₃), Wasserstoffperoxid (H₂O₂) und Hydroxyl-Radikalen (OH[•]). Der Betrieb der Diamantelektrode erfolgt auf bi-polarer Basis. Der Strom gelangt über Kontaktierungselektroden an den zwei Seiten des Reaktorpakets in den

Reaktorraum. Die elektrisch leitfähigen Diamantelektroden, die erst für die eigentliche Produktion der Oxidationsmittel verantwortlich sind, liegen zwischen den Kontaktierungselektroden und werden vom zu behandelnden Abwasser umströmt. Die Anzahl der Diamantelektroden im Reaktor kann je nach Verunreinigungsgrad des Abwassers bzw. in Abhängigkeit von den Prozessparametern Leitfähigkeit, Reaktorgröße und Versorgungsspannung variiert werden. Abbildung 30 zeigt den schematischen Aufbau einer Durchflusszelle mit Diamantelektroden der Firma pro aqua. [28]

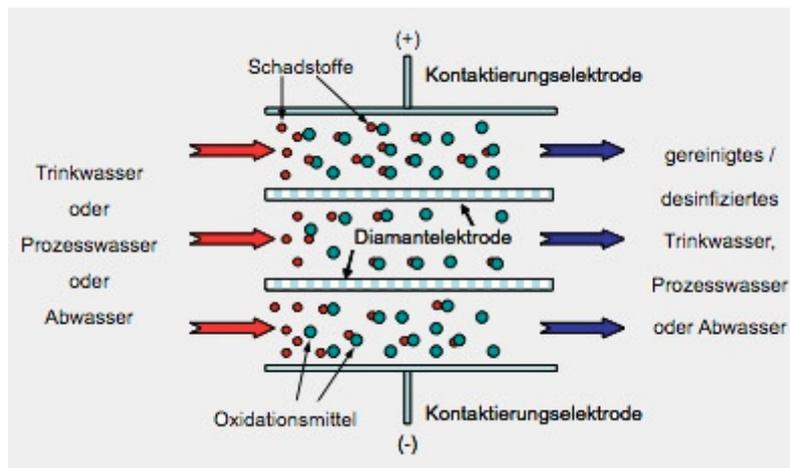


Abbildung 30: Schematischer Aufbau einer Durchflusszelle mit Diamantelektroden der Firma pro aqua [28]

9.1.1 Ziel der Behandlung mittels anodischer Oxidation

Um die Behandelbarkeit des klebstoffbelasteten Abwassers mittels anodischer Oxidation beziehungsweise die, mit diesem Abwasserbehandlungsverfahren erzielbare, Reinigungsleistung zu untersuchen, wurden von der Firma pro aqua und im Labor des IAE an der Montanuniversität Leoben mehrere Versuche durchgeführt.

Um die Wirksamkeit des Verfahrens zu überprüfen bzw. den Verlauf des Abbaus der Verunreinigungen zu dokumentieren, wurden vor und während der Versuche Proben aus dem Abwasser entnommen und die Konzentration des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) bestimmt. Ziel der Versuchsreihe war es eine Verringerung des CSBs nachzuweisen.

9.1.2 Vorversuch

Am 09.12.2009 wurde um 15:00 Uhr aus dem Abwassersammelschacht eine Abwasserprobe entnommen, um die Behandelbarkeit des Abwassers mittels anodischer Oxidation in einem Vorversuch zu untersuchen. Um die Probe bis zur Behandlung zu konservieren, wurde diese eingefroren.

Der erste Vorversuch wurde mit einer, wie vorab beschrieben aufgebauten Diamantelektrode, direkt bei der Firma pro aqua in Niklasdorf durchgeführt. Bei dem eingesetzten Reaktor handelte es sich um ein Elektrodenpaket mit vier Diamantelektroden

mit einer Fläche von je 32 cm². Die Stromdichte wurde auf 40 mA/cm² eingestellt, was einer Stromstärke von 1,28 A entspricht. Während des Versuchs wurden 1,5 Liter Probenvolumen kontinuierlich mittels einer Schlauchpumpe im Kreislauf geführt. Die Schlauchpumpe wurde auf 300 U/min bei einem Schlauchinnendurchmesser von 8 mm eingestellt. Dies entspricht einem stündlichen Fördervolumen von 81,7 l. Die Behandlung der Abwasserprobe erfolgte über einen Zeitraum von vier Stunden. Um die Wirksamkeit des Verfahrens nachzuweisen, wurden vor und während der Versuche Proben aus dem Abwasser entnommen und die Konzentration des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB) mittels Küvettentest bestimmt. So sollte eine mögliche Verringerung des CSB nachgewiesen werden. Die Behandlung mittels anodischer Oxidation wurde für einen Zeitraum von 4 Stunden durchgeführt.

9.1.2.1 Versuchsauswertung

Tabelle 16 zeigt die vor, während und nach der Behandlung mittels anodischer Oxidation gemessenen CSB Werte. Es ist ersichtlich, dass es im Rahmen dieser Behandlung zu einer eindeutigen Verringerung des CSB kam.

Tabelle 16: CSB-Analyse-Ergebnisse

Probe Nr.	Behandlungsdauer	CSB
[-]	[h]	[mg O ₂ /L]
Probe 0	0,00	1.760
Probe 1	2,23	1.280
Probe 2	4,00	748

In Abbildung 31 zeigt eine beinahe lineare Verringerung des CSB und dass der CSB in einem Behandlungszeitraum von vier Stunden mehr als halbiert werden konnte.

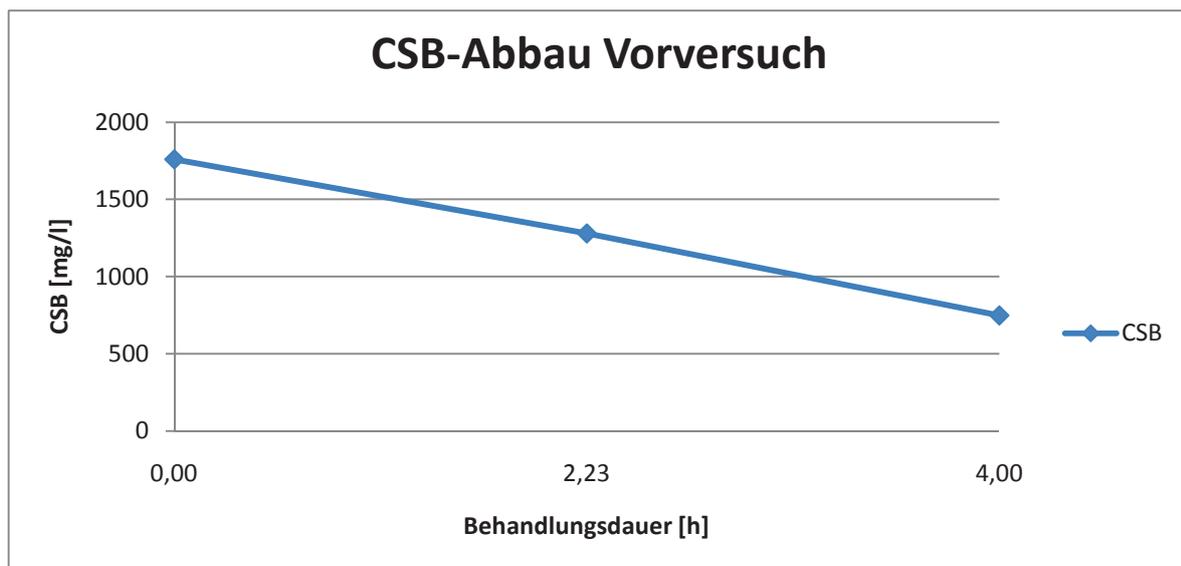


Abbildung 31: CSB – Abbau Vorversuch

9.1.3 Versuchsreihe

Aufgrund des positiven Ergebnisses des Vorversuchs wurde, um die Behandelbarkeit des Abwassers von Mondi Bags Austria GmbH mittels Anodischer Oxidation weiter zu untersuchen, im Labor des Instituts für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität Leoben eine Versuchsreihe gestartet, bei der die Auswirkung unterschiedlicher Behandlungsstromstärken auf den Behandlungserfolg untersucht werden sollte. Der Versuchsaufbau war in allen wesentlichen Elementen gleich wie jener beim Vorversuch. Um die Vergleichbarkeit der Versuche sicherzustellen wurde auch der gleiche Elektrodenreaktor eingesetzt wie bei dem, von der Firma pro aqua durchgeführten Versuch.

9.1.3.1 Auslitern der Schlauchpumpe

Um für die nachfolgend durchgeführten Versuche einen konstanten und bekannten Volumenstrom einstellen zu können, wurde zunächst die Pumpleistung der Schlauchpumpe bei unterschiedlichen Drehzahlen ermittelt. Dafür wurde destilliertes Wasser aus einem Vorlagenbehälter mittels der Pumpe in einen Messzylinder mit einem Gesamtvolumen von 500 ml gepumpt. Alle 100 ml wurde die Zwischenzeit aufgenommen. In Tabelle 17 sind die gemessenen Durchflussmengen für unterschiedliche Pumpendrehzahlen dargestellt.

Tabelle 17: Auslitern der Schlauchpumpe

	300 rpm		150 rpm		120 rpm	
Fördermenge		Durchfluss		Durchfluss		Durchfluss
[mL]	[min]	[L/h]	[min]	[L/h]	[min]	[L/h]
0	0	---	0	---	0	---
100	4,40	81,82	9,95	36,18	12,71	28,32
200	8,83	81,54	18,12	39,74	23,46	30,69
300	13,24	81,57	26,51	40,74	34,18	31,60
400	17,69	81,40	34,83	41,34	44,83	32,12
500	21,87	82,30	42,97	41,89	51,59	34,89
Mittelwert		81,7		39,98		31,52

Aufgrund der ermittelten Fördermengen wurde entschieden, den Versuch bei 120 rpm durchzuführen, um eine ausreichende Kontaktzeit zwischen Abwasser und Elektrode sicherzustellen.

9.1.3.2 Versuchsaufbau

Abbildung 32 zeigt den Versuchsaufbau. Die Laboranlage für die, für diese Arbeit durchgeführte Versuchsreihe zur anodischen Oxidation von Abwässern, befindet sich im Labor des Instituts für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik der Montanuniversität Leoben und kann in ihrem Aufbau wie folgt beschrieben werden: Wie in Abbildung 32 ersichtlich, wird die zu behandelnde Probe durch die Pumpe aus einem Vorlagenbehälter angesaugt und über eine Schlauchleitung in den Reaktorraum gepumpt. Im Reaktorraum befindet sich das Elektrodenpaket, welches vom Abwasser gleichmäßig

umströmt wird. Nach dem Durchlaufen bzw. einer gewissen Verweilzeit im Reaktor gelangt das zu behandelnde Wasser über einen Rücklaufschlauch wieder zurück in den Vorlagenbehälter. Durch diesen Aufbau wird eine Kreislaufführung des zu behandelnden Abwassers erreicht.

Die Bestimmung des pH-Werts, der Leitfähigkeit, sowie der Temperatur erfolgte über Messsonden. Diese wurden bei jeder Probenahme in das behandelte Abwasser getaucht und die Messwerte wurden manuell erfasst.

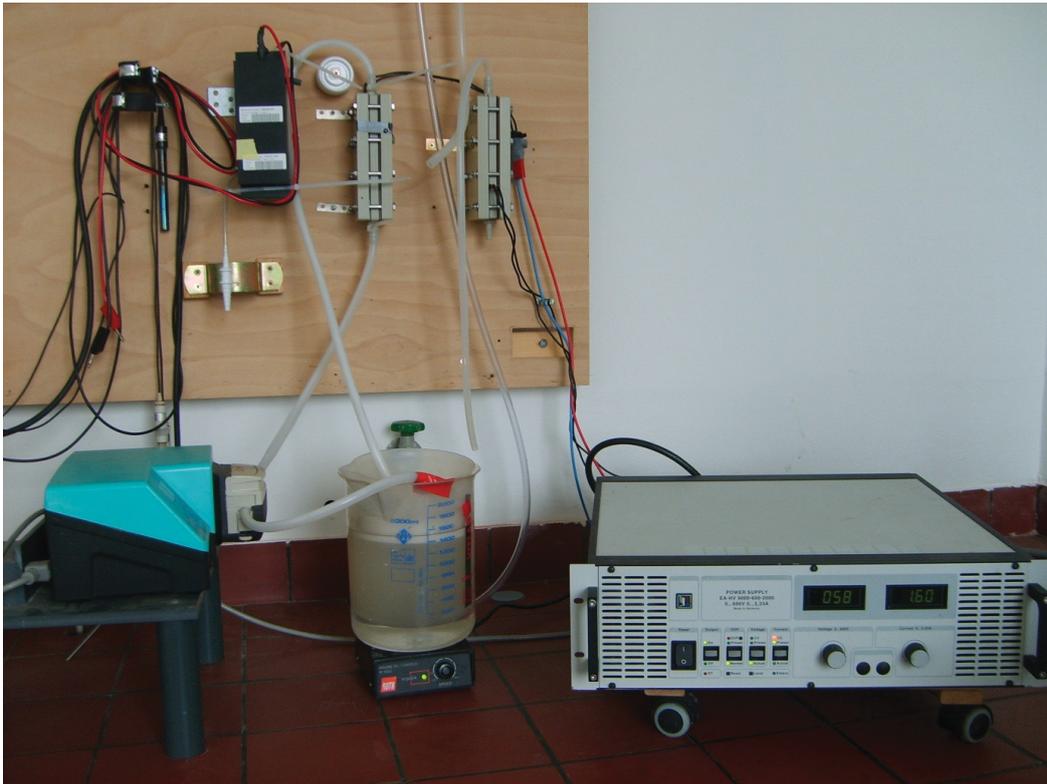


Abbildung 32: Versuchsanlage Anodische Oxidation

Während des Versuchs kam es, verursacht durch den Energieeintrag über die Elektrode, zu einer starken Erwärmung der Proben. Daher musste eine Kühlung mittels Wasserbad installiert werden. So konnte die Wassertemperatur unter 51,0 °C gehalten werden.

9.1.3.3 Versuchsdurchführung

Für diese Versuchsreihe wurde am 17.03.2010 aus dem Abwassersammelbecken eine Abwasserprobe entnommen. Aus dem Vorlagenbehälter wurde dann für jeden der durchgeführten Versuche eine 1,5 Liter Versuchs-Probe entnommen. Zu Beginn des Versuchs sowie anschließend nach jeder vollen Stunde wurde aus dem behandelten Abwasser eine 50 ml Probe entnommen, um den CSB-Abbau zu messen. Es wurden drei Versuche durchgeführt, wobei bei jedem Versuch die Stromstärke und damit auch die Stromdichte variiert wurden.

Für die spätere Versuchsauswertung muss zunächst die Fläche der Elektrode berechnet werden. Die Grundfläche einer Elektrode betrug 32 cm². Da vier solcher Elektroden in dem Reaktor eingesetzt wurden, ergibt sich eine Elektrodengesamtfläche von 128 cm².

Aus der Elektrodenfläche lässt sich dann die Stromdichte ermitteln bzw. lässt sich umgekehrt bei vorgegebener Stromdichte die benötigte Stromstärke berechnen. Die Variation der Stromstärke soll zeigen, welchen Einfluss eine Veränderung der Stromdichte, die ja direkt mit einer Änderung der Stromstärke einhergeht, auf das Reinigungsergebnis hat. Die Berechnung der Stromdichte erfolgt nach folgender Formel:

$$I = \frac{A_E \cdot \delta}{1000} \quad (9)$$

A_E Elektrodenfläche [cm²]

δ Stromdichte [mA/cm²]

Beispielhaft soll hier die Berechnung der Stromstärke für eine Stromdichte von 30 mA/cm² gezeigt werden:

$$I = \frac{A_E \cdot \delta}{1000} = \frac{32 \cdot 30}{1000} = 0,96 \text{ A} \quad (10)$$

Des Weiteren hat die Kontaktzeit, das heißt die Zeitspanne in der die Probe im Probenreaktor mit der Elektrode in Kontakt tritt, einen Einfluss auf das Behandlungsergebnis. Die Kontaktzeit ist abhängig vom Reaktorvolumen und dem Volumenstrom und kann wie folgt berechnet werden:

$$t_K = \frac{V_R}{V} \quad (11)$$

t_K Kontaktzeit [h]

V_R Reaktorvolumen [L]

V Volumenstrom [L/h]

Beispielhaft wird hier die Kontaktzeit für die drei im Labor des IAE durchgeführten Versuche dargestellt:

$$t_K = \frac{0,055 \text{ [L]}}{31,5 \text{ [} \frac{\text{L}}{\text{h}} \text{]}}$$

$$t_K = 0,00175 \text{ [h]} = 6,29 \text{ [sec]}$$

Die Kontaktzeit ist für die Versuche der Versuchsreihe gleich, da sowohl das Volumen des Elektrodenreaktors als auch der, bei der Pumpe eingestellte Volumenstrom, während der Versuchsreihe nicht variiert wurden. Lediglich beim bereits beschriebenen Vorversuch war die Kontaktzeit geringer, da eine höhere Pumpendrehzahl und damit auch ein größeres Fördervolumen eingestellt war.

Tabelle 18 gibt einen Überblick über die durchgeführten Versuche, die eingestellten Behandlungsparameter.

Tabelle 18: Durchgeführte Versuche

Versuch Nr.	Stromdichte [mA/cm ²]	Strom [A]	Elektrodenparameter E PA				Durchfluss [l/h]	rpm	Durchfluss [ml/sec]	Kontaktzeit [sec.]
			Grundfläche [cm ²]	Anzahl Elektroden	Volumen [ml]	Gesamtfläche [cm ²]				
M1 Vorversuch	40	1,28	32	4	55	128	81,7	300	22,69	2,42
M2	30	0,96	32	4	55	128	31,5	120	8,75	6,29
M3	50	1,6	32	4	55	128	31,5	120	8,75	6,29
M4	60	1,92	32	4	55	128	31,5	120	8,75	6,29

9.1.3.4 Versuchsauswertung

Durch die Behandlung des Abwassers mittels Anodischer Oxidation kam es zu einem starken Absinken des pH-Werts. Während bei Versuchsbeginn noch pH-Werte zwischen 7,3 und 6,8 gemessen wurden, betrug der pH-Wert zu Versuchsende nur noch 4,06 – 3,04. Das Absinken des pH-Werts war umso stärker je höher die Behandlungsstromstärke für den Versuch eingestellt war.

Auch bei der Leitfähigkeit war eine kontinuierliche Abnahme festzustellen, wenn auch nicht so stark ausgeprägt, wie die Verringerung des pH-Werts.

Die Spannung blieb bei den Versuchen, nach anfänglichen Schwankungen zu Versuchsbeginn, über den Versuchszeitraum hinweg konstant.

Während des Versuchs war, wie in Abbildung 33 ersichtlich, eine starke Schaumbildung im Abwasser zu beobachten. In diesem Schaum setzte sich auch sehr viel Klebstoff ab.



Abbildung 33: Schaumbildung bei der Abwasserbehandlung

Aufgrund der starken Schaumbildung und der damit einhergehenden Klebstoffflotation wäre beim Installieren einer Anodischen Oxidationsanlage auch eine Skimmervorrichtung zum Abziehen des verunreinigten Schaums vorzusehen. Dieser klebstoffhaltige Schaum wäre dann extern zu entsorgen.

Durch die Behandlung des Abwassers mittels anodischer Oxidation konnte eine deutliche Entfärbung des Abwassers erreicht werden. Abbildung 34 zeigt das Erscheinungsbild der Probe zu Behandlungsbeginn, mit einer leichten rosa Färbung und nach ein, zwei bzw. drei Behandlungsstunden, wobei die Endprobe farblos und relativ klar war.

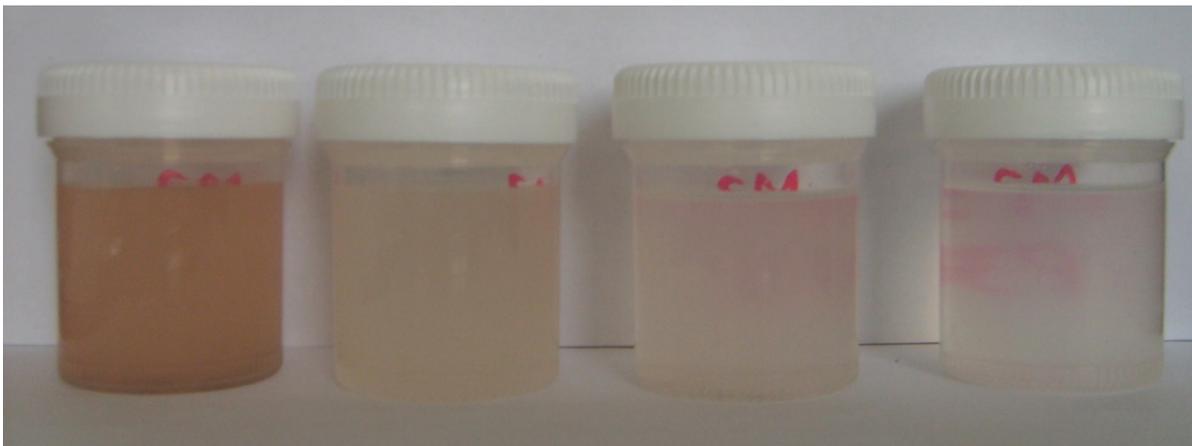


Abbildung 34: Farbveränderung des Abwassers bei Behandlung mittels anodischer Oxidation

In Abbildung 35 sind die, durch die Behandlung mittels anodischer Oxidation erreichten Behandlungserfolge dargestellt. Es zeigt sich sehr deutlich, dass bei allen durchgeführten Versuchen eine Reduzierung des CSB erreicht werden konnte. Des Weiteren ist ersichtlich, dass eine Erhöhung der Stromstärke, was bei gleichbleibender Elektrodenfläche mit einer

Erhöhung der Stromdichte einhergeht, zu einer Verbesserung des Behandlungserfolgs führt. Anders ausgedrückt kann durch die Erhöhung der Stromstärke der CSB im gleichen Zeitraum stärker reduziert werden.

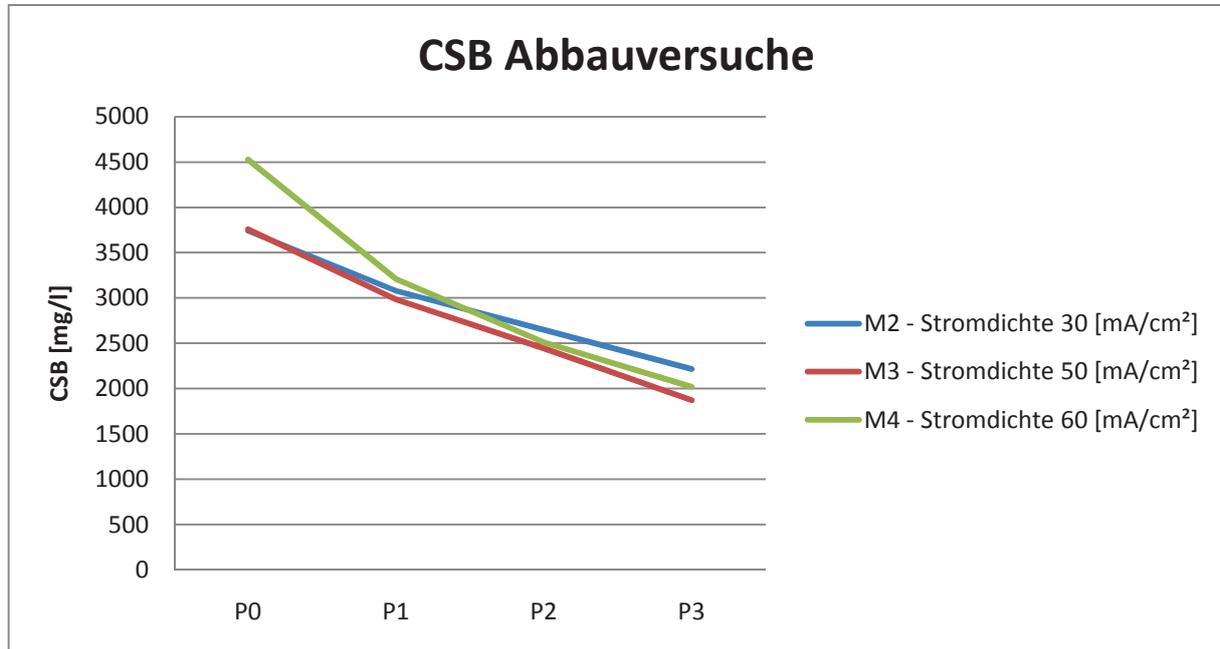


Abbildung 35: CSB – Abbau durch anodische Oxidation

Aus den Angaben aus in Tabelle 19 lässt sich die genaue CSB-Abbaurrate für jeden Versuch berechnen. Dafür wird die Differenz zwischen dem CSB zu Versuchsbeginn und jenem am Versuchsende gebildet, mit dem Probenvolumen multipliziert und durch die Stromstärke sowie die Zeit dividiert.

Berechnung der Abbaurrate:

$$\eta = \frac{(CSB_{Vorlag} - CSB_{Endprobe}) * V}{I * t} = \frac{\Delta CSB * V}{I * t} \quad (12)$$

Es ergibt sich eine Abbaurrate von 0,79 g/A h bei 0,96 A, 0,59 g/A h bei 1,6 A und 0,65 g/A bei 1,92 A. Es zeigt sich, dass durch eine höhere Stromstärke nicht unbedingt höhere Abbauraten erzielt werden. Daher müsste beim tatsächlichen Einsatz einer Anodischen Oxidationsanlage die optimale Stromstärke bzw. Stromdichte in weiteren Versuchen ermittelt werden.

Tabelle 19: Abbauraten

Messdaten									
Testreihe Anodische Oxidation									
Versuch Nr.	Strom [A]	Stromdichte [mA/cm ²]	Proben- volumen [l]	Dauer [h]	CSB [mg/l]				Abbauraten [g/A h]
					P0	P1	P2	P3	
M1	1,28	40,0	1,5	4	1760	1280		748	0,30
M2	0,96	30,0	1,5	3	3740	3080	2650	2215	0,79
M3	1,60	50,0	1,5	3	3760	2985	2445	1870	0,59
M4	1,92	60,0	1,5	3	4525	3210	2510	2020	0,65

Eine Zusammenfassung der, während des Versuchs gemessenen Werte für pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit und die Ergebnisse der CSB Analyse sind in Tabelle IV im Anhang dargestellt.

9.1.4 Vergleich Aufwand – Nutzen

Durch die Behandlung des Abwassers von Mondi Bags Austria mittels Anodischer Oxidation konnte eine deutliche Reduktion des CSB festgestellt werden. Auch der Gehalt an Feststoff im Abwasser wurde reduziert, was sich durch die Klärung des Abwassers während der Behandlung zeigte.

Aufgrund der Tatsache, dass für dieses Verfahren keine zusätzlichen Chemikalien erforderlich sind und auch keine bzw. kaum zusätzliche Reststoffe oder Abfälle anfallen, die entsorgt werden müssen, sind die Betriebskosten für dieses Verfahren gering, denn sie hängen hauptsächlich von den Energiekosten für den Betrieb der Anlage ab. Lediglich der, während der Behandlung gebildete klebstoffhaltige Schaum muss eventuell abgezogen und extern entsorgt werden. Um das Ausmaß der Schaumbildung und die optimalen Parameter für die Behandlung des Abwassers von Mondi Bags Austria genauer zu untersuchen, sind weitere Versuche notwendig. Grundsätzlich aber stellt die anodische Oxidation eine sehr einfache und wirksame Methode zur Abwasservorreinigung dar.

9.2 Absetzbecken

Die Reinigungswirkung eines Absetzbeckens basiert auf dem Prinzip der Sedimentation, das heißt, die im Abwasser suspendierten Teilchen setzen sich aufgrund der Wirkung der Schwerkraft ab.

Um zu untersuchen inwieweit die Abwasserqualität des Technologieabwassers der Mondi Bags Austria GmbH durch den Einsatz eines Absetzbeckens verbessert werden könnte, wurden einige Versuche mit unterschiedlich stark verunreinigten Tagesabwässern durchgeführt. Für die Durchführung der Analysen wurde das Abwasser zwei Stunden lang im Imhofftrichter stehen gelassen und anschließend der Gehalt an absetzbaren Stoffen

abgelesen und der CSB des Klarwassers untersucht. Außerdem wurde der Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen vor und nach der Sedimentation bestimmt.

Tabelle 20 zeigt die Ergebnisse der Behandlung von Abwasser mittels Sedimentation. Wie in der Tabelle ersichtlich, wurden durch die Sedimentation um 10 – 31 % reduzierte CSB-Werte erreicht. Die Verbesserung der Abwasserqualität ist umso stärker, je höher der Gehalt an absetzbaren Stoffen und der ursprüngliche CSB Wert ist. Auch bei den abfiltrierbaren Stoffen konnte eine Reduktion der Messwerte nach der Sedimentation festgestellt werden.

Tabelle 20: Ergebnisse Abwasserbehandlung Sedimentation

Datum	AFS	AFS Sedimentation	AFS Reduktion	ASS	CSB Abwasser unbehandelt	CSB Abwasser Sedimentation	CSB Reduktion
	[mg/l]	[mg/l]	[%]	[ml/l]	[mg/l]	[mg/l]	[%]
25.01.2010	1.250			92	7.032	4.844	31
26.01.2010	1.683	775	54	53	7.224	5.558	23
27.01.2010	970	775	20	64	6.084	5.496	10
28.01.2010	1.480	415	71	49	6.784	5.349	21

Tabelle 21 zeigt die Ergebnisse einer weiteren Behandlung von Abwasser mittels Sedimentation. Hier wurde untersucht, welchen Einfluss die Zugabe von Eisentrichlorid auf das Absetzverhalten der suspendierten Feststoffe hat. Es wurden 0,2 ml Eisentrichlorid zu einem Liter Wasser zudosiert. Wie in Tabelle 21 ersichtlich konnte bei einem Abwasser mit einem ursprünglichen CSB von 8.095 mg/l durch Sedimentation eine Reduktion dieses Werts um 44,1% auf 4.525 mg/l erreicht werden. Die CSB-Reduktion bei der Sedimentation unter FeCl₃ Zugabe betrug 50,7 %. Durch die Zugabe von Eisentrichlorid konnte auch die Menge an absetzbaren Stoffen deutlich gesteigert werden. Weiters zeigte sich, dass die erzielte Verbesserung der Abwasserqualität umso größer ist, je stärker die Ausgangsbelastung des Abwassers ist.

Tabelle 21: Ergebnisse Abwasserbehandlung Sedimentation unter Zugaben von FeCl₃

Datum	ASS	ASS Mit FeCl ₃	CSB Abwasser unbehandelt	CSB Abwasser Sedimentation	CSB Abwasser Sedimentation mit FeCl ₃
	[ml/l]	[ml/l]	[mg/l]	[mg/l]	[mg/l]
04.02.2010	88	98	6.991	5.631	5.443
23.03.2010	125	160	8.095	4.525	4.108
31.03.2010	110	140	-----	-----	-----

In Abbildung 36 ist das veränderte Erscheinungsbild des Abwassers durch die FeCl₃-Zugabe ersichtlich. Anstatt der ursprünglichen leichten rosa Färbung weist das Abwasser nach der FeCl₃-Zugabe eine starke orange Färbung auf. Außerdem kann man erkennen, dass sich im Trichter in dem das Abwasser mit FeCl₃ behandelt wurde deutlich mehr Schlamm absetzte.



Abbildung 36: Abwasser Sedimentation mit und ohne FeCl_3

Anhand der Versuche konnte gezeigt werden, dass ein Absetzbecken eine wirkungsvolle Methode darstellen würde, um die vorgegebenen Grenzwerte für die Einleitung des Abwassers in die Kanalisation des Abwasserverbands Raum Zeltweg einzuhalten und die Qualität des Abwassers zu verbessern.

9.2.1 Ausführung eines Absetzbeckens

Absetzbecken können sowohl als Längsbecken als auch als Rundbecken bzw. als Flachbecken oder Trichterbecken ausgeführt werden. In diesen Becken wird die Fließgeschwindigkeit des Abwassers so verlangsamt, dass die Schlammflocken bis auf den Boden absinken können. Wichtige konstruktionstechnische Aspekte sind ein möglichst störungsarmer Wassereinlauf um den Absetzvorgang nicht zu stören oder abgesetzten Schlamm wieder aufzuwirbeln und eine möglichst störungsarme Schlammräumung. [29, S. 391-393]

Das heißt, die Reinigungswirkung eines Absetzbeckens hängt von der vorhandenen Absetzzeit ab. In der Vorklärung von Kläranlagen rechnet man, dass theoretisch zwei Stunden Verweilzeit ausreichend sind, um fast 100% der absetzbaren Schwebstoffe aus dem Wasser abzuscheiden. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die tatsächliche Absetzzeit eines Teilchens stets größer ist, als die theoretisch berechnete. Dieses Verhältnis zwischen theoretischer und tatsächlicher Absetzzeit wird als hydraulischer Wirkungsgrad

bezeichnet. Die tatsächliche Absetzzeit wird bei kommunalen Kläranlagen meist mit 2,5 h angenommen. Die optimale Durchflussgeschwindigkeit, auch Flächenbeschickung genannt, liegt zwischen 2,5 – 0,8 m/h. [29, S. 391-417]

Zwischen Durchflusszeit und der, dem Becken zugeführten Abwassermenge besteht folgender Zusammenhang:

$$t = \frac{V}{Q} = \frac{h}{v_{\text{sink}}}$$

t ... Absetzzeit [h]

V ... Flüssigkeitsvolumen im Becken über der Schlammschicht [m³]

Q ... Wassermenge [m³/h]

h ... Absetzhöhe [m]

Das heißt bei vorgegebener Absetzzeit und bekanntem Durchsatz lässt sich das notwendige Beckenvolumen annähernd bestimmen. Anders ausgedrückt muss das Abwasser so lange im Becken verweilen, dass es den im Abwasser suspendierten Teilchen möglich ist, sich von der Oberfläche bis zum Schlamm abzusetzen, also die Höhe h mit der Sinkgeschwindigkeit v_s zurückzulegen. [30]

Da das Abwasser bei Mondi Bags Austria nicht kontinuierlich anfällt, müssten vor dem Bau eines Absetzbeckens noch weitere detailliertere Untersuchungen zum stündlichen Abwasseraufkommen durchgeführt werden, um die benötigte Beckengröße zu bestimmen und auch bei Spitzenbelastungen eine ausreichende Reinigungsleistung zu gewährleisten.

Betrachtet man den Untersuchungszeitraum Jänner 2010, betrug die maximale Tagesabwassermenge 20 m³. Das würde bedeuten, dass durchschnittlich 0,8 m³ Abwasser pro Stunde anfallen. Tatsächlich stellt sich die Situation jedoch so dar, dass es zu punktuellen Spitzen im Abwasseranfall kommt, wenn im Betrieb Maschinen gereinigt werden. Dazwischen fällt über mehrere Stunden kein bzw. kaum Abwasser an, da nur das Abwasser aus der Druckerei kontinuierlich anfällt.

Aus diesem Grund wäre es sinnvoll vor dem Absetzbecken ein kleines Speicher- bzw. Ausgleichbecken zu installieren, um diese Schwankungen auszugleichen.

Im Absetzbecken fällt ein, von den, im Abwasser enthaltenen, absetzbaren Stoffen befreiter Überlauf, sowie der abgesetzte Schlamm an. Je nach Ausführungsform sammelt sich der Schlamm direkt in einem Trichter oder muss zunächst mittels Räumschilden in den Abflusstrichter geräumt werden, um von dort ausgelassen zu werden. Die Trichtergröße wird so bemessen, dass der Schlamm im Schnitt 0,5 – 1 Tag im Absetzbecken verweilt und so noch weiter entwässern kann. Der aus dem Absetzbecken ausgetragene Schlamm hat allerdings noch einen sehr hohen Wasseranteil (> 90%) und muss außerdem einer externen Entsorgung zugeführt werden. [29, S.391-417]

Die gewählte Bauform für das Absetzbecken ist abhängig von den örtlichen Gegebenheiten. Im Fall von Mondi Bags Austria würde sich ein Trichterbecken anbieten, da es zum einen relativ wenig Platz benötigt und zum anderen sind Trichterbecken so gestaltet, dass keine eigene Schlammräumung erforderlich ist, denn der Schlamm gleitet an der Beckenwand zum Trichterboden. In Abbildung 37 ist ein derartiges Trichterbecken dargestellt. Man kann erkennen, dass das Abwasser über einen Zulauf, der von einem Tauchring umgeben wird, in das Becken gelangt. Das, von den absetzbaren Stoffen befreite, Abwasser verlässt das Becken über eine Überlaufrinne. Der abgesetzte Schlamm sammelt sich im tiefsten Punkt des Trichters und wird von dort mittels eines Schlammrohres ausgepumpt. [29, S.391-406], [30]

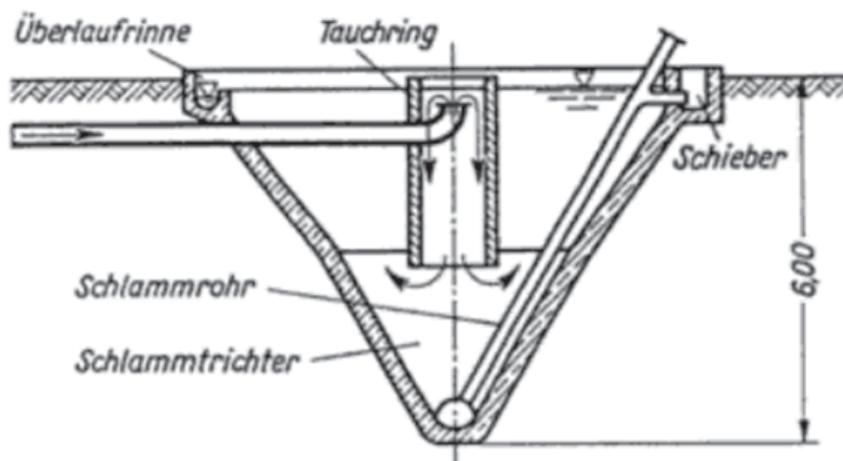


Abbildung 37: Rundes Trichterbecken [29, S. 405]

Für den abgepumpten Schlamm müssen geeignete Entsorgungsbehälter bereitgestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass es sich bei dem Schlamm vorwiegend um Klebstoffrückstände handelt, die sehr stark haften und daher bereits nach relativ kurzer Zeit nur mit erhöhtem Aufwand umgepumpt werden können. Daher würde sich ein ähnliches Entsorgungssystem anbieten, wie es bereits jetzt für nicht mehr verwendbare Klebstoffrückstände zur Anwendung kommt. Das heißt der Klebstoffschlamm müsste in, mit Plastiksäcken ausgekleideten, Containern gesammelt werden, die dann direkt dem Entsorger zur Entleerung übergeben werden.

Bei der konstruktionstechnischen Umsetzung eines Absetzbeckens muss unbedingt darauf geachtet werden, dass die Leitung vom Ausgleichbecken vor dem Absetzbecken zum Absetzbecken, sowie die Leitung vom Absetzbecken zum Speicherbecken eine ausreichende Neigung aufweisen, sodass es zu keinem Verlegen der Rohrleitungen kommt.

9.2.2 Vergleich Aufwand – Nutzen

Die Sedimentationsversuche haben gezeigt, dass die Qualität des Abwassers durch ein Absetzbecken deutlich verbessert werden könnte. Neben einer Entfernung der absetzbaren

Stoffe aus dem Abwasser kommt es auch zu einer Reduktion des CSB sowie des Gehalts an abfiltrierbaren Stoffen.

Da die anfallende Technologieabwassermenge bei Mondi Bags Austria bzw. Mondi Coating jedoch relativ gering ist, erscheint es fraglich ob der der bauliche Aufwand, der mit der Installation eines Absetzbeckens verbunden wäre, gerechtfertigt ist. Auch die Kosten für diese Abwasservorreinigung sind relativ hoch, da neben den Investitionskosten für die Anlage laufend Kosten für die Wartung und die Schlamm Entsorgung anfallen.

9.3 Absetzen in den lokalen Abwasserschächten

Eine weitere, wenn auch nicht sehr effiziente, Möglichkeit die Abwasserqualität zu verbessern ist es, ein Absetzen des Klebstoffs in den einzelnen lokalen Abwasserschächten zu ermöglichen. Zu diesem Zweck müsste die Absaugleitung in jedem Becken so angebracht werden, dass das Wasser nicht direkt am Beckenboden sondern 10-20 cm über dem tiefsten Punkt angesaugt wird. Dadurch kann sich der Klebstoff zumindest teilweise absetzen und am Beckenboden sammeln. Dieses Absetzen in den lokalen Abwasserschächten würde aber auch eine regelmäßige Entleerung und Reinigung dieser Becken erforderlich machen, was, da es sieben solcher Becken gibt, relativ aufwendig ist. Dafür wären aber die notwendigen baulichen bzw. konstruktionstechnischen Maßnahmen gering, da lediglich ein Verkürzen der Ansaugleitungen erforderlich wäre.

10 Ergebnisse / Diskussion

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Bestandsaufnahme für das innerbetriebliche Abwassermanagement durchgeführt. Im Zuge dieser Erfassung des Iststandes wurden die einzelnen Abwasserströme graphisch aufbereitet und der Anteil der unterschiedlichen Produktionsbereiche am Abwasseraufkommen und an der Abwasserverschmutzung ermittelt. Dabei konnte gezeigt werden, dass ein Großteil des anfallenden Abwassers und der CSB-Fracht aus der Produktion von Mondi Bags Austria stammt.

Bei der Betrachtung der Ergebnisse der betriebsinternen Abwasseranalyse zeigte sich eindeutig, dass es immer wieder zu Überschreitungen der im Einleitungsvertrag festgeschriebenen Grenzwerte kommt. Vor allem der Gehalt an absetzbaren und abfiltrierbaren Stoffen liegt immer wieder über dem Grenzwert. Und obwohl zwischen der Produktion bzw. der Anzahl der Aufträge und dem Abwasseraufkommen ein Zusammenhang besteht, sind die Belastungsspitzen im Abwasser nicht auf punktuell gesteigerte Produktions- bzw. Auftragszahlen zurückzuführen sondern entstehen aufgrund von, von der Produktionsleistung unabhängigen Ereignissen, wie beispielsweise die unsachgemäße Entsorgung größerer Klebstoffmengen ins Abwasser oder das unbemerkte Auslaufen von Klebstoff ins Abwasser.

Aus diesem Grund stellt die Vermeidung des Klebstoffeintrags ins Abwasser die wichtigste Maßnahme zur Verbesserung der Abwasserqualität dar. Hierfür ist vor allem eine Bewusstseinsbildung beim Betriebspersonal notwendig, die durch Schulungen erreicht werden kann. Außerdem sollten die Klebstoffwerke an den Maschinen sowie die Klebstofftanks in der Klebstoffvorbereitung regelmäßig Überprüfungen unterzogen werden.

Im Produktionsbereich Druckerei wird das Abwasser vor der Einleitung in das Abwasserspeicherbecken einer Vorbehandlung unterzogen. Diese besteht aus einer Spaltung der im Abwasser enthaltenen Farben, einer Flockung und einer Filtration mittels Filterpresse. Um die Wirkung dieser Vorbehandlung zu optimieren, sollte für jede Behandlungscharge eine genaue Behandlungsrezeptur anhand einer Laborprobe ermittelt werden. So kann sichergestellt werden, dass das Abwasser optimal ausflockt und der gewünschte pH – Wert erreicht wird.

Auch für die Durchführung der Abwasseranalyse wurde der Iststand erfasst und dokumentiert. Dabei wurde festgestellt, dass die Probenahme sowie die Durchführung der Abwasseranalyse durch einige einfache Maßnahmen optimiert werden kann. Zum einen sollte eine Standardisierung des Verfahrens erfolgen, indem die Vorgehensweise bei der Probenahme und Analyse in einer Arbeitsanweisung genau festgelegt wird. Weiters sind einige kleinere technische Mängel zu beseitigen. Das Photometer sollte durch eine geeignete Abdeckung geschützt werden, um zu vermeiden, dass das Gerät verstaubt und so falsche Messwerte liefert. Das Thermostat muss so eingestellt werden, dass die vom Küvettenhersteller geforderte Temperatur von 120 °C für 120 Minuten erreicht wird. Ist dies nicht möglich, sollte das Thermostat durch ein neues ersetzt werden.

Auch bei der Durchführung der Analysen, kann die Genauigkeit der Endergebnisse verbessert werden, indem einige Punkte beachtet werden. Besonders bei stark verunreinigten Abwasserproben erscheint es sinnvoll für die Bestimmung des CSB zwei Analysenproben herzustellen. So kann vermieden werden, dass es auf Grund der Erfassung von mehr oder weniger Feststoffen zu einem Messfehler kommt. Der damit verbundene Mehraufwand bei der Analyse ist minimal und somit ist diese Maßnahme einfach umzusetzen.

Bei der Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe im Abwasser sollte besonders sorgfältig gearbeitet werden, da hier bereits kleine Messfehler zu einer starken Verzerrung der Endergebnisse führen. Vor der Entnahme der Analysenprobe sollte die Laborprobe durch schütteln gut homogenisiert werden und bei der anschließenden Analyse ist darauf zu achten dass nur so viel Probe in den Büchnertrichter pipettiert wird, dass der Filter benetzt ist, jedoch kein Abwasser im Trichter steht.

Die Durchführung und die Ergebnisse der Analysen sollten in einem Probenahme- und Analysenprotokoll dokumentiert werden, um die Ergebnisse später rückverfolgen zu können.

Um eine kontinuierliche Überwachung der Abwasserqualität zu ermöglichen bzw. Belastungsspitzen besser erkennen zu können, empfiehlt sich die Installation einer online CSB-Messung. Für die Anwendung bei Mondi Bags Austria erscheint aufgrund der inhomogenen Abwasserzusammensetzung, eine Anlage, deren Messungen auf der direkten Zugabe eines Oxidationsmittels basieren, am besten geeignet.

Um die Einhaltung der Grenzwerte dauerhaft zu gewährleisten wurden auch zwei Verfahren untersucht, um das Abwasser vor der Einleitung in die Kanalisation des Abwasserverbands Raum Zeltweg am Standort vorzubehandeln. Zum einen wurde die Behandelbarkeit mittels anodischer Oxidation untersucht und zum anderen wurde die Wirkung eines Absetzbeckens im Labormaßstab simuliert und die Veränderungen am Abwasser analysiert.

Es hat sich gezeigt dass die anodische Oxidation eine wirkungsvolle Methode darstellt um das Abwasser zu behandeln, denn bei allen durchgeführten Versuchen konnte eine deutliche Reduktion des CSB festgestellt werden. Außerdem stellt die anodische Oxidation, nach Installation des dafür benötigten Elektrodenreaktors, ein wartungsarmes und kostengünstiges Verfahren dar, denn es werden keine weiteren Chemikalien oder Betriebsmittel benötigt und es fallen keine bis kaum extern zu entsorgende Rückstände an.

Auch bei der Vorreinigung des Abwassers mittels Sedimentation konnte eine deutliche Verbesserung der Abwasserqualität festgestellt. Der CSB sowie der Gehalt an abfiltrierbaren und absetzbaren Stoffen verringerte sich bei jedem der Behandlungsversuche. Da der Abwasseranfall diskontinuierlich ist, muss vor dem Absetzbecken auch noch ein Ausgleichsbecken installiert werden, um auch bei Spitzenbelastungen eine ausreichend lange Verweilzeit des Abwassers im Absetzbecken zu gewährleisten. Auch aufgrund der starken Haftungsneigung des im Abwasser suspendierten Klebstoffs müssen bei der Auslegung einer solchen Anlage jedoch einige Punkte beachtet werden. Zum einen müssen die Rohrleitungen ein ausreichendes Gefälle aufweisen, damit es zu keinem Verlegen der Rohrleitungen kommt und zum anderen ist die Entsorgung des anfallenden Schlammes

schwierig, da er nach einer gewissen Standzeit bzw. ab einem gewissen Trockensubstanzgehalt nicht mehr pumpfähig ist. Und da der anfallende Schlamm extern entsorgt werden muss entstehen hier für den laufenden Betrieb nicht unerhebliche Kosten. Damit stellt dieses Verfahren ein zwar eine wirkungsvolle Möglichkeit der Abwasservorreinigung dar, aufgrund der Abwassereigenschaften und der Art des Abwasseranfalls ergeben sich jedoch gewisse Probleme für die praktische Umsetzung, worunter auch die finanzielle Rentabilität einer derartigen Vorreinigung leidet.

Allgemein konnte durch diese Diplomarbeit gezeigt werden, dass das Potential zur Vermeidung eines Eintrags von Klebstoff- und Farbrückständen in das Abwasser noch nicht vollständig ausgeschöpft ist und noch mehrere Möglichkeiten bestehen die Abwasserqualität positiv zu beeinflussen.

11 Zusammenfassung

Wasser ist in der Produktion von Mondi Bags Austria GmbH ein wichtiger Roh- und Hilfsstoff. Es wird verwendet um den für die Herstellung von Papiersäcken notwendigen Leim anzumischen und auch die Reinigung der Leim- und Druckwerke erfolgt vorwiegend mit Wasser.

Die dabei anfallenden betrieblichen Abwässer werden in einem zentralen Speicherbecken auf dem Gelände des Unternehmens gesammelt und in weiterer Folge in die Kläranlage des Abwasserverbands Raum Zeltweg eingeleitet.

Die Waschwässer für die Leimreinigung enthalten stark verdünnten unbehandelten Restleim. Das Technologieabwasser aus dem Druckereibereich (Pigmente aus dem Druckprozess) wird über Spaltung und Flockung innerbetrieblich aufbereitet und erst dann in den Sammelbehälter eingeleitet.

Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurde eine Bestandsaufnahme für das innerbetriebliche Abwassermanagement durchgeführt. Im Zuge dieser Erfassung des Iststandes wurden die einzelnen Abwasserströme graphisch aufbereitet und der Anteil der unterschiedlichen Produktionsbereiche am Abwasseraufkommen und an der Abwasserverschmutzung ermittelt. Konkret erfolgte eine Betrachtung der Gut- bzw. Stoffströme Wasser, Abwasser, CSB-Fracht und Klebstoff.

Des Weiteren wurde die Durchführung der Abwasseranalysen überprüft und auf Basis dieser Daten wurden Optimierungsvorschläge für die innerbetriebliche Abwasseranalyse erarbeitet. Kernpunkte dieser Optimierungsvorschläge sind die Verbesserung der technischen Ausstattung für die CSB-Analyse und die Erstellung einer Vorlage für eine Arbeitsanweisung sowie ein Probenahmeprotokolls für die Abwasseranalyse. Eine weitere mögliche Maßnahme ist die Installation einer online Messanlage für den CSB um Belastungsspitzen erkennen und besser gegensteuern zu können. Auch die Vorgehensweise bei den Analysen für den CSB und den Gehalt an abfiltrierbaren Stoffen wurde überarbeitet und optimiert.

Zuletzt wurden auch noch die anodische Oxidation und die Sedimentation als mögliche Abwasservorreinigungsverfahren vorgestellt. Im Rahmen dieser Diplomarbeit wurden diese beiden Technologien auch im Labormaßstab auf ihre Wirksamkeit untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass beide Verfahren zu der gewünschten Verbesserung der Abwasserqualität führen. Vor der Implementierung eines der beiden Verfahren sind jedoch noch weitere Untersuchungen erforderlich, um das Verfahren an die gegebenen Betriebsbedingungen anzupassen.

12 Verzeichnisse

12.1 Literatur

- [1] United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) (Hrsg.): Water – a shared responsibility. Paris: Berghahn Books, 2006, S. 277 - 302. ISBN 1-84545-177-5
- [2] Hauff, Volker (Hrsg.): Unsere gemeinsame Zukunft. Der Brundtland-Bericht der Weltkommission für Umwelt und Entwicklung. Greven: Eggenkamp Verlag, 1987. ISBN 3-923166-16-8
- [3] Rübiger, Norbert: Wasser- und Abwassertechnik: Entwicklungen und Meilensteine. In: Chemie Ingenieur Technik. Weinheim: 75 No. 10 2003, S. 1523 – 1525
- [4] Mondi Bags Austria GmbH (Hrsg.): Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild. Zeltweg: Mondi Bags Austria GmbH, 2009.
- [5] Mondi Bags Austria GmbH (Hrsg.): Kanalnetz. Zeltweg: Mondi Bags Austria GmbH, 2009.
- [6] BGBl. Nr. 215/1959: Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959).
- [7] BGBL 1996/186: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft über die allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (Allgemeine Abwasseremissionsverordnung)
- [8] BGBL II 2003/265: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der Betankung, Reparatur und Reinigung von Fahrzeugen (AEV Fahrzeugtechnik).
- [9] Rump, Hans Hermann: Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 1998. ISBN 3-527-28888-0
- [10] Bliefert, Klaus: Umweltchemie. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 1994. ISBN 3-527-28692-6
- [11] Knoch, Wilfried: Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Abfallentsorgung. Weinheim: VCH - Verlag, 1991. ISBN 3-527-28085-5
- [12] Bericht 2182b047 über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 07.12.2009
- [13] Bericht 2182b041 über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 03.06.2009

- [14] Bericht 2182b033 über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 12.12.2008
- [15] Bericht 2182b026 über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 26.05.2008
- [16] Bericht über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 04.12.2007
- [17] Bericht über die Abwasseruntersuchung für Mondi Bags Austria GmbH. Gesellschaft für analytische Chemie GmbH Bundesstraße 66 8740 Zeltweg. 12.06.2007
- [18] BGBL I 102/2002: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002).
- [19] Menapace, Hannes: Behandlung von gefährlichen Abfällen. Leoben: Montanuniversität Leoben, 2007.
- [20] Vogl, R: Gute Analytische Praxis – Analytiker Taschenbuch Band 9. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag, 1990.
- [21] Schwedt, Georg: Analytische Chemie – Grundlagen, Methoden und Praxis. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2008. ISBN 978-3-527-31206-1
- [22] Mascha, Hans-Peter: Wie misst man den CSB einfach und richtig?. Online im WWW unter URL: http://www.die-wasserlinse.de/download/ausgabe_0105/a07_01.pdf Stand: Jänner 2010.
- [23] Schröter, Jens-Uwe: Ohne Umwege messen. In Chemie Technik. Heidelberg: Oktober 2006, S.58-60
- [24] UVT-Ingenieurbüro (Hrsg.): CSB Messung. Online im WWW unter URL: www.uvt-online.de. Stand Jänner 2010
- [25] Gimat Umweltmesstechnik (Hrsg.): CSB - Analysatoren. Online im WWW unter URL: <http://www.gimat.de>. Stand Jänner 2010.
- [26] Kraft, Alexander; Stadelmann, Manuela; et.al.: Anodic oxidation with doped diamond electrodes: a new advanced oxidation process. In: Journal of Hazardous Materials. B103 2003, S. 247-261
- [27] Tröster, I.; et.al.: Electrochemical advanced oxidation process for water treatment using DiaChem electrodes. In: Diamond and Related Materials. 11 2002, S. 640-645

- [28] Schelch, Michael: Diamantelektrode. Niklasdorf. Online im WWW unter URL: <http://www.proaqua.cc/>. Stand: März 2010
- [29] Bischof, Wolfgang: Abwassertechnik. Stuttgart, Leipzig: Teubner, 1998. ISBN 3-519-15247-9
- [30] Lecher, Kurt; Lühr, Hans-Peter; Zanke, Ulrich: Taschenbuch der Wasserwirtschaft. Berlin: Parey Buchverlag, 2001. ISBN 3-8263-8493-8

12.2 Abkürzungsverzeichnis

°C	Grad Celsius
δ	Stromdichte
A	Ampere
A _E	Elektrodenfläche
a	Jahr
bzw.	beziehungsweise
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
ca.	Circa
cm	Zentimeter
cm ²	Quadratzentimeter
CSB	Chemischer Sauerstoffbedarf
d	Tag
h	Stunde
kg	Kilogramm
l	Strom
IAE	Institut für Nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik
l	Liter
m ³	Kubikmeter
mA	Milliampere
MBA	Mondi Bags Austria GmbH
MCZ	Mondi Coating GmbH
mg	Milligramm
ml	Milliliter
mon	Monat
Q	Wassermenge
rpm	rotations per minute
sec	Sekunde
t	Tonne
t _K	Kontaktzeit

TW	Technologiewasser
V	Flüssigkeitsvolumenstrom
V_R	Reaktorvolumen
WWV	Westwind Verpackung GmbH

12.3 Tabellen

Tabelle 1: Abmessungen der lokalen Abwasserschächte.....	16
Tabelle 2: Eingesetzte organische und anorganische Klebstoffe sowie Zusatzstoffe.....	24
Tabelle 3: Klebstoffrezepturen.....	25
Tabelle 4: Grenzwerte Einleitungsvertrag	27
Tabelle 5: Teilstrom 1 – Mischproben-Untersuchungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH	35
Tabelle 6: Teilstrom 1 – Mischproben – Untersuchung durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH Abwasserfrachten	36
Tabelle 7: Teilstrom 1 - Stichproben - Untersuchungen durch die Gesellschaft für Analytische Chemie GmbH	37
Tabelle 8: Abfiltrierbare Stoffe und Schlamm in den lokalen Abwasserschächten	39
Tabelle 9: Abwasseranalyse Gesamtabwasser und Abwasser Druckerei.....	42
Tabelle 10: Analysenergebnisse der Vergleichsmessungen des IAE	43
Tabelle 11: Abwasseranalyse – Vergleichsmessungen Abwasserverband Raum Zeltweg ...	44
Tabelle 12: Präzessionsbestimmung – Abfiltrierbare Stoffe.....	45
Tabelle 13: Präzessionsbestimmung – CSB Analyse	46
Tabelle 14: Klebstoffverbrauch Jänner 2009	49
Tabelle 15: Klebstoffentsorgung.....	50
Tabelle 16: CSB-Analyse-Ergebnisse	67
Tabelle 17: Auslitern der Schlauchpumpe	68
Tabelle 18: Durchgeführte Versuche	71
Tabelle 19: Abbauraten	74
Tabelle 20: Ergebnisse Abwasserbehandlung Sedimentation	75
Tabelle 21: Ergebnisse Abwasserbehandlung Sedimentation unter Zugaben von $FeCl_3$	75

12.4 Abbildungen

Abbildung 1: Wasser- und Abwasserströme am Standort.....	8
Abbildung 2: Rohrleitungs- und Instrumentenfließbild Abwassersammelschacht.....	9
Abbildung 3: Lokaler Abwassersammelschacht.....	11
Abbildung 4: Optisches Erscheinungsbild des Abwassers im Abwassertank vor und nach der Chemikalienzugabe.....	13
Abbildung 5: Behandeltes Druckereiabwasser	13
Abbildung 6: Kanalnetz Mondi Bags Austria GmbH.....	15
Abbildung 7: Wasserbilanz 2009	17
Abbildung 8: Wasserbilanz 2009 normiert	17
Abbildung 9: Technologiewasser – Verbrauch 2008 und 2009 im Vergleich.....	19
Abbildung 10: Produktionszahlen 2008 und 2009 im Vergleich	20
Abbildung 11: Anzahl der Aufträge 2008 und 2009	21
Abbildung 12: Produktion und Abwasser 2009	22
Abbildung 13: Produktion und CSB Fracht 2009	23
Abbildung 14: Probenahmestelle Abwasserspeicherbecken.....	28
Abbildung 15: Probenahmestelle Filterpresse Druckerei	29
Abbildung 16: Abwasseranalyse 2009 – CSB und ASS.....	32
Abbildung 17: Abwasseranalyse 2009 – Abfiltrierbare Stoffe.....	33
Abbildung 18: Abwasserschacht Schlauchmaschine Linie 1 SM 410	40
Abbildung 19: Abwasserschacht Schlauchmaschine Linie 3 SM 413 und Linie 5 424	40
Abbildung 20: Wasserbilanz 2010-01 in m ³ /Monat	47
Abbildung 21: Wasserbilanz 2010-01 bezogen auf den Gesamtimport.....	47
Abbildung 22: CSB-Bilanz Jänner 2010 in kg/mon	48
Abbildung 23: CSB-Fracht Jänner 2010 normiert	49
Abbildung 24: Klebstoff - Entsorgung	50
Abbildung 25: Klebstoffgehalt im Abwasser.....	51
Abbildung 26: Klebstoffbilanz - Jänner 2010	52
Abbildung 27: Klebstoffbilanz - Jänner 2010 normiert.....	52
Abbildung 28: Funktionsschema CSB – Analysator.....	62
Abbildung 29: Vorlage - Probenahme und Analysenprotokoll	64

Abbildung 30: Schematischer Aufbau einer Durchflusszelle mit Diamantelektroden der Firma pro aqua.....	66
Abbildung 31: CSB – Abbau Vorversuch.....	67
Abbildung 32: Versuchsanlage Anodische Oxidation	69
Abbildung 33: Schaumbildung bei der Abwasserbehandlung	72
Abbildung 34: Farbveränderung des Abwassers bei Behandlung mittels anodischer Oxidation	72
Abbildung 35: CSB – Abbau durch anodische Oxidation	73
Abbildung 36: Abwasser Sedimentation mit und ohne FeCl_3	76
Abbildung 37: Rundes Trichterbecken.....	78

Anhang

Tabelle I: Monatlicher Wasserverbrauch 2009

Monatlicher Wasserverbrauch 2009												
Monat	Kühlwasser-BS (Z IV)	Kühlwasser-D (Z 11)	Kühlwasser-NKV (Z 41)	Tech. + San. Wasser-Ges.	Tech. Wasser-D	Tech. Wasser-MBA	Tech. Wasser-WWW	Sanit. Wasser (Kanal-TechW-G)	AN-Zahl=450	MBA-San. Wasser	MCZ-San. Wasser	NKV-San. Wasser
Jänner	24800	2276	3004	1936	108	143,75	13,25	1671	450	531	557	557
Februar	28429	2463	3252	2514	120	202	17	2175	455	670	717	717
März	33210	3300	3412	2157	132	194	17	1814	450	580	605	564
April	38240	3709	4124	2751	126	166	15	2444	450	760	814	760
Mai	31967	2701	3647	2148	114	193	16	1825	450	568	608	568
Juni	32753	2273	3754	2137	120	179	16	1022	450	567	607	567
Juli	35882	2308	4343	2631	138	174	16	2303	450	742	768	716
August	30096	2101	2756	2376	126	210	10	2022	450	629	696	629
September	34765	2113	3239	2262	132	175	16	1939	450	603	668	603
Oktober	39018	2312	3545	2588	132	198	17	2241	450	722	747	697
November	34826	1892	3306	2267	126	164	15	1962	450	654	654	610
Dezember	31469	2493	3339	2791	96	97	10	2588	450	863	863	805
Summe	394.855	30.021	41.721	28.558	1.470	2.095	186,25	24.806	5.405	7.889	8.304	7.793

Tabelle II: Technologiewasserverbrauch 2008 und 2009 im Vergleich

Vergleich Technologiewasser - Verbrauch 2008 und 2009						
Monat	Tech. Wasser-D 2008	Tech. Wasser-D 2009	Tech. Wasser- MBA 2008	Tech. Wasser- MBA 2009	Tech. Wasser- WWV 2008	Tech. Wasser- WWV 2009
Jänner		108		143,75		13,25
Februar		120		202		17
März		132		194		17
April		126		166		15
Mai	138	114	280	193	22	16
Juni	132	120	292	179	22	16
Juli	138	138	287	174	22	16
August	126	126	277	210	21	18
September	132	132	202	175	17	16
Oktober	138	132	248	198	20	17
November	120	126	247	164	20	15
Dezember	84	96	124	97	11	10
Summe	1.008,00	1.470,00	1.957,00	2.095,75	155,00	186,25

Tabelle III: Abwasseranalyse – Messergebnisse 2009

Abwasseranalyse- Messergebnisse							
Für den Zeitraum vom 01.01.2009.bis 31.12.2009							
	Abwasser- menge	pH - Wert	CSB		AFS		ASS
Datum	m ³	pH	mg/ l	kg/ d	mg/ l	kg/ d	ml/ l
15.01.2009	15	7,23	6.060	90,90	712,00	10,68	24,0
21.01.2009	13	6,70	6.400	83,20	750,00	9,75	22,0
27.01.2009	17	8,16	5.437	92,43	688,00	11,70	16,0
04.02.2008	14	8,92	5.091	71,27	705,0	9,87	24,0
12.02.2009	15	8,89	5.910	88,65	670,0	10,05	36,0
20.02.2009	12	7,99	4.167	50,00	214,0	2,57	4,0
26.02.2009	13	7,62	6.834	88,84	660,00	8,58	48,0
06.03.2009	16	8,78	5.181	82,90	690,00	11,04	22,0
11.03.2009	10	8,82	7.573	75,73	757,00	7,57	44,0
20.03.2009	17	7,87	5.791	98,45	644,00	10,95	32,0
08.04.2009	14	8,16	3.575	50,05	217,00	3,04	40,0
16.04.2009	11	6,76	6.192	68,11	590,00	6,49	42,0
22.04.2009	15	8,96	6.262	93,93	848,00	12,72	45,0
30.04.2009	10	8,42	5.995	59,95	704,0	7,04	22,0
07.05.2009	12	9,12	6.655	79,86	545,0	6,54	31,0
13.05.2009	14	7,59	6.590	92,26	880,0	12,32	47,0
26.05.2009	16	7,55	7.037	112,59	920,0	14,72	38,0
04.06.2009	18	7,07	8.868	159,62	1.240,0	22,32	51,0
09.06.2009	13	8,70	15.780	205,14	4.700,0	61,10	500,0
12.06.2009	14		29.200	408,80	14.900,0	208,60	
02.07.2009	15	8,88	5.834	87,51	711,0	10,67	53,0
07.07.2009	9	8,02	5.917	53,25	692,0	6,23	42,0
15.07.2009	15	7,97	5.941	89,12	895,0	13,43	23,0
24.07.2009	9	8,02	5.016	45,14	854,0	7,69	39,0
31.07.2009	7	7,80	6.050	42,35	164,0	1,15	29,0
07.08.2009	19	7,55	7.248	137,71	1.420,0	26,98	55,0
11.08.2009	6	8,10	6.786	40,72	1.455,0	8,73	48,0
25.08.2009	9	8,60	6.916	62,24	1.540,0	13,86	51,0
01.09.2009	16	7,44	6.195	99,12	1.370,0	21,92	40,0
09.09.2009	8	8,29	6.962	55,70	1.214,0	9,71	52,0
16.09.2009	11	8,49	7.727	85,00	1.516,0	16,68	47,0
23.09.2009	14	8,13	7.128	99,79	1.317,0	18,44	49,0
08.10.2009	15	8,47	6.214	93,21	1.414,0	21,21	39,0
15.10.2009	10	8,90	5.985	59,85	1.390,0	13,90	33,0
20.10.2009	12	8,13	5.240	62,88	1.270,0	15,24	37,0
04.11.2009	8	8,23	7.754	62,03	1.410,0	11,28	37,0
12.11.2009	14	7,99	8.057	112,80	1.485,0	20,79	29,0
18.11.2009	15	8,11	7.922	118,83	1.501,0	22,52	39,0
25.11.2009	11	8,60	3.237	35,61	940,0	10,34	14,0
03.12.2009	11	8,16	7.160	78,76	970,0	10,67	49,0
11.12.2009	12	8,11	6.620	79,44	1.570,0	18,84	55,0
17.12.2009	8	8,46	6.800	54,40	1.520,0	12,16	44,0

Tabelle IV: Messdaten Anodische Oxidation

Messdaten																								
Testreihe Anodische Oxidation																								
Versuch Nr.	Elektrode	Strom [A]	Stromdichte [mA/cm ²]	Dauer [h]	U [V]			Leitfähigkeit [ms/cm]			pH Wert			Temperatur [°C]			CSB [mg/l]							
					P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3	P0	P1	P2	P3				
M1	E PA	1,28	40,0	4	57	51	50	51										1760	1280				748	
M2	E PA	0,96	30,0	3	50	45	45	45	2,380	2,245	2,126	2,060	7,12	6,44	5,12	4,06	16,3	30,2	33,7	38,5	3740	3080	2650	2215
M3	E PA	1,60	50,0	3	68	58	57	56	2,457	2,230	2,120	2,029	7,30	6,18	4,46	3,27	12,0	38,2	41,4	51,0	3760	2985	2445	1870
M4	E PA	1,92	60,0	3	74	61	60	59	2,419	2,094	1,978	2,055	6,80	5,22	3,72	3,04	13,2	46,8	50,5	50,2	4525	3210	2510	2020

I. Vorlage Arbeitsanweisung

Ziel der Analyse

Durch die Analyse des Abwassers, sollen die, durch den Einleitungsvertrag vorgesehenen Untersuchungsparameter pH-Wert und CSB sowie der Gehalt an abfiltrierbaren und absetzbaren Stoffe bestimmt werden.

Probenahme

- Es werden zwei Abwasserproben entnommen: eine aus dem Abwasserspeicherbecken und eine aus dem Abfluss der Filterpresse in der Druckerei
- Die Abwasserprobe aus dem Abwasserspeicherbecken wird mittels eines Bechers direkt aus dem Ablauf des Speicherbeckens entnommen
- Die Abwasserprobe aus der Druckerei wird mittels eines Bechers direkt aus dem Abfluss der Filterpresse entnommen
- Der Name des Probennehmers, sowie das Datum und der Zeitpunkt der Probenahme sind im Probenahmeprotokoll zu dokumentieren
- Auch das Erscheinungsbild des Abwassers sollte kurz dokumentiert werden, da es sehr oft rasche Rückschlüsse auf den Verschmutzungsgrad des Abwassers zulässt.

Bestimmung des pH-Werts

- Die Bestimmung des pH-Werts erfolgt nur für das Abwasser aus dem Abwasserspeicherbecken
- Der pH-Wert wird auf der Anzeige des Schaltschranks abgelesen und ins Analysenprotokoll eingetragen
- Einmal monatlich ist die Sonde für die Messung des pH-Werts zu reinigen und mittels Standardlösung zu kalibrieren

Bestimmung der absetzbaren Stoffe

- Die Bestimmung der absetzbaren Stoffe erfolgt nur für das Abwasser aus dem Abwasserspeicherbecken
- Die Haltevorrichtung für die beiden Imhofftrichter auf ebenem Grund positionieren
- Beide Trichter bis zur 1.000 ml Markierung mit gut durchmischter Abwasserprobe füllen und die Trichter anschließend ruhig stehen lassen
- Nach ca. 50 und 110 Minuten die beiden Trichter ruckartig um die eigene Achse drehen um eventuell an der Wandung haftende Partikel zum Absetzen zu bringen
- Nach zwei Stunden wird die Menge der absetzbaren Stoffe abgelesen und ins Analysenprotokoll eingetragen
- Der endgültigen Wert wird aus dem Mittelwert der beiden abgelesenen Werte wie folgt errechnet:

$$\text{Absetzbare Stoffe} \left[\frac{\text{ml}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Wert 1} + \text{Wert 2}}{2}$$

- Nach erfolgter Messung sind die Trichter zu entleeren und mit klarem Wasser zu spülen
- Einmal monatlich sind die Trichter gründlich, unter Verwendung von geeigneten Reinigungsmitteln vom anhaftenden Klebstoff zu befreien

Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe

- Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgt nur für das Abwasser aus dem Abwasserspeicherbecken
- Den leeren Filter in einer Uhrglasschale bei 105 °C im Trockenschrank trocknen
- Die Saugflasche mittels eines Schlauchs mit der Wasserstrahlpumpe verbinden
- Den Gummikonus und den Büchnertrichter auf die Saugflasche aufsetzen
- Den leeren Filter im Exsikkator abkühlen und danach abwägen; Masse des leeren Filters ins Analysenprotokoll eintragen
- Erzeugen eines Vakuums in der Saugflasche durch Aufdrehen der Wasserstrahlpumpe
- Den Filter zentriert in den Büchnertrichter legen und mit deionisiertem Wasser anfeuchten
- Abwasserprobe durch Schütteln homogenisieren
- 25 ml Abwasserprobe mittels Kolbenhubpipette in den Trichter pipettieren; das Abwasser ist so einzupipettieren, dass die Probe den Filter benetzt, jedoch nicht im Trichter „steht“
- Filter trocken saugen lassen
- Filter mittels Pinzette aus dem Trichter entfernen und in der Uhrglasschale bei 105 °C mindestens zwei Stunden im Trockenschrank trocknen
- Filter im Exsikkator abkühlen lassen und abwägen; falls keine Gewichtskonstanz eintritt Filter erneut trocknen und Vorgang wie beschrieben wiederholen
- Masse des beladenen Filters ins Analysenprotokoll eintragen
- Nach erfolgter Messung ist die Saugflasche zu entleeren und der Büchnertrichter zu reinigen
- Die Berechnung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgt nach folgender Gleichung

$$\text{Feststoffgehalt} \left[\frac{\text{mg}}{\text{l}} \right] = \frac{\text{Auswaage} [\text{mg}] - \text{Einwaage} [\text{mg}]}{20} * 1000$$

Bestimmung des CSB

- Die Bestimmung der abfiltrierbaren Stoffe erfolgt für das Abwasser aus dem Abwasserspeicherbecken und das vorgereinigte Abwasser aus der Druckerei
- Abwasserproben durch schütteln homogenisieren
- Bodensatz in der Küvette durch vorsichtiges Schwenken in Schwebelage bringen
- 0,5 ml Abwasserprobe mittels Kolbenhubpipette in die Küvette pipettieren
- Küvette verschließen und gut säubern
- Vermischen der Probe mit den Chemikalien durch vorsichtiges Schwenken der Küvette
- Küvetten im Thermostat für 120 Minuten bei 148 °C erhitzen

- Küvetten abermals vorsichtig schwenken
- Küvetten in einem Küvettenständer auf Raumtemperatur abkühlen lassen
- Küvetten gut säubern und im Photometer analysieren
- Messung 4 mal durchführen und nach jeder erfolgten Messung ist die Küvette vorsichtig etwas zu drehen
- Messwerte im Analysenprotokoll notieren
- Die Berechnung des CSB erfolgt nach folgender Formel

$$CSB [mg/l] = \frac{Wert\ 1 + Wert\ 2 + Wert\ 3 + Wert\ 4}{4}$$