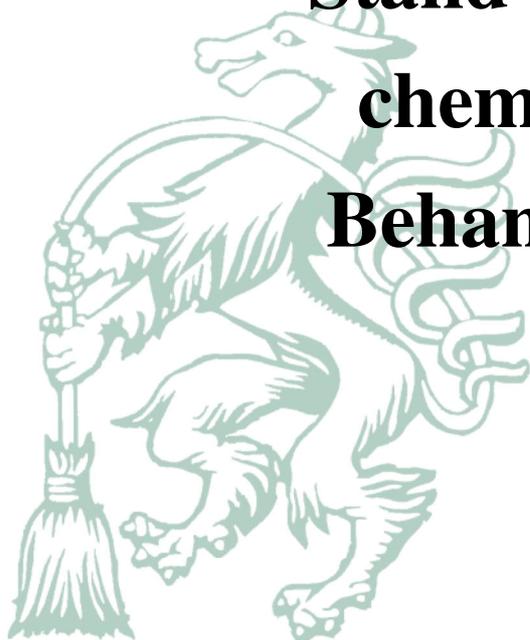


**Studie**



**Stand der Technik bei der  
chemisch-physikalischen  
Behandlung von flüssigen  
Abfällen**



Jänner 2010

Fachabteilung 19D  
Abfall- und Stoffflusswirtschaft



Das Land  
Steiermark



## Studie

# **Stand der Technik bei der chemisch-physikalischen Behandlung von flüssigen Abfällen**

### **Autoren**

Martina Wagner  
Hannes Menapace  
Roman Frate

Leoben, Jänner 2010

## Danksagung

Die Autoren der Studie möchten sich beim Auftraggeber der Studie – der Fachabteilung 19 D der Steiermärkischen Landesregierung – für das in sie gesetzte Vertrauen und die gute Zusammenarbeit bedanken.

Für die Bereitstellung von aktuellen Zahlen und Daten zum Abfallaufkommen und die Zuordnung zu den jeweiligen Abfallschlüsselnummern, sowie der Adressen der österreichischen chemisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlagen sei dem Umweltbundesamt an dieser Stelle gedankt.

Recht herzlich bedanken möchten wir uns auch beim Lebensministerium. Namentlich erwähnt seien hier Herr MR. Mag. Franz Mochty und Herr Mag. Kristian Juric. Durch die zur Verfügung gestellte EDM-Testumgebung, konnte für eine virtuelle Behandlungsanlage eine Anmeldung durchgeführt und dokumentiert werden.

An dieser Stelle soll auch all jenen Anlagenbetreibern gedankt sein, die unserem Aufruf gefolgt sind und uns Teile ihrer Anlagendaten übermittelt haben, damit eine Auflistung der gängigen Anlagenkonfigurationen ermöglicht werden konnte.

Bedanken möchten wir uns auch bei Herrn Dipl.-Ing. Dr. Franz Richter, der uns bei der Erstellung dieser Studie stets mit Rat und Tat zur Seite stand und uns sein Expertenwissen zur Verfügung stellte. Weiters bedanken wir uns bei Herrn Karl Steinlechner, der ebenfalls Expertenwissen für die Erstellung der Studie beisteuerte.

## Zusammenfassung

In der vorliegenden Studie wird der derzeit vorgeschriebene Stand der Technik bei der chemisch-physikalischen Behandlung von flüssigen Abfällen in Österreich dargestellt. Die Studie umfasst Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zu geeigneten Behandlungsverfahren, Technologien für Abfall- und Abgasbehandlung, den rechtlichen Rahmen für den Betrieb einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage und die Bilanzierung einer Musteranlage.

In Österreich sind derzeit insgesamt 33 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen für organisch und/oder anorganisch belastete Abfälle in Betrieb, welche zusammen eine bewilligte Behandlungskapazität von rund 800.000 t/a aufweisen. Es handelt sich dabei um 24 klassische, zwei mobile und sieben sonstige chemisch-physikalische Behandlungsanlagen. Diese Studie beschäftigt sich ausschließlich mit jenen Behandlungsverfahren, wie sie für die Behandlung von flüssigen, gefährlichen Abfällen (klassische chemisch-physikalische Anlagen) zum Einsatz kommen. Von den in Österreich rund eine Million Tonnen pro Jahr anfallenden, gefährlichen Abfällen werden ca. 152.000 t/a klassischen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen zugeführt, welche insgesamt eine bewilligte Behandlungskapazität von rund 500.000 t/a aufweisen.

Die Behandlung von flüssigen, gefährlichen Abfällen mit chemisch-physikalischen Verfahren umfasst folgende Ziele:

- Chemische Umwandlung bestimmter vorhandener Inhaltsstoffe zum Zweck der Schadstoffzerstörung bzw. der Schadstoffreduktion (Verminderung des Gefährdungspotenzials),
- Chemische Umwandlung bestimmter vorhandener Inhaltsstoffe, um diese mittels physikalischer Methoden abtrennen zu können,
- Trennung von Stoffgemischen mittels physikalischer Methoden,
- Vorbehandlung von Abfällen für die anschließende stoffliche oder thermische Verwertung,
- Reduktion der Masse an zu deponierenden Abfällen,
- Schaffung möglichst reaktionsträger, nicht verwertbarer Reststoffe,
- Erlangung brennbarer Reststoffe in möglichst heizwertreicher Form,
- Vermeidung einer Schadstoffverlagerung von Abfällen in andere Medien,
- Geringstmögliche Emissionen und weitestgehende Betriebs- und Störfallsicherheit während des Betriebes.

Die Zuordnung der Abfälle zu den einzelnen Behandlungsverfahren bzw. Verfahrenskombinationen erfordert eine genaue Charakterisierung des Abfallinputs und ist

allein aufgrund der Abfallbezeichnung (Abfallschlüsselnummer) in der Regel nur bedingt möglich. Im Rahmen dieser Studie werden die in Österreich verwendeten Technologien zur Abfallbehandlung gemäß dem Stand der Technik beschrieben und folgendermaßen eingeteilt:

- Verfahren zur Stofftrennung (physikalische Verfahren): Filtration/Entwässerung, Sedimentation und Zentrifugieren, Eindampfung und Destillation, Strippung, Membranverfahren, Adsorption, Flotation, chemische Emulsionsspaltung, Ionenaustausch.
- Verfahren zur Stoffumwandlung (chemische Verfahren): Neutralisation/Fällung, Entgiftung (Reduktion, Oxidation), Elektrolyse, Nassoxidation, biologische Behandlung.

Dabei können einzelne Behandlungsverfahren zu Schadstoffemissionen in die Luft führen, welche eine anschließende Abgasbehandlung notwendig machen. Relevante Techniken bei der Abgasbehandlung, wie sie auch in chemisch-physikalischen Anlagen zum Einsatz kommen, sind Zyklone, Elektrofilter, Gewebefilter, Adsorption (an Aktivkohle), Biofiltration und Gaswäsche (Absorption). Hierbei ist zu berücksichtigen, dass die Techniken zur Abgasbehandlung in den letzten Jahren zunehmend verbessert wurden und die Umsetzung bzw. der Einsatz dieser Techniken in allen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen, je nach Anforderungen, erfolgen muss, um dem Stand der Technik zu entsprechen.

Gemäß gesetzlichen Vorgaben besteht eine Nachweisführung (Gegenüberstellung Abfallinput und Abfalloutput) für Abfallerzeuger und Abfallbehandler, welche in dieser Studie anhand der Bilanzierung (erfolgt EDV-gestützt mittels Computersoftware STAN) und Registrierung (eRAS) einer Musteranlage dargestellt wird.

Neben den konventionellen Behandlungsverfahren gewinnen auch neue Verfahren immer mehr an Bedeutung, wie z. B. die Behandlung von Emulsionen durch Anodische Oxidation mittels Diamantelektroden.

## Summary

This study in hand describes the current best available technique for chemical-physical treatment of fluid waste in Austria. The study deals with criteria's to classify the waste to the adequate treatment methods, technologies for waste and waste-gas treatment, the legal limits to operate a chemical-physical treatment plant and the accounting procedure for a model plant.

A total of 33 chemical-physical treatment plants for organic and/or inorganic laden waste are currently operating in Austria; these plants are divided into 24 classical, two mobile and seven other chemical-physical treatment plants. Together these plants have a treatment capacity of approximately 800,000 t/a. This study focuses on the treatment processes for hazardous fluid waste material (classical chemical-physical plants). Per year approximately one Million tons of hazardous waste is arising in Austria and about 152,000 t/a are currently treated in classical chemical-physical treatment plants. The treatment capacity of these classical treatment plants is approximately 500,000 t/a.

The treatment of fluid hazardous waste with chemical-physical treatments has the following objectives:

- Chemical transformation of a particular material to destroy specific harmful substances, respectively to reduce the amount of harmful substances (reduction of hazard potential).
- Chemical transformation of particular material, to further separate it with physical methods.
- Separation of a mixture of materials with physical methods.
- Pre-treatment of waste for the subsequent recycling (substantial or thermal).
- Mass reduction of later deposited material
- To get inert, not salvageable items.
- Get flammable residual material with a high-heating value.
- No shifting of hazardous waste from one medium to another.
- Smallest possible emissions and as far as possible performance reliability of the treatment plants without incidents.

The allocation of the waste to single treatment methods or method combinations requires a detailed characterization of the waste input. Generally, an allocation based only on waste code numbers is not aim leading. Within the scope of this work the current state-of-the-art technologies for waste treatment used in Austria are described. The following divisions will be used:

- Procedure to separate materials (physical procedures): filtration/dewatering, sedimentation and centrifugation, evaporation and distillation, stripping, membrane methods, adsorption, flotation, chemical splitting of emulsion, ion exchange.
- Procedure to transform materials (chemical procedures): neutralization/precipitation, detoxification (reduction, oxidation), electrolysis, wet air oxidation, biological treatment.

Several waste treatments can lead to pollutant emission, and this could make a subsequent treatment of waste gas. Relevant techniques in chemical-physical facilities to treat waste gas are cyclones, electrical filters, fibrous filters, adsorption (with activated coal), bio filtration and gas scrubbing (absorption). In this connection one has to take into account that the techniques to treat waste gas have improved over the last years and the implementation of these techniques in all chemical-physical facilities is necessary.

In accordance to the legal specifications a verification management for waste producer and waste treatment facilities is necessary. This will be shown in this work by means of a model plant with balancing through STAN (computer software) and registering in eRAS.

Besides the treatment methods that have been field tested and proven, respectively comply with the current state-of-the-art for chemical-physical waste treatment, a new and innovate treatment method (Anodic oxidation via diamond electrodes) is described.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 EINFÜHRUNG .....</b>	<b>8</b>
1.1 Zielsetzung .....	9
<b>2 RECHTLICHER RAHMEN FÜR CP-BEHANDLUNGSANLAGEN.....</b>	<b>10</b>
2.1 Rahmenbedingungen auf EU-Ebene .....	10
2.1.1 Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie).....	10
2.1.2 Verordnung 166/2006/EG über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (EG-PRTR-VO).....	12
2.2 Nationale Rahmenbedingungen.....	13
2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002.....	13
2.2.1.1 Begriffsbestimmungen laut AWG 2002.....	14
2.2.1.2 Pflichten von Abfallbesitzern .....	16
2.2.1.3 Behandlungsanlagen .....	18
2.2.1.4 Verordnungen zum AWG 2002 .....	19
2.2.2 Wasserrechtsgesetz 1959.....	22
2.2.2.1 Begriffsbestimmung laut WRG 1959 .....	23
2.2.2.2 Verordnungen zum WRG 1959 .....	24
2.2.3 Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 .....	31
2.2.4 Sonstige.....	32
2.2.4.1 E-PRTR-Begleitverordnung.....	32
2.2.4.2 Emissionsregister Chemie Oberflächengewässer – Entwurf .....	35
2.2.4.3 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz .....	37
<b>3 ABFALLAUFKOMMEN GEFÄHRLICHER ABFÄLLE IN ÖSTERREICH .....</b>	<b>39</b>
3.1.1 Entsorgungswege gefährlicher Abfälle in Österreich .....	41
<b>4 FESTSTELLUNG DES STANDES DER TECHNIK GEMÄß IPPC-RICHTLINIE43</b>	
4.1 Allgemeine beste verfügbare Techniken.....	44
4.1.1 Umweltmanagement .....	44
4.1.1.1 Anmerkungen.....	45
4.1.2 Verbesserung des Kenntnisstandes über den Abfallinput .....	45
4.1.2.1 Anmerkungen.....	46

4.1.3	Abfalloutput.....	46
4.1.3.1	Anmerkung .....	46
4.1.4	Managementsysteme.....	46
4.1.4.1	Anmerkungen.....	47
4.1.5	Lagerung und Handhabung .....	47
4.1.5.1	Anmerkungen.....	48
4.1.6	Energie-, Wasser- und Rohstoffmanagement .....	48
4.1.6.1	Anmerkungen.....	49
4.1.7	Behandlung von Luftemissionen .....	49
4.1.7.1	Anmerkungen.....	50
4.1.8	Abwassermanagement .....	50
4.1.9	Management von Rückständen, die während des Prozesses entstehen.....	51
<b>5</b>	<b>TECHNOLOGIEN ABFALLBEHANDLUNG.....</b>	<b>52</b>
5.1	Verfahren zur Stofftrennung (physikalische Verfahren) .....	55
5.1.1	Filtration/Entwässerung .....	55
5.1.1.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	55
5.1.1.2	Anforderungen an das Verfahren .....	55
5.1.1.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	55
5.1.1.4	Hilfsstoffe .....	57
5.1.1.5	Emissionen .....	58
5.1.1.6	Input-Output Bilanz .....	59
5.1.1.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	59
5.1.2	Sedimentation und Zentrifugieren .....	59
5.1.2.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	60
5.1.2.2	Anforderungen an das Verfahren .....	60
5.1.2.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	60
5.1.2.4	Hilfsstoffe .....	62
5.1.2.5	Emissionen .....	63
5.1.2.6	Input-Output-Bilanz .....	63
5.1.2.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	64
5.1.3	Eindampfung und Destillation .....	64
5.1.3.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	66
5.1.3.2	Anforderungen an die Verfahren .....	67
5.1.3.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	67

5.1.3.4	Hilfsstoffe .....	69
5.1.3.5	Emissionen .....	69
5.1.3.6	Vor- und Nachteile der Verfahren.....	70
5.1.3.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	70
5.1.4	Strippung .....	71
5.1.4.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	71
5.1.4.2	Anforderungen an das Verfahren .....	72
5.1.4.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	72
5.1.4.4	Hilfsstoffe .....	73
5.1.4.5	Emissionen .....	73
5.1.4.6	Vor- und Nachteile des Verfahrens .....	74
5.1.4.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	75
5.1.5	Membranfiltration .....	76
5.1.5.1	Ultrafiltration.....	77
5.1.5.2	Umkehrosmose.....	84
5.1.6	Adsorption .....	90
5.1.6.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	90
5.1.6.2	Anforderungen an das Verfahren .....	90
5.1.6.3	Adsorptionsmittel .....	90
5.1.6.4	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	92
5.1.6.5	Hilfsstoffe .....	94
5.1.6.6	Regenerierung des Adsorptionsmittels.....	94
5.1.6.7	Emissionen .....	95
5.1.6.8	Vor- und Nachteile dieses Verfahrens.....	95
5.1.6.9	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	96
5.1.7	Flotation.....	96
5.1.7.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	97
5.1.7.2	Anforderungen an das System.....	97
5.1.7.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	98
5.1.7.4	Hilfsstoffe .....	100
5.1.7.5	Emissionen .....	100
5.1.7.6	Vor- und Nachteile dieses Verfahrens.....	101
5.1.7.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	101
5.1.8	Ionenaustausch .....	102

5.1.8.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	102
5.1.8.2	Anforderungen an das System .....	103
5.1.8.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	103
5.1.8.4	Austauscherarten .....	104
5.1.8.5	Regenerierung .....	105
5.1.8.6	Hilfsstoffe .....	105
5.1.8.7	Emissionen .....	106
5.1.8.8	Vor- und Nachteile .....	106
5.1.8.9	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	107
5.2	Verfahren zur Stoffumwandlung (chemische Verfahren) .....	108
5.2.1	Neutralisation/Fällung .....	108
5.2.1.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	108
5.2.1.2	Anforderungen an das Verfahren .....	109
5.2.1.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	110
5.2.1.4	Hilfsmittel .....	111
5.2.1.5	Schwermetallfällung .....	111
5.2.1.6	Emissionen .....	115
5.2.1.7	Input-Output-Bilanz .....	116
5.2.1.8	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	116
5.2.2	Entgiftung/Reduktion.....	117
5.2.2.1	Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen.....	117
5.2.2.2	Reduktion von Nitrit.....	120
5.2.3	Entgiftung/Chemische Oxidation .....	121
5.2.3.1	Konstruktion eines Oxidationsreaktors .....	121
5.2.3.2	Vor- und Nachteile der Chemischen Oxidation.....	122
5.2.3.3	Überwachung.....	122
5.2.3.4	Überblick über die verwendeten Oxidationsmittel.....	123
5.2.3.5	Oxidation von Cyaniden .....	124
5.2.3.6	Oxidation von Nitrit.....	132
5.2.4	Nassoxidation .....	134
5.2.4.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	134
5.2.4.2	Anforderung an das System.....	135
5.2.4.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	135
5.2.4.4	Hilfsstoffe .....	137

5.2.4.5	Emissionen .....	137
5.2.4.6	Vor- und Nachteile dieses Verfahrens .....	138
5.2.4.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	138
5.2.5	Biologische Behandlung .....	139
5.2.5.1	Zu behandelnde Abfallarten .....	140
5.2.5.2	Anforderungen an das Verfahren .....	140
5.2.5.3	Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik).....	140
5.2.5.4	Hilfsstoffe .....	146
5.2.5.5	Emissionen .....	146
5.2.5.6	Input-Output-Bilanz .....	148
5.2.5.7	Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung .....	148
<b>6</b>	<b>TECHNOLOGIEN ABGASBEHANDLUNG .....</b>	<b>149</b>
6.1	Zyklone .....	150
6.2	Elektrostatische Abscheider (Elektrofilter) .....	150
6.3	Gewebefilter.....	152
6.4	Adsorption.....	153
6.5	Biofiltration .....	154
6.6	Gaswäsche (Absorption).....	156
<b>7</b>	<b>SPEZIELLE ANFORDERUNGEN FÜR DIE ZUORDNUNG VON ABFÄLLEN ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BEHANDLUNG.....</b>	<b>159</b>
7.1	Verbesserung der Kenntnisse über den Abfallinput.....	159
7.1.1	Charakterisierung der Abfallzusammensetzung (Voruntersuchung der Erstanlieferung) .....	159
7.1.2	Annahmeverfahren (Eingangskontrolle).....	161
7.1.3	Annahmeeinrichtung .....	162
7.2	Zwischenlagerung gefährlicher Abfälle .....	163
7.2.1	Lagermatrix.....	164
7.2.2	Bauliche Ausführung.....	165
7.2.3	Zusammenlagerung von gefährlichen Abfällen .....	166
7.2.4	Lagerbehälter, -kennzeichnung und -dokumentation.....	167
7.3	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungs- methoden.....	168
7.3.1	Zuordnungstabelle .....	169

<b>8</b>	<b>CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEHANDLUNGSANLAGEN .....</b>	<b>178</b>
8.1	Allgemeines .....	178
8.2	Chemisch-physikalische Behandlung von organisch belasteten Abfällen...	179
8.3	Chemisch-physikalische Behandlung von anorganisch belasteten Abfällen	181
8.4	Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich.....	183
<b>9</b>	<b>BESCHREIBUNG, DARSTELLUNG UND BILANZIERUNG EINER CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN MUSTERANLAGE .....</b>	<b>185</b>
9.1	Betriebsbeschreibung der Musteranlage .....	185
9.1.1	Verfahrensablauf und Funktionsbeschreibung der Schlammbehandlung .....	185
9.1.2	Verfahrensablauf und Funktionsbeschreibung der Abwasserbehandlungsanlage (CPB-Anlage).....	185
9.1.2.1	Eingangsanalytik, Übernahme und Zwischenlagerung .....	187
9.1.2.2	Ultrafiltrationsanlage .....	187
9.1.2.3	Chargenbehandlung von Abwässern, Flüssigkonzentraten und Dünnschlämmen .....	187
9.1.2.4	Behandlung anorganischer Flüssigabfälle.....	188
9.1.3	Biologische Abwasserbehandlungsanlage .....	189
9.1.4	Abluftbehandlung.....	189
9.2	Bilanzierung einer Musteranlage.....	189
9.2.1	Getroffene Annahmen und Vereinfachungen .....	189
9.2.1.1	Abfallimportströme .....	190
9.2.1.2	Betriebsmittel .....	191
9.2.1.3	Biologische Stufe – Abwasserexporte .....	192
9.2.1.4	Filterkuchen und Altöl.....	192
9.2.1.5	Anlagenkonfiguration .....	194
9.2.2	Bilanzierungen.....	194
9.2.2.1	Bilanzierung der Gutströme.....	194
9.2.2.2	Bilanzierung der Stoffströme .....	196
9.2.3	Diskussion .....	197
<b>10</b>	<b>INNOVATIVES BEHANDLUNGSVERFAHREN FÜR EMULSIONEN – ANODISCHE OXIDATION MITTELS DIAMANTELEKTRODEN .....</b>	<b>199</b>
10.1	Problemstellung .....	199
10.2	Zielsetzung .....	201

10.3	Verwendete Elektroden.....	201
10.4	Behandlungsprinzip .....	202
10.5	Laborversuche .....	203
10.6	Verwendete Medien .....	204
10.7	Ergebnisse .....	204
10.8	Ausblick .....	207
<b>11</b>	<b>ABSCHLIEßENDE BETRACHTUNG UND AUSBLICK.....</b>	<b>208</b>
<b>12</b>	<b>VERZEICHNISSE .....</b>	<b>209</b>
12.1	Literatur.....	209
12.2	Abkürzungsverzeichnis .....	213
12.3	Tabellen .....	219
12.4	Abbildungen .....	221
<b>ANHANG I</b>	<b>.....</b>	<b>I</b>
<b>ANHANG II</b>	<b>.....</b>	<b>XIV</b>
<b>ANHANG III</b>	<b>.....</b>	<b>XX</b>

# 1 Einführung

Das Ziel der nationalen Abfallwirtschaft ist es, mit Abfall in einer solchen Art und Weise umzugehen, dass die Einwirkungen auf Umwelt und Schutzgüter wie Menschen, Tiere und Pflanzen so gering wie möglich gehalten werden. Dabei steht die weitgehende Vermeidung von Abfällen an erster Stelle, ist dies nicht möglich, sind anfallende Abfälle zu verwerten. Ist eine Verwertung der Abfälle nicht zielführend, sind Abfälle je nach ihrer Beschaffenheit einer Abfallbeseitigung zuzuführen. [16]

Der Begriff der Abfallbeseitigung umfasst alle Arten von Behandlungsverfahren um gefährliche Inhaltsstoffe unschädlich zu machen bzw. reaktionsarme, feste Rückstände herzustellen, dafür stehen folgende Behandlungsmethoden zur Verfügung:

1. Mechanische (physikalische) Behandlung (Sortierung, Zerkleinerung, Filtration, usw.),
2. Biologische Behandlung (Kompostierung, Vergärung, usw.),
3. Chemische Behandlung (Neutralisation, Fällung, usw.)
4. Thermische Behandlung (Verbrennung).

Um bei der Vielzahl der verschiedenen Arten gefährlicher Abfälle eine optimale Behandlung zu erzielen, ist eine Kombination der verschiedenen Behandlungsverfahren notwendig wie z. B. mechanisch-biologische oder chemisch-physikalische Behandlungsanlagen.

In Österreich sind derzeit 33 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen für organisch und/oder anorganisch belastete Abfälle in Betrieb:

- 24 für flüssige Abfälle (klassische chemisch-physikalische Behandlungsanlagen)
- 2 mobile chemisch-physikalische Behandlungsanlagen und
- 7 sonstige chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (Immobilisierung, Bodenwaschanlagen, CP-Anlagen für spezielle gefährliche Abfälle).

Zusammen weisen sie eine genehmigte Behandlungskapazität von rund 800.000 t/a auf [46].

In dieser Studie werden ausschließlich Behandlungsverfahren näher beschrieben, wie sie in den klassischen Behandlungsanlagen verwendet werden. Von diesen werden insgesamt 16 als kombinierte Anlagen (Behandlung von organisch und anorganisch belasteten Abfällen) betrieben. Weitere sieben Anlagen sind ausschließlich zur Übernahme und Behandlung organisch belasteter gefährlicher Abfälle zugelassen. Zur Behandlung von ausschließlich anorganisch belasteten gefährlichen Abfällen ist in Österreich eine Anlage in Betrieb.

Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen sind ein wichtiger Teil der Entsorgungskette für gefährliche Abfälle, von den in Österreich rund eine Million Tonnen pro Jahr anfallenden

gefährlichen Abfällen, werden ca. 152.000 t/a chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen zugeführt.

Eine Reihe von gesetzlichen Kriterien müssen von Anlagenbetreibern erfüllt werden, um eine ordnungsgemäße Behandlung dieser spezifischen Abfälle bewerkstelligen zu können. Zum Beispiel sind die aus der Behandlung resultierende Qualität des Abwassers, der festen oder pastösen Rückstände und der Abluft, sowie sicherheitstechnische Aspekte, für einen erfolgreichen Betrieb, wichtige Parameter.

Sich ändernde Produktionsprozesse verursachen Abfälle, an welche die Behandlungsverfahren der chemisch-physikalischen Anlagen ständig angepasst werden müssen. Dies erfordert eine kontinuierliche Anpassung an den Stand der Technik bezüglich eingesetzter Verfahren und entsprechend qualifiziertes Personal.

## 1.1 Zielsetzung

Ziel dieser Studie ist die Darstellung des Standes der Technik bei der chemisch-physikalischen Behandlung von gefährlichen Abfällen, wobei näher auf die Ausstattung und Betriebsweise dieser Anlagen eingegangen werden soll. Dabei soll neben den nationalen Gesetzen auch auf die europäische Richtlinie über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie) Bezug genommen werden.

Im Rahmen dieser Studie soll eine Charakterisierung von Abfallarten erarbeitet werden, die eine Zuordnung von Abfallschlüsselnummern, wie sie in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen übernommen werden, zu den einzelnen Behandlungsverfahren ermöglicht.

Weitere Schwerpunkte dieser Studie sind die Bilanzierung einer Musteranlage und die Registrierung dieser im eRAS, um die geforderte Nachweisführung für Abfallerzeuger und Abfallbehandler nach den gesetzlichen Vorgaben darzustellen.

Neben den verwendeten Verfahren sollen ebenfalls neue Technologien bzw. Verfahren, die sich für die chemisch-physikalische Behandlung von gefährlichen Abfällen eignen, erörtert werden.

## 2 Rechtlicher Rahmen für CP-Behandlungsanlagen

In diesem Abschnitt wird auf die wichtigsten Rechtsvorschriften im Zusammenhang mit dem Betrieb von chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen eingegangen. Für die Definition des Standes der Technik bei der Behandlung von gefährlichen Abfällen sind das Abfallwirtschaftsgesetz 2002, die Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie) und die zu dieser Richtlinie erarbeiteten BAT-Dokumente von besonderer Bedeutung, siehe dazu auch Kapitel 2.1.

Die allgemeinen abfallrechtlichen Grundsätze auf Bundesebene sind in Österreich durch das Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) BGBl. I Nr. 102/2002 zuletzt geändert durch das Bundesgesetz BGBl. I Nr. 54/2008 und die Verordnungen zum AWG 2002 geregelt, und werden im Kapitel 2.2 näher besprochen, darüber hinaus werden die wichtigsten Begriffsbestimmungen wiedergegeben.

Zu berücksichtigende Grenzwerte bei der Ableitung von Abwässern aus chemisch-physikalische Behandlungsanlagen werden im Wasserrechtsgesetz 1959 BGBl. I Nr. 123/2006 und der dazugehörigen Abwasseremissionsverordnung Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung) geregelt. Die geltenden Abwasseremissionsgrenzwerte für CP-Anlagen werden im Kapitel 2.3 dargestellt.

Da bei den einzelnen Behandlungsverfahren in einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage auch gasförmige Emissionen entstehen können, ist für die Genehmigung und den Betrieb eine entsprechende Abluftreinigung für die jeweiligen Anlagenteile vorzusehen. Eine Konkretisierung dazu erfolgt in den jeweiligen Kapiteln für Abfallbehandlungsverfahren.

### 2.1 Rahmenbedingungen auf EU-Ebene

#### 2.1.1 Richtlinie 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie)

Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung („Integrated Pollution Prevention and Control“ – IPPC) hat zum Ziel, Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft soweit wie möglich zu vermeiden bzw. zu vermindern, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen. Für die in Anhang 1 der IPPC-Richtlinie angeführten Kategorien von Anlagen wurden in Technical Working Groups BAT-Dokumente (BAT - best available technique) erarbeitet.

Für die Berücksichtigung der Richtlinie bei der Behandlung von Abfällen in CP-Anlagen siehe Anhang 1 Ziffer 5.1 (Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung von gefährlichen Abfällen sowie Anlagen zur Altölbeseitigung mit einer Kapazität von über 10 Tonnen pro Tag) der IPPC-Richtlinie und Anhang 5 Teil 1 Ziffer 1, 2 und 4 des AWG 2002. Im Zusammenhang mit

der chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen sind die BAT-Dokumente „Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector – Februar 2003“ und „Waste Treatments Industries – August 2006“ von besonderer Bedeutung. Auf diese wird auch in dieser Studie Bezug genommen.

Anlagengenehmigungen von IPPC-Anlagen müssen laut Richtlinie Emissionsgrenzwerte für jene Schadstoffe enthalten, die von der betreffenden Anlage in relevanter Menge emittiert werden, wobei besonders die Gefahr einer Verlagerung der Verschmutzungen von einem Medium (Luft, Wasser, Boden) auf ein anderes berücksichtigt werden muss. Die Emissionsgrenzwerte einzelner Schadstoffe sind auf die „Besten verfügbaren Techniken“ (Stand der Technik) zu stützen, wobei keine bestimmte Technik oder Technologie vorgeschrieben wird, um diese Grenzwerte einzuhalten.

Im Sinne der IPPC-Richtlinie Art. 2 Ziffer 11 bezeichnet der Ausdruck „Beste verfügbare Technik“ den effizientesten und fortschrittlichsten Entwicklungsstand der Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken geeignet erscheinen lässt, als Grundlage für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt, allgemein zu vermeiden oder zu vermindern.

Folgende Punkte sind bei der Festlegung der „Besten verfügbaren Techniken“ nach der Richtlinie über die „Integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung“, Anhang IV, besonders zu berücksichtigen und wurden auch auf Bundesebene im Abfallwirtschaftsgesetz 2002 Anhang 4, leicht geändert, übernommen:

- Einsatz abfallarmer Technologie;
- Einsatz weniger gefährlicher Stoffe;
- Förderung der Rückgewinnung und Wiederverwertung der bei den einzelnen Verfahren erzeugten und verwendeten Stoffe und gegebenenfalls der Abfälle;
- Vergleichbare Verfahren, Vorrichtungen und Betriebsmethoden, die mit Erfolg im industriellen Maßstab erprobt wurden;
- Fortschritte in der Technologie und in den wissenschaftlichen Erkenntnissen;
- Art, Auswirkungen und Menge der jeweiligen Emissionen;
- Zeitpunkte der Inbetriebnahme der neuen oder der bestehenden Anlagen;
- Die für die Einführung einer besseren verfügbaren Technik erforderliche Zeit;
- Verbrauch an Rohstoffen und Art der bei den einzelnen Verfahren verwendeten Rohstoffe (einschließlich Wasser) sowie Energieeffizienz;
- Die Notwendigkeit, die Gesamtwirkung der Emissionen und die Gefahren für die Umwelt so weit wie möglich zu vermeiden oder zu verringern;
- Die Notwendigkeit, Unfällen vorzubeugen und deren Folgen für die Umwelt zu verringern;

- Die von der Kommission gemäß Artikel 16 Absatz 2 oder von internationalen Organisationen veröffentlichten Informationen [17].

Die Umsetzungsfrist dieser Richtlinie endete für Neuanlagen bis spätestens 30. Oktober 1999. Altanlagen müssen seit 31. Oktober 2007 in Übereinstimmung mit den Regelungen der IPPC-Richtlinie betrieben werden.

In Österreich erfolgte die Umsetzung der IPPC-Richtlinie auf Bundesebene in drei Gesetzen: der Gewerbeordnung (GewO), dem Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002) und dem Mineralrohstoffgesetz (MinroG).

### **2.1.2 Verordnung 166/2006/EG über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (EG-PRTR-VO)**

Die Verordnung 166/2006/EG über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregister (Pollutant Release and Transfer Register – PRTR) ist die Umsetzung des UNECE PRTR-Protokolls. Die EG-PRTR-Verordnung legt unter anderem die Berichtspflichten der Betreiber und Mitgliedsstaaten fest. Als Verordnung der Europäischen Gemeinschaft ist diese in Österreich unmittelbar anzuwenden.

Das PRTR ist eine öffentlich zugängliche Datenbank mit Informationen von den größten Industriebetrieben Europas bezüglich Freisetzungen in Luft, Wasser und Boden, Verbringungen von gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen, Verbringung außerhalb des Standortes von im Abwasser enthaltenen Schadstoffen. Werden PRTR-Tätigkeiten, aufgelistet im Anhang der EG-PRTR-Verordnung, durchgeführt, sind diese Daten seit 2008 jährlich von den Betrieben zu melden. Gemäß Anhang I (Tätigkeiten) EG-PRTR-VO ist die Verwertung oder Beseitigung gefährlicher Abfälle in Anlagen mit einer Aufnahmekapazität von 10 Tonnen pro Tag meldepflichtig. [29]

Durch die PRTR-Berichtspflicht wird die EPER-Berichtspflicht (European Pollutant Emission Register) abgelöst und erweitert:

- die Berichtspflicht ist nun jährlich und nicht mehr dreijährig durchzuführen,
- betrifft zusätzliche industrielle Tätigkeiten,
- Erweiterung des Schadstoffkataloges,
- zusätzliche Berichtspflicht für diffuse Emissionen.

Berichtspflicht besteht für Betreiber von Betriebseinrichtungen,

- in denen eine oder mehrere der in Anhang I der EG-PRTR-VO beschriebenen Tätigkeiten durchgeführt werden,
- deren jährliche Schadstoffemissionen in Luft, Wasser und Boden die Schwellenwerte in Anhang II überschreiten und/oder

- deren Abfallverbringungen außerhalb des Standortes die Schwellenwerte gemäß Artikel 5 Absatz 1 Buchstabe b überschreiten.

Die PRTR-Meldung musste erstmals 2008 für das Berichtsjahr 2007 von sämtlichen PRTR-Betrieben durchgeführt werden, auch wenn keine Schadstoffschwellenwerte und/oder Abfallmengen überschritten wurden. In den Folgejahren muss nur mehr eine Meldung für bestimmte Schadstoffe, deren Schwellenwerte überschritten werden, durchgeführt werden. Die Berichterstattung und Prüfung der Daten erfolgt über das EDM-Register. Der genaue Ablauf der Meldungen wird gemäß E-PRTR-Begleitverordnung (E-PRTR-BV) geregelt, siehe dazu Kapitel 2.2.4.1. [15]

## 2.2 Nationale Rahmenbedingungen

### 2.2.1 Abfallwirtschaftsgesetz 2002

Die wichtigsten abfallrechtlichen Vorschriften für den Betrieb einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage befinden sich im Abfallwirtschaftsgesetz 2002 (AWG 2002), BGBl. I Nr. 102/2002, zuletzt geändert durch das Bundesgesetzblatt BGBl. I Nr. 43/2007, und in den Verordnungen zum AWG 2002. Es enthält zahlreiche Regelungen für Abfallbesitzer, Abfallsammler und Abfallbehandler, Sammel- und Verwertungssysteme und Behandlungsanlagen in Bezug auf die Vermeidung, Verwertung und Behandlung von Abfällen sowie Anforderungen an chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, welche als IPPC-Anlagen betrieben werden.

Primäres Ziel der Abfallwirtschaft ist gemäß § 1 Abs. 1 AWG 2002 das Vorsorgeprinzip und die Nachhaltigkeit.

*„§ 1. (1) die Abfallwirtschaft ist im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit danach auszurichten, dass*

*1. schädliche oder nachteilige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanze, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt vermieden oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen so gering wie möglich gehalten werden,*

*2. die Emissionen von Luftschadstoffen und klimarelevanten Gasen so gering wie möglich gehalten werden,*

*3. Ressourcen (Rohstoffe, Wasser, Energie, Landschaft, Flächen, Deponievolumen) geschont werden,*

*4. bei der stofflichen Verwertung die Abfälle oder die aus ihnen gewonnenen Stoffe kein höheres Gefährdungspotenzial aufweisen als vergleichbare Primärrohstoffe oder Produkte aus Primärrohstoffen und*

*5. nur solche Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung keine Gefährdung für nachfolgende Generationen darstellt“ [16].*

Ziel der nationalen Abfallwirtschaft muss es daher sein, in einer solchen Art und Weise mit Abfall umzugehen, dass die Einwirkungen auf Umwelt und Schutzgüter wie Menschen, Tiere und Pflanzen so gering wie möglich gehalten werden.

Als wesentliche drei Grundsätze des AWG 2002 lassen sich Abfallvermeidung, Abfallverwertung und Abfallbeseitigung hervorheben. Gemäß § 1 Abs. 2 AWG 2002 heißt es:

*„1. Die Abfallmengen und deren Schadstoffgehalte sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung).*

*2. Abfälle sind zu verwerten, soweit dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und die dabei entstehenden Mehrkosten im Vergleich zu anderen Verfahren der Abfallbehandlung nicht unverhältnismäßig sind und ein Markt für die gewonnenen Stoffe oder die gewonnene Energie vorhanden ist oder geschaffen werden kann (Abfallverwertung).*

*3. Nach Maßgabe der Ziffer 2 nicht verwertbare Abfälle sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische, chemische oder physikalische Verfahren zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und ordnungsgemäß abzulagern (Abfallbeseitigung)“ [16].*

## **2.2.1.1 Begriffsbestimmungen laut AWG 2002**

### **2.2.1.1.1 Abfallbegriff**

Gemäß § 2 Abs. 1 AWG 2002 sind Abfälle bewegliche Sachen, die unter die in Anhang 1 angeführten Gruppen fallen und

- denen sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat (subjektiver Abfallbegriff) oder
- deren Sammlung, Lagerung, Beförderung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse geboten ist (objektiver Abfallbegriff), auch wenn ein Entgelt dafür erzielt werden könnte und auch, wenn sie eine die Umwelt beeinträchtigende Verbindung mit dem Boden eingegangen sind.

Bestehen Zweifel über die Abfalleigenschaft, über die Zuordnung von Abfällen zu einer bestimmten Abfallart, oder ob eine Sache gemäß den gemeinschaftlichen Abfallvorschriften bei der Verbringung ein notifizierungspflichtiger Abfall ist, hat die Abfallbehörde (Bezirksverwaltungsbehörde) dies mit Feststellungsbescheid festzustellen (§ 6 AWG 2002).

### **2.2.1.1.2 Abfallarten**

Die Zuordnung eines Abfalls zu einer Abfallart erfolgt im Sinne der Abfallverzeichnisverordnung, BGBl. II Nr. 570/2003 in der Fassung BGBl. II Nr. 498/2008. Im AWG 2002 werden beispielsweise folgende Abfallarten definiert:

- Gefährliche Abfälle, die nach § 4 der Abfallverzeichnisverordnung als gefährlich festgelegt werden,
- Problemstoffe, sind gefährliche Abfälle, die in privaten Haushalten und in vergleichbarer Art und Menge bei anderen Abfallbesitzern anfallen,
- Altöle, mineralische (einschließlich synthetische) Schmier- und Industrieöle, die für den ursprünglichen Verwendungszweck unbrauchbar sind.

### 2.2.1.1.3 Verwertung, Beseitigung

Laut § 2 Abs. 5 Ziffer 1 umfasst der Begriff „Abfallbehandlung“ die in Anhang 2 des AWG 2002 genannten Verwertungs- (R-Sätze) und Beseitigungsverfahren (D-Sätze). Bei der Verwertung bzw. Beseitigung von Abfällen ist darauf zu achten, dass die menschliche Gesundheit nicht gefährdet wird, und nur solche Verfahren zum Einsatz kommen, welche die Umwelt nicht schädigen können.

### 2.2.1.1.4 Abfallbesitzer, Abfallerzeuger, Abfallsammler, Abfallbehandler

Im Sinne des AWG 2002 § 2 Abs. 6 ist ein

„Abfallbesitzer“ der Abfallerzeuger oder jede Person, welche die Abfälle innehat;

„Abfallerzeuger“ jede Person, durch deren Tätigkeit Abfälle entstehen oder die Vorbehandlungen, Mischungen oder andere Arten der Behandlung vornimmt, die eine Veränderung der Natur oder der Zusammensetzung dieser Abfälle bewirkt;

„Abfallsammler“ jede Person, die erzeugte Abfälle von Dritten abholt oder entgegennimmt;

„Abfallbehandler“ jede Person, die Abfälle verwertet oder beseitigt.

### 2.2.1.1.5 Behandlungsanlagen, IPPC-Behandlungsanlagen

Gemäß § 2 Abs. 7 sind Behandlungsanlagen *„ortsfeste oder mobile Einrichtungen, in denen Abfälle behandelt werden, einschließlich der damit unmittelbar verbundenen, in einem technischen Zusammenhang stehenden Anlagenteile“* (Ziffer 1).

IPPC-Behandlungsanlagen sind *„jene Teile ortsfester Behandlungsanlagen, in denen eine oder mehrere in Anhang 5 Teil 1 genannte Tätigkeit und andere unmittelbar damit verbundenen, in einem technischen Zusammenhang stehende Tätigkeit, die Auswirkungen auf die Emissionen und die Umweltverschmutzung haben können, durchgeführt werden“* (Ziffer 3).

### 2.2.1.1.6 Stand der Technik

Die österreichische Gesetzgebung definiert den Stand der Technik als „auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere jene vergleichbaren Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, welche am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind“ (§ 2 Abs. 8 Ziffer 1). In Anhang 4 des AWG 2002 sind die Kriterien für die Festlegung des Standes der Technik festgelegt.

### 2.2.1.2 Pflichten von Abfallbesitzern

Die allgemeinen und besonderen Behandlungspflichten für Abfallbesitzer werden gemäß § 15 und § 16 des AWG 2002 geregelt. Bei der Sammlung, Lagerung und Behandlung von Abfällen sind die Ziele und Grundsätze des AWG 2002 zu beachten und Beeinträchtigungen der öffentlichen Interessen zu vermeiden.

Gemäß § 15 Abs. 2 ist das Vermischen oder Vermengen eines Abfalls mit anderen Abfällen oder Sachen unzulässig, wenn

- *„abfallrechtlich erforderliche Untersuchungen oder Behandlungen erschwert oder behindert werden,*
- *nur durch den Mischvorgang abfallspezifische Grenzwerte oder Qualifikationsanforderungen oder anlagenspezifische Grenzwerte in Bezug auf die eingesetzten Abfälle eingehalten werden oder*
- *diese Abfälle im Widerspruch zu § 1 Abs. 3 behandelt werden“ [16].*

Wobei zu beachten ist, dass die gemeinsame Behandlung von Abfällen im Sinne des AWG 2002 nicht als Vermischen oder Vermengen gilt, wenn diese Behandlung für die einzelnen Abfälle zulässig ist. Das Vermischen von Abfällen mit anderen Sachen oder mit Abfällen derselben Art mit unterschiedlich hohen Schadstoffgehalten ist in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen bei konzentrierten Abfällen meist notwendig und laut AWG 2002 zulässig, wenn es zu keinen chemischen Reaktionen kommt und die Behandlung nach den in § 15 Abs. 2 genannten Kriterien für die Zulässigkeit stattfindet. Für die Behandlung von, beispielsweise konzentrierten Säuren und sonstigen Konzentraten, kann es in der Regel notwendig sein, diese vorab zu vermischen bzw. zu dekonzentrieren, wodurch eine sichere chemisch-physikalische Behandlung erst ermöglicht wird.

Gemäß § 15 Abs. 5 AWG 2002 hat der Abfallbesitzer die Abfälle einem zur Sammlung oder Behandlung Berechtigten zu übergeben, wenn er zu einer entsprechenden Behandlung nicht berechtigt oder imstande ist.

Bei der Lagerung von Abfällen ist darauf zu achten, dass Abfälle zur Beseitigung maximal ein Jahr und Abfälle zur Verwertung maximal drei Jahre gelagert werden dürfen. Ist der Abfallbesitzer für die Behandlung nicht berechtigt oder imstande, hat er die Abfälle einem zur Sammlung oder Behandlung Berechtigten zu übergeben.

Für die Behandlung von PCB-haltigen Abfällen (Abfälle, welche polychlorierte Biphenyle (PCB), polychlorierte Terphenyle (PCT), Monomethyltetrachloridiphenylmethan, Monomethyldichloridiphenylmethan oder Monomethyldibromodiphenylmethan mit einem Summengehalt über 30 ppm enthalten) und Altöle mit Gehalten an PCB/PCT, sieht das AWG 2002 besondere Behandlungspflichten laut § 16 vor. Abfälle, die gemäß Anhang IV der Verordnung 850/2004/EG über persistente organische Schadstoffe (EG-POP-V) unterliegen, sind in einer dafür genehmigten Anlage thermisch oder chemisch/physikalisch so zu behandeln, dass der Gehalt an persistenten organischen Schadstoffen zerstört oder unumkehrbar umgewandelt wird, damit die verbleibenden Abfälle und Freisetzungen nicht die Eigenschaften persistenter, organischer Schadstoffe aufweisen. Abfälle laut Anhang IV der EG-POP-V sind Aldrin, Chlordan, Dieldrin, Endrin, Heptachlor, Hexachlorbenzol, Mirex, Toxaphen, Polychlorierte Biphenyle (PCB), DDT (1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyle)-than), Chlordecon, polychlorierte Dibenzo-p-dioxine und Dibenzofurane (PCDD/PCDF), HCH einschließlich Lindan und Hexabromobiphenyl.

Es besteht für Abfallbesitzer (Abfallerzeuger, -sammler und -behandler) gemäß § 17 AWG 2002 eine Aufzeichnungspflicht über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von Abfällen für jedes Kalenderjahr (Jahresabfallbilanz). Bei elektronischer Aufzeichnung gemäß § 23 Abs. 3 sind die entsprechenden Identifikationsnummern der Register und der Zuordnungstabellen gemäß § 22 Abs. 1 für Anlagentypen, Behandlungsverfahren und Abfallarten zu verwenden, siehe dazu auch Kapitel 2.2.1.4.1 und Kapitel 2.2.1.4.3. Die Jahresabfallbilanzen sind jährlich bis spätestens 15. März dem Landeshauptmann zu melden (§ 21 Abs. 3).

Gemäß § 21 und § 22 werden die Registrierungs- und Meldepflichten für Abfallsammler und -behandler geregelt. Gemäß § 21 Abs. 1 müssen sich diese vor Aufnahme der Tätigkeit über die Internetseite [edm.gm.at](http://edm.gm.at) im Register registrieren und folgende Daten angeben:

- Name, Anschrift des Abfallsammlers und -behandlers, inländische Geschäftsanschrift,
- Firmenbuchnummer, Vereinsregister oder Ergänzungsregisternummer,
- Branchencode (vierstellig),
- Adressen der Standorte,
- Anlagen, Anlagentypen und nach Maßgabe einer Verordnung gemäß § 23 Berichtseinheiten,
- Behandlungsverfahren und
- Kontaktadressen, einschließlich E-Mail-Adresse und Kontaktperson [16].

Die Eingabe erfolgt im elektronischen Register für Personen- und Anlagenstammdaten (eRAS), und bildet die Datengrundlage für das elektronische Datenmanagement in der Abfallwirtschaft (EDM), detaillierte Informationen zur Registrierung einer CP-Anlage befinden sich in Anhang III.

### 2.2.1.3 Behandlungsanlagen

Nach § 37 Abs. 1 AWG 2002 bedürfen die Errichtung, der Betrieb oder eine wesentliche Änderung einer ortsfesten Behandlungsanlage, einer Genehmigung durch die Behörde. Die Anpassung an den Stand der Technik, die Behandlung und Lagerung von zusätzlichen Abfallarten, der Austausch gleichwertiger Maschinen, eine Unterbrechung des Betriebes, Auflassung einer Behandlungsanlage usw., sind der Behörde anzuzeigen (§ 37 Abs. 4). Des Weiteren besteht Öffentlichkeitsbeteiligung bei einem Genehmigungsantrag für IPPC-Behandlungsanlagen gemäß § 37.

Allgemeine Genehmigungsverfahren werden gemäß § 43 Abs. 1 AWG 2002 definiert. Für die Genehmigung von IPPC-Behandlungsanlagen sind laut AWG 2002 folgende Voraussetzungen zu erfüllen:

- *„Alle geeigneten und wirtschaftlich verhältnismäßigen Vorsorgemaßnahmen gegen Umweltverschmutzungen sind insbesondere durch den Einsatz von dem Stand der Technik entsprechenden Verfahren, Einrichtungen und Betriebsweisen getroffen.*
- *Die Energie wird effizient eingesetzt.*
- *Die notwendigen Maßnahmen werden ergriffen, um Unfälle zu verhindern und deren Folgen zu begrenzen.*
- *Die notwendigen Maßnahmen werden getroffen, um nach der Auflassung der Behandlungsanlage die Gefahr einer Umweltverschmutzung zu vermeiden und um erforderlichenfalls einen zufrieden stellenden Zustand des Geländes der Behandlungsanlage wiederherzustellen“ [16].*

Bei wesentlichen Änderungen des Standes der Technik, die eine erhebliche Verminderung der Emissionen ermöglichen, kann die Behörde entsprechende Maßnahmen mit Bescheid anordnen. Der Inhaber hat jeweils innerhalb von einer Frist von zehn Jahren zu überprüfen, ob sich der Stand der Technik bezüglich seiner Anlage wesentlich geändert hat, und muss gegebenenfalls Anpassungsmaßnahmen treffen (§ 57).

Nach § 60 Abs. 1 müssen Anlagen, die zur Emissionsmessung verpflichtet sind, diese in elektronischer Form im Wege des Registers übermitteln, siehe dazu auch Meldepflichten gemäß EG-PRTR-V.

Die Behörde hat Behandlungsanlagen, die nach §§ 37, 52 oder 54 genehmigungspflichtig sind, längsten alle fünf Jahre zu überprüfen (vgl. § 62 AWG 2002).

Weiters dürfen im Einvernehmen von Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft bzw. Bundesminister für Wirtschaft und Arbeit nähere Bestimmungen über die dem Stand der Technik entsprechende Ausstattung und Betriebsweise von Behandlungsanlagen mit Verordnung festgelegt werden (§ 65 AWG 2002).

#### 2.2.1.4 Verordnungen zum AWG 2002

Nachstehend werden die wichtigsten Verordnungen zum Abfallwirtschaftsgesetz bezüglich der Behandlung von Abfällen in CP-Anlagen erläutert. Dies sind:

- Jahresabfallbilanzenverordnung (AbfallbilanzV),
- Abfallnachweisverordnung,
- Abfallverzeichnisverordnung,
- Festsetzungsverordnung gefährlicher Abfälle,
- Abfallbehandlungspflichtenverordnung,
- Industrieunfallverordnung (IUV).

##### 2.2.1.4.1 Jahresabfallbilanzenverordnung

Die Jahresabfallbilanzenverordnung (AbfallbilanzV) BGBl. II Nr. 497/2008 wurde am 23. Dezember 2008 kundgemacht und ist mit 1. 1. 2009 in Kraft getreten. Sie beinhaltet Vorgaben zu Art und Form der jährlichen Meldungen von Jahresabfallbilanzen, um eine Nachvollziehbarkeit der Sammlung, Lagerung und Behandlung von Abfällen zu gewährleisten, wie dies bereits in § 21 Abs. 3 AWG 2002 vorgesehen ist.

Der Geltungsbereich umfasst alle aufzeichnungspflichtigen Abfallsammler und -behandler gemäß § 17 Abs. 1, 4 und 5 AWG 2002.

Ziele dieser Verordnung laut § 1 sind:

- *Einführung einer bundeseinheitlichen Jahresabfallbilanzmeldung,*
- *Verbesserung der abfallwirtschaftlichen Planungsdaten,*
- *Unterstützung der Behörden beim Vollzug, insbesondere bei ihrer regelmäßigen Kontrolltätigkeit,*
- *Reduzierung des Verwaltungsaufwandes durch Einführung eines elektronischen Datenmanagements,*
- *Schaffung von Synergien mit anderen Meldeverpflichtungen (z. B. betreffend EG-PRTR-V, EmRegV Chemie OG) und*
- *Erhebung von Datengrundlagen zur Erfüllung von EU-Berichtspflichten [21].*

Vor Aufnahme der Tätigkeit haben Abfallsammler und -behandler ihre Stammdaten im Register gemäß Anhang 1 der Verordnung einzutragen. Erfolgte bereits eine Registrierung nach AWG 2002, muss diese nach den Angaben des Anhangs 1 ergänzt oder angepasst

werden. Bedarf besteht hierbei im Zusammenhang mit der Erstellung von Berichtseinheiten für die Bilanzmeldung (§ 4 AbfallbilanzV). Die Stammdateneintragung ins Register hat grundsätzlich ab Inkrafttreten der AbfallbilanzV zu erfolgen (1.1.2009).

Eine Jahresabfallbilanz gemäß § 21 Abs. 3 AWG 2002 hat die Herkunft, die jeweiligen Mengen und den jeweiligen Verbleib der Abfallarten, einschließlich Art und Menge der in den Wirtschaftskreislauf zurückgeführten Stoffe, zu enthalten. Die Bilanz ist nach § 5 dieser Verordnung elektronisch zu führen, wobei die Vorgaben gemäß Anhang 2 berücksichtigt werden müssen. Bei elektronischer Übermittlung von Auszügen der laufenden Aufzeichnungen oder Zusammenfassungen auf Verlangen der Behörde, hat diese eine angemessene Frist festzusetzen und den Verwendungszweck für die zu übermittelnden Daten bekannt zu geben.

Gemäß § 8 Abs. 2 umfasst die Jahresabfallbilanz den Zeitraum eines Kalenderjahres (1. Jänner bis 31. Dezember). Die Meldung hat jährlich bis zum 15. März zu erfolgen, erstmals bis zum 15. März 2011 über das Berichtsjahr 2010. Übergangsbestimmungen bestehen für die ersten Berichtsjahre, siehe dazu § 9 Jahresabfallbilanzverordnung.

#### **2.2.1.4.2 Abfallnachweisverordnung**

Die Abfallnachweisverordnung BGBl. II Nr. 618/2003 regelt die Nachweispflicht für gefährliche und nicht gefährliche Abfälle. Aufzeichnungen sind über Art, Menge, Herkunft und Verbleib von Abfällen für jedes Kalenderjahr zu führen.

Für gefährliche Abfälle besteht eine Begleitscheinpflicht, wobei für jede Abfallart ein gesonderter Begleitschein auszufüllen ist. Dieser ist innerhalb von drei Wochen nach der Übernahme der gefährlichen Abfälle vom Übernehmer an den Landeshauptmann zu übermitteln. Die Meldung kann auch in elektronischer Form erfolgen.

#### **2.2.1.4.3 Abfallverzeichnisverordnung**

Die Abfallverzeichnisverordnung BGBl. II Nr. 570/2003 in der Fassung BGBl. II Nr. 498/2008 bestimmt den Katalog der gefährlichen und nicht gefährlichen Abfälle. Für die Zuordnung eines Abfalls zu einer Abfallart ist gemäß § 1 Abs. 2 Abfallverzeichnisverordnung die Anlage 5 zu verwenden. Dabei ist die Abfallart zu benutzen, die den Abfall in seiner Gesamtheit am besten beschreibt und stoffliche Eigenschaften, Herkunft und gefahrenrelevante Eigenschaften des Abfalls berücksichtigt. Die Verordnung enthält:

- Auflistung der Abfallarten in einem Abfallverzeichnis,
- Festlegung der gefährlichen Abfälle,
- Festlegung einer Schlüsselnummer/eines Abfallcodes für jede Abfallart,
- Angabe von Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zu einer Schlüsselnummer/zu einem Abfallcode,
- die Untersuchungsmethoden.

#### 2.2.1.4.4 Festsetzungsverordnung gefährlicher Abfälle

Die Verordnung über die Festsetzung von gefährlichen Abfällen und Problemstoffen BGBl. II Nr. 227/1997 idF v. BGBl. II Nr. 178/2000 legt den Geltungsbereich für gefährliche Abfälle und Problemstoffe im Sinne des § 2 Abs. 6 AWG 2002 fest. Die Zuordnung von gefährlichen Abfällen erfolgt nach ÖNORM S 2100 „Abfallkatalog“ und hat nach den in der Anlage 1 festgelegten Zuordnungskriterien zu erfolgen. Weiters gelten gemäß dieser Verordnung Abfälle als gefährlich, die mit gefährlichen Abfällen in einem Ausmaß kontaminiert oder vermischt sind, sodass eine gefahrenrelevante Eigenschaft zutrifft.

Ein wichtiger Bestandteil dieser Verordnung ist der III. Abschnitt über die Ausstufung von Abfällen. Laut AWG 2002 kann eine Ausstufung für Einzelchargen (Einzelchargenausstufung) oder für Abfälle aus einem definierten Prozess in gleich bleibender Qualität (Prozessausstufung) eingeleitet werden (§ 7 AWG 2002), wenn der Abfallbesitzer den Nachweis erbringen kann, dass ein bestimmter Abfall keine gefahrenrelevanten Eigenschaften aufweist.

Die Ausstufung gilt höchstens für die Dauer von zwei Jahren. Bestätigt der Abfallbesitzer jährlich mittels Untersuchungen, dass die gleich bleibende Qualität des Prozesses gegeben ist, verlängert sich die Dauer der Ausstufung auf höchstens vier Jahre. Kann durch Änderungen des Prozesses, eines Einsatzstoffes oder einer Betriebsstörung die gleich bleibende Qualität des Prozesses nicht erreicht werden, sind diese Abfälle nicht von der Ausstufung erfasst.

Laut § 3 Abs. 4a gelten gefährliche Abfälle, die verfestigt wurden auch weiterhin als gefährliche Abfälle. Die Ausstufung dieser Abfälle kann nur zum Zweck der Deponierung erfolgen. Der Deponiebetreiber hat den Nachweis für die Ausstufung in Form einer grundlegenden Charakterisierung und eines Gutachtens gemäß Deponieverordnung zu erbringen.

#### 2.2.1.4.5 Abfallbehandlungspflichtenverordnung

Die Verordnung über Behandlungspflichten von Abfällen BGBl. II Nr. 459/2004 idF v. BGBl. II Nr. 363/2006 legt für folgende gefährliche und nicht gefährliche Abfälle Mindestanforderungen an die Sammlung, Lagerung und Behandlung fest:

- Elektro- und Elektronikaltgeräte,
- Batterien und Akkumulatoren,
- Lösemittel, lösemittelhaltige Abfälle, Farb- und Lackabfälle,
- Verletzungsgefährdende, medizinische Abfälle,
- Amalgamreste,
- PCB-haltige elektrische Betriebsmittel und sonstige PCB-haltige Abfälle.

#### **2.2.1.4.6 Industrieunfallverordnung IUUV**

Verordnung des Bundesministers für Wirtschaft und Arbeit, mit näheren Bestimmungen betreffend der Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen in Betrieben und Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit näheren Bestimmungen betreffend der Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen in Abfallbehandlungsanlagen BGBl. II Nr. 354/2002 (Industrieunfallverordnung – IUUV).

Diese Verordnung gilt für gewerbliche Betriebsanlagen, die dem Abschnitt 8a der Gewerbeordnung 1994, Beherrschung der Gefahren bei schweren Unfällen, unterliegen. Dies sind Betriebe, in denen gefährliche Stoffe mit einer Mindestmenge vorhanden sind, wie sie in Anlage 5 der Gewerbeordnung genannt werden.

Die Industrieunfallverordnung regelt die Inhalte des Sicherheitsberichtes, der Sicherheitskonzepte, der Information der Öffentlichkeit und die Meldung von Industrieunfällen.

#### **2.2.2 Wasserrechtsgesetz 1959**

Das Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959) BGBl. I Nr. 215/1959 idF v. BGBl. I Nr. 123/2006 stellt umfassend das gesetzliche Regelwerk zur Beurteilung von unterschiedlichsten, aus wasserwirtschaftlicher Sicht, relevanten Verhältnissen dar.

Bewilligungspflichtige Maßnahmen gemäß WRG 1959 sind Einwirkungen auf Gewässer, die unmittelbar oder mittelbar deren Beschaffenheit beeinträchtigen. Weitgehend bewilligungsfrei ist die Indirekteinleitung von gewissen Abwässern, wobei aber mit der Indirekteinleitungsverordnung für Abwässer aus bestimmten Herkunftsbereichen eine Bewilligungspflicht vorgesehen ist, siehe dazu Kapitel 2.2.2.2.3. Die allgemeine Sorgfaltspflicht für die Reinhaltung der Gewässer gemäß § 31 Abs. 1 besteht für jedermann, dessen Anlagen, Maßnahmen oder Unterlassungen, Einwirkungen auf Gewässer herbeiführen können. Er ist verpflichtet, seine Anlage so herzustellen, instand zu halten und zu betreiben oder sich so zu verhalten, dass eine Gewässerverunreinigung vermieden wird, die nicht durch eine wasserrechtliche Bewilligung gedeckt ist.

Bei der Einleitung in eine wasserrechtlich bewilligte Kanalisationsanlage müssen die Emissionsbegrenzungen gemäß der in Betracht kommenden Verordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (BMLFUW), eingehalten werden. Die Einleitung bedarf einer Zustimmung des Kanalisationsunternehmens. Gemäß § 32b Abs. 1 darf das Kanalisationsunternehmen Abweichungen von Grenzwerten (der jeweiligen Abwasseremissionsverordnung) zulassen, sofern seine wasserrechtliche Bewilligung dadurch nicht überschritten wird. Vor Beginn der Ableitung sind dem Kanalisationsunternehmen folgende Punkte mitzuteilen (§ 32b Abs. 2):

- die einzubringenden Stoffe,
- die Frachten (Menge der Abwasserinhaltsstoffe je Zeiteinheit),
- die Abwassermenge,
- sonstige Einleitungs- und Überwachungsgegebenheiten (z. B. die Temperatur des Abwassers, falls eine Erwärmung stattfinden sollte).

Der Indirekteinleiter hat dem Kanalisationsunternehmen in Abständen von längstens zwei Jahren einen Nachweis über die Beschaffenheit der Abwässer durch einen Befugten zu erbringen (§ 32b Abs. 3).

Auflagen zur Begrenzung von Frachten und Konzentrationen schädlicher und gefährlicher Abwasserinhaltsstoffe (siehe dazu Anhang E WRG 1959), werden behördlich vorgeschrieben. Emissionswerte, in Form von Grenzwerten oder Mittelwerten für Konzentrationen oder spezifische Frachten, werden mit Verordnungen festgelegt, basierend auf den wasserwirtschaftlichen Verhältnissen und auf den Stand der Abwasserreinigungstechnik. Dabei können von der Behörde durch Vorschreibung von Auflagen, strengere als die in den jeweiligen Verordnungen getroffenen Emissionsbeschränkungen, vorgeschrieben werden (§ 33b Abs. 6).

Für die chemisch-physikalische Behandlung von Abfällen sind die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV), die Verordnung betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleiterverordnung – IEV) und die Verordnung zur Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalischen-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung) zu berücksichtigen, siehe dazu Kapitel 2.2.2.2.

### 2.2.2.1 Begriffsbestimmung laut WRG 1959

Gemäß Wasserrechtsgesetz sind:

- Schadstoffe, jene Stoffe, die zu einer Verschmutzung der Gewässer führen können, siehe dazu Anhang E Abschnitt I WRG.
- Gefährliche Stoffe sind Stoffe oder Gruppen von Stoffen, die toxisch, persistent und bioakkumulierbar sind und sonstige Stoffe und Gruppen von Stoffen, die in ähnlichem Maße Anlass zur Besorgnis geben.
- Grenzwerte sind verbindliche Werte, ausgedrückt in Form von Konzentrationen, spezifischen Frachten oder sonstigen, die Wasserqualität beschreibenden, Parametern (§ 33b Abs. 11 Ziffer 3).
- Mittelwerte sind das arithmetische Mittel aus den in einem bestimmten Zeitraum gemessenen Werten (§ 33b Abs. 11 Ziffer 4).
- Konzentrationen sind die Menge des jeweiligen Abwasserinhaltsstoffes je Menge Abwasser bzw. Wasser (§ 33b Abs. 11 Ziffer 5).

- Spezifische Frachten sind die Menge des jeweiligen Abwasserinhaltsstoffes je Menge der im Produktionsprozess eingesetzten Menge des Stoffes oder je Menge des erzeugten Produktes (§ 33b Abs. 11 Ziffer 6).

### 2.2.2.2 Verordnungen zum WRG 1959

Nachstehend werden die wichtigsten Verordnungen zum Wasserrechtsgesetz bezüglich der Behandlung von Abfällen in CP-Anlagen erläutert. Dies sind:

- Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (AAEV),
- Verordnung zur Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalischen-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung),
- Verordnung betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleiterverordnung - IEV).

#### 2.2.2.2.1 Allgemeine Abwasseremissionsverordnung

Grundsätze der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung BGBl. II Nr. 186/1996 laut § 2 bei der Einleitung von Abwasser und Abwasserinhaltsstoffen in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation sind, dass diese nur im unerlässlich notwendigen Ausmaß erfolgen, dass Einsparung, Vermeidung und Wiederverwertung von Stoffen, Vorrang vor Abwasserbehandlungsverfahren haben, dass es zu keiner Beeinträchtigung anderer Gewässer kommt, dass die einzuleitende Abwassermenge so gering wie möglich gehalten wird und dass Abwasserinhaltsstoffe unmittelbar am Ort des Entstehens oder des Einsatzes zurückgehalten werden (Teilstrombehandlung).

Bei einer Einleitung in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation werden von der Behörde die Emissionsbegrenzungen gemäß Anlage A vorgeschrieben. Für Abwasser aus der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung existiert eine eigene Verordnung zur Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalischen-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung), in der die Emissionsbegrenzungen festgelegt sind. Für einen Inhaltsstoff oder eine Eigenschaft eines Abwassers, für den in der gesonderten Verordnung keine Emissionsbegrenzung vorgenommen wurde, gelten die Emissionsbegrenzungen der Anlage A AAEV, vergleiche Tabelle 63 in Anhang I. Für gefährliche Abwasserinhaltsstoffe, siehe Tabelle 64 in Anhang I (Anlage B AAEV), ist die Einleitungsgenehmigung befristet auf fünf Jahre.

Die Emissionsbegrenzungen für Abwasserparameter der Anlage A sind im Rahmen der Eigenüberwachung und Fremdüberwachung einzuhalten. Dabei sind die Vorgaben laut § 7 für die Überwachung einzuhalten.

### 2.2.2.2 AEV Abfallbehandlung

Die Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalischen-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung) BGBl. II Nr. 9/1999 legt die Emissionsbegrenzungen bei der wasserrechtlichen Bewilligung einer Einleitung von Abwasser aus Betrieben oder Anlagen in ein Fließgewässer oder in eine öffentliche Kanalisation fest. Anlage A der AEV Abfallbehandlung gilt für Abwässer aus Betrieben oder Anlagen mit folgenden Tätigkeiten (§ 1 Abs 4):

1. Behandeln von
  - a) festen, flüssigen oder pastösen Abfällen,
  - b) Materialien aus der Altlastensanierung,unter Einsatz von physikalischen, physikalisch-chemischen oder chemischen Verfahren;
2. Verfestigen von Abfällen oder von Materialien aus der Altlastensanierung;
3. Reinigen von Abluft und wässrigen Kondensaten aus Tätigkeiten der Z 1 und 2;
4. Reinigen der für die Tätigkeiten der Z 1 bis 3 erforderlichen Anlagen einschließlich des Innenreinigens der Transportbehälter für die Anlieferung der zu behandelnden Abfälle [27].

Folgende Maßnahmen können für die Einhaltung der in Anhang A festgelegten Emissionsbegrenzungen bei einer rechtmäßig bestehenden Abwassereinleitung laut § 1 Abs. 8 in Betracht gezogen werden:

- Lagerung der Abfälle auf überdachten Flächen und Behandlung der Abfälle in geschlossenen Gebäuden;
- Einsatz von Abfallbehandlungsverfahren, die Abwasserinhaltsstoffe in möglichst geringer Menge und mit möglichst niedrigem Gefährdungspotenzial entstehen lassen (z. B. Einsatz von elektrolytischen Verfahren oder von Persauerstoffverbindungen anstelle von Chlor bei der Oxidation von Cyaniden, Nitriten, Sulfiden u. Ä.); Ausnützung des chemischen Potenzials der zu behandelnden Abfälle zwecks Minimierung der bei der Abfallbehandlung einzusetzenden Wasser-, Chemikalien- und Energiemengen;
- Einsatz von Abfallbehandlungsverfahren, die möglichst geringe Abwassermengen entstehen lassen bzw. den Chemikalienverbrauch senken (z. B. Einsatz von Membranverfahren oder Eindampftechniken anstelle von chemischen Verfahren bei der Emulsionsspaltung); soweit aufgrund der zu behandelnden Abfälle und der eingesetzten Behandlungsverfahren mögliche Wieder- oder Weiterverwendung von Abwasser, erforderlichenfalls unter Einschaltung von Zwischenreinigungsmaßnahmen;

- Gesonderte Erfassung der Abfälle, sowie der bei ihrer Behandlung anfallenden Abwässer nach den Eigenschaften und dem Gefährdungspotenzial (z. B. sauer, basisch, chromathaltig oder -frei, nitrithaltig oder -frei, cyanidhaltig oder -frei, komplexbildnerhaltig, organohalogenhaltig);
- Auswahl und bevorzugter Einsatz von Hilfs- und Arbeitsstoffen, die zu keiner Bildung von gefährlichen Reaktionsprodukten bei der Behandlung führen und durch Abwasserreinigungsverfahren weitestgehend eliminiert werden können;
- Einsatz von Speicherbecken für ungereinigtes bzw. gereinigtes Abwasser;
- Einsatz physikalischer, physikalisch-chemischer oder chemischer Abwasserreinigungsverfahren bei Direkteinleitern und Indirekteinleitern (Neutralisation, Sedimentation, Fällung/Flockung, Filtration, Membranverfahren, Eindampftechniken, Oxidation/Reduktion usw.) an Abwasserteilströmen und/oder am Gesamtabwasser; bei Abwasser mit überwiegend organischen Inhaltsstoffen Einsatz biologischer Abwasserreinigungsverfahren;
- Gesonderte Erfassung und Verwertung von Rückständen aus der Abfallbehandlung sowie von Rückständen aus der Abwasserreinigung oder deren externe Entsorgung als Abfall [27].

Die Emissionsbegrenzungen für Abwasserparameter der Anlage A (für chemisch-physikalische Behandlungsanlagen) sind im Rahmen der Eigenüberwachung und Fremdüberwachung einzuhalten. Dabei sind die Vorgaben laut § 4 für die Überwachung zu beachten.

#### Emissionsbegrenzungen Anlage A der AEV Abfallbehandlung

Anlage A der AEV Abfallbehandlung regelt die Emissionsbegrenzungen für chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, siehe dazu Tabelle 1. Existieren für Abwasserinhaltsstoffe keine Emissionsbegrenzungen in dieser Verordnung, sind die Emissionsbegrenzungen der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung zu beachten (§ 4 Abs. 3 AAEV).

Tabelle 1: Emissionsbegrenzungen für CP-Anlagen gemäß AEV Abfallbehandlung [27]

		Spalte I	Spalte II
		Anforderungen an Einleitungen in ein Fließgewässer	Anforderungen an Einleitung in eine öffentliche Kanalisation
<b>A.1 Allgemeine Parameter</b>			
1.	Temperatur	30 °C	35 °C
2.*	Toxizität a)		
2.1	Algtoxizität $G_A$	8	b)
2.2	Bakterientoxizität $G_L$	4	b)
2.3	Daphnientoxizität $G_D$	4	b)
2.4	Fischtoxizität $G_F$	2	b)
3.	Abfiltrierbare Stoffe c)	30 mg/L	150 mg/L
4.	pH-Wert	6,5 – 8,5	6,5 – 10,0
<b>A.2 Anorganische Parameter</b>			
5.	Aluminium ber. als Al	2,0 mg/L	durch abfiltrierbare Stoffe begrenzt
6.*	Arsen ber. als As	0,1 mg/L	0,1 mg/L
7.*	Barium ber. als Ba	5,0 mg/L	5,0 mg/L
8.*	Blei ber. als Pb	0,5 mg/L	0,5 mg/L
9.*	Cadmium ber. als Cd	0,1 mg/L	0,1 mg/L
10.*	Chrom-gesamt ber. als Cr	0,5 mg/L	0,5 mg/L
11.*	Chrom-VI ber. als Cr	0,1 mg/L	0,1 mg/L
12.*	Cobalt ber. als Co	1,0 mg/L	1,0 mg/L
13.	Eisen ber. als Fe	2,0 mg/L	durch abfiltrierbare Stoffe begrenzt
14.*	Kupfer ber. als Cu	0,5 mg/L	0,5 mg/L
15.*	Nickel ber. als Ni	1,0 mg/L	1,0 mg/L
16.*	Quecksilber ber. als Hg	0,01 mg/L	0,01 mg/L
17.*	Silber ber. als Ag	0,1 mg/L	0,1 mg/L
18.*	Zink ber. als Zn	2,0 mg/L	2,0 mg/L
19.*	Zinn ber. als Sn	2,0 mg/L	2,0 mg/L
20.*	Gesamtchlor ber. als $Cl_2$ d)	0,4 mg/L	0,4 mg/L

21.*	Ammonium ber. als N	10 mg/L e)	f)
22.	Chlorid ber. als Cl	durch Parameter Nr. 2 gegrenzt	-
23.*	Cyanid, leicht freisetzbar, ber. als CN	0,1 mg/L	0,1 mg/L
24.	Fluorid ber. als F	10 mg/L	20 mg/L
26.*	Nitrit ber. als N	1,0 mg/L	10 mg/L
27.	Phosphor-gesamt ber. als P	2,0 mg/L	-
28.	Sulfat ber. als SO <sub>4</sub>	-	g)
29.*	Sulfid ber. als S	0,1 mg/L	1,0 mg/L
30.	Sulfit ber. als SO <sub>3</sub>	1,0 mg/L	50 mg/L
<b>A3 Organische Parameter</b>			
31.	Ges. org. geb. Kohlenstoff, TOC ber. als C	40 mg/L	h)
32.	Chem. Sauerstoffbedarf, ber. als O <sub>2</sub>	120 mg/L	i)
33.	Biochem. Sauerstoffbedarf, BSB <sub>5</sub> , ber. Als O <sub>2</sub>	20 mg/L	-
34.*	Adsorb. org. geb. Halogene, (AOX) ber. als Cl	0,5 mg/L	1,5 mg/L
35.	Schwerflüchtige lipophile Stoffe	20 mg/L	150 mg/L
36.*	Summe der Kohlenwasserstoffe	10 mg/L	20 mg/L
37.*	Ausblasbare org. geb. Halogene (POX) ber. als Cl	0,1 mg/L	0,1 mg/L
38.*	Phenolindex ber. als Phenol	0,1 mg/L	10 mg/L
39.	Summe anionischer und nichtionischer Tenside	1,0 mg/L	keine Beeinträchtigung des Betriebes der öffentlichen Kanalisation- oder Abwasserreinigungsanlagen
40.*	Summe d. flücht. aromat. Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol und Xylole und Ethylbenzol (BTXE)	0,1 mg/L	0,1 mg/L

\* Gefährliche Abwasserinhaltsstoffe

- a) Bei der Auswahl (§ 4 Abs. Erster Satz AAEV) des Toxizitätstests für die Abwasserüberwachung ist darauf zu achten, dass mit dem eingesetzten Testorganismus die empfindlichste Gruppe von Wasserorganismen berücksichtigt wird, die durch die Inhaltsstoffe des Abwassers gemäß § 1 Abs. 2 geschädigt werden kann. Der Parameter Nr. 2.4 (Fischtoxizität) ist im Rahmen der Fremdüberwachung gemäß § 4 Abs. 3 bei begründetem Verdacht oder konkretem Hinweis der fließgewässerschädigenden Wirkung einer Abwassereinleitung, nicht jedoch im Rahmen der Eigenüberwachung gemäß § 4 Abs. 2 einzusetzen.

- b) Eine Abwassereinleitung gemäß § 1 Abs. 2 darf keine Beeinträchtigungen der biologischen Abbauvorgänge in einer öffentlichen Abwasserreinigungsanlage hervorrufen.
- c) Die Festlegung für den Parameter abfiltrierbare Stoffe erübrigt eine Festlegung für den Parameter absetzbare Stoffe.
- d) Die Festlegung für den Parameter Gesamtchlor erübrigt eine Festlegung für den Parameter Freies Chlor.
- e) Bei biologischer Abwasserreinigung ist die Emissionsbegrenzung nur bei einer Abwassertemperatur größer 12 °C im Ablauf der biologischen Stufe der Abwasserreinigungsanlage einzuhalten. Die Abwassertemperatur von 12 °C gilt als unterschritten, wenn bei fünf Temperaturmessungen im Laufe eines Tages mehr als ein Messwert nicht größer als 12 °C.
- f) Die Emissionsbegrenzung ist im Einzelfall bei Gefahr von Geruchsbelästigungen oder bei Korrosionsgefahr für zementgebundene Werkstoffe im Bereich der öffentlichen Kanalisations- und Abwasserreinigungsanlage festzulegen (ÖNORM B 2503, September 1992).
- g) Die Emissionsbegrenzung ist im Einzelfall in Abhängigkeit von den Baustoffen und den Mischungsverhältnissen in der öffentlichen Kanalisation festzulegen (ÖNORM B 2503, Sept. 1992).
- h) Die Einleitung von Abwasser gemäß § 1 Abs. 4 ist nur zulässig, wenn eine aerobe biologische Abbaubarkeit von größer als 60 % im Abbautest nachgewiesen wird. Die Anforderung gilt nicht, wenn das Abwasser gemäß § 1 Abs. 4 vor der Einleitung derart vorgereinigt wird, dass sein TOC-Gehalt nicht größer ist als 300 mg/L.
- i) Fußnote h) ist sinngemäß und mit der Maßgabe anzuwenden, dass der CSB-Gehalt des Abwassers nach der Vorreinigung nicht größer ist als 900 mg/L.

### 2.2.2.2.3 Indirekteinleiterverordnung

Die Verordnung betreffend Abwassereinleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleiterverordnung IEV) BGBl. II Nr. 222/1998 gilt für die Einleitung von Abwasser, dessen Beschaffenheit mehr als geringfügig von der des häuslichen Abwassers abweicht.

Eine Indirekteinleitung ist vor Beginn dem Kanalisationsunternehmen unaufgefordert mitzuteilen und bedarf dessen Zustimmung. Die Mitteilung hat die in Anlage C enthaltenen Angaben zu enthalten, z. B. Herkunftsbereich des Abwassers, Inhaltsstoffe, einzuleitende Abwassermenge und Stofffrachten, maximale Abwassermenge (in m<sup>3</sup>/d und m<sup>3</sup>/h), maximale Tagesfrachten (in g/d) für gefährliche Inhaltsstoffe, usw. Der Indirekteinleiter hat dem Kanalisationsunternehmen in Abständen von längstens zwei Jahren einen Nachweis über die Beschaffenheit der Abwässer durch einen Befugten zu erbringen (§ 32b Abs. 3).

Eine wasserrechtliche Bewilligung (§ 114 WRG 1959) besteht für die in Anlage A dieser Verordnung genannten Herkunftsbereiche, darunter fällt auch die chemisch-physikalische Abfallbehandlung und die Überschreitung von Schwellenwerten (Anlage B) gemäß § 3 dieser Verordnung. Die Mitteilungspflicht bei Indirekteinleitung besteht immer.

Anlage B enthält die Schwellenwerte für Tagesfrachten gefährlicher Abwasserinhaltsstoffe. Werden diese überschritten, bedarf die Indirekteinleitung einer wasserrechtlichen Bewilligung. Einleitungen in eine Abwasserreinigungsanlage mit einem Bemessungswert von nicht größer als 1.000 EW<sub>60</sub>, sind die Schwellenwerte für die Tagesfrachten aus Anlage B

(siehe Tabelle 2) direkt zu verwenden. Erfolgt die Einleitung in eine Abwasserreinigungsanlage mit einem Bemessungswert von größer 1.000  $EW_{60}$ , so erhöht sich der Schwellenwert für die Tagesfrachten im Verhältnis dazu, aber höchstens auf das 50fache bei einem Bemessungswert von nicht größer als 500.000  $EW_{60}$  und auf das 250fache bei einem Bemessungswert von größer als 500.000  $EW_{60}$ .

Die Tagesfrachten für einen gefährlichen Inhaltsstoff berechnen sich durch Multiplikation der mitgeteilten Tagesabwassermengen, mit der für den Herkunftsbereich des Abwassers verordneten Emissionsbegrenzung, einschließlich einer vom Kanalisationsunternehmen zugestandenen Abweichung (§ 3 IEV).

$$\text{Tagesfrachten} \frac{[g]}{[d]} \approx \text{Tagesabwassermenge} \frac{[L]}{[d]} \times \text{Emissionsbegrenzung} \frac{[mg]}{[L]} \times \frac{1[g]}{1000[mg]} \quad (1)$$

Tabelle 2: Schwellenwerte für Tagesfrachten gef. Abwasserinhaltsstoffe Anlage B IEV [28]

Abwasserinhaltsstoff (Parameter)	Fracht g/d	Abwasserinhaltsstoff (Parameter)	Fracht g/d
Antimon ber. als Sb	0,2	Wolfram ber. als W	4,0
Arsen ber. als As	0,2	Zink ber. als Zn	4,0
Barium ber. als Ba	10,0	Zinn ber. als Sn	2,0
Blei ber. als Pb	1,0	Freies Chlor ber. als Cl	0,4
Cadmium ber. als Cd	0,2	Gesamt – Chlor ber. als Cl	0,8
Chrom – Gesamt ber. als Cr	1,0	Ammoniak ber. als N	40,0
Chrom – VI ber. als Cr	0,2	Ammonium ber. als N	400,0
Cobalt ber. als Co	2,0	Cyanid leicht freisetzbar ber. als CN	0,2
Kupfer ber. als Cu	1,0	Cyanid – Gesamt ber. als CN	1,0
Molybdän ber. als Mo	2,0	Nitrit ber. als N	20,0
Nickel ber. als Ni	1,0	Sulfid ber. als S	2,0
Quecksilber ber. als Hg	0,02	Adsorb. org. geb. Halogene (AOX ber. als Cl)	1,0
Selen ber. als Se	0,2	Summe der Kohlenwasserstoffe	20,0
Silber ber. als Ag	0,2	Ausb. org. geb. Halogene (POX) ber. als Cl	0,2
Thallium ber. als Tl	0,2	Phenolindex	20,0
Vanadium ber. als V	1,0	Summe der flüchtigen aromat. Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol, Xylole und Ethylbenzol (BTXE)	0,2
Wismut ber. als Bi	1,0		

### 2.2.3 Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000

Das Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000 (UVP-G 2000) BGBl I Nr. 697/1993 zuletzt geändert durch das BGBl. I Nr. 149/2006 hat das Ziel, mögliche Auswirkungen eines Vorhabens auf die Umwelt, z. B. Errichtung einer Anlage oder ein sonstiger Eingriff in Natur und Landschaft, noch vor der Verwirklichung des Projektes in einer umfassenden Weise zu überprüfen. Vorhaben, die in Anhang 1 dieses Gesetzes angeführt werden, sind einer Umweltverträglichkeitsprüfung zu unterziehen. Gemäß Anhang 1 Spalte 1 ist für die chemisch-physikalische Behandlung gefährlicher Abfälle bzw. für die Behandlung nicht gefährlicher Abfälle mit einem Schwellenwert von 35.000 t/a oder 100 t/d eine Prüfung nach UVP-G 2000 durchzuführen.

Das Kernstück des UVP-Verfahrens stellt die Umweltverträglichkeitserklärung (UVE) dar. Diese Erklärung beinhaltet neben der Beschreibung des Vorhabens sämtliche umweltrelevanten Details zum Bauvorhaben. Anhand der UVE soll eine Bewertung der Umweltauswirkungen, die z. B. durch die Errichtung einer Anlage stattfinden, möglich sein.

Die Umweltverträglichkeitsprüfung erfolgt in Form eines konzentrierten Genehmigungsverfahrens. Das UVP-Verfahren gliedert sich in folgende Schritte:

- Prüfung des Genehmigungsantrages und der Umweltverträglichkeitserklärung (UVE),
- Stellungnahmemöglichkeit der Behörde und der Gemeinde,
- Öffentliche Auflage (Antrag, UVE),
- Erstellung des Umweltverträglichkeitsgutachtens,
- Öffentliche Auflage des Gutachtens,
- Öffentliche Erörterung des Antrages,
- Mündliche Verhandlung,
- Entscheidung und Veröffentlichung des Genehmigungsbescheides,
- Abnahmeprüfung,
- Nachkontrolle (drei bis fünf Jahre nach Fertigstellung) [35].

## 2.2.4 Sonstige

### 2.2.4.1 E-PRTR-Begleitverordnung

Die Verordnung über begleitende Regelungen im Zusammenhang mit der Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (E-PRTR-Begleitverordnung, E-PRTR-BV) BGBl. II Nr. 380/2007 setzt die Verordnung über die Erstellung eines Europäischen Schadstoffemissionsregisters (EPER-V), BGBl. II Nr. 300/2002 außer Kraft.

Diese Verordnung enthält begleitende Regelungen zur Verordnung 166/2006/EG über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (EG-PRTR-V) und gilt wie die EG-PRTR-V für Anlagen, welche Tätigkeiten durchführen, die in Anhang 1 EG-PRTR-V genannt sind, z. B. Inhaber einer Betriebsanlage, Inhaber einer Aufbereitungsanlage, Inhaber einer Abfallbehandlungsanlage oder Wasserberechtigte.

Tabelle 3: Ausgewählte Tätigkeiten Anhang 1 EG-PRTR-V [29]

Abfall- und Abwasserbewirtschaftung	Kapazitätsschwellenwerte
Anlagen zur Verwertung oder Beseitigung gefährlicher Abfälle	mit einer Aufnahmekapazität von 10 Tonnen pro Tag
Anlagen zur Beseitigung nicht gefährlicher Abfälle	mit einer Kapazität von 50 Tonnen pro Tag

Die Datenübertragung erfolgt jährlich über ein elektronisches Register (EDM-Register). Die in Österreich gemeldeten Daten müssen an die Europäische Kommission übermittelt werden und werden von dieser, zusammen mit den Daten aller Mitgliedsstaaten, ins Internet gestellt. Zusätzlich zum europäischen Register werden in Österreich die Daten in einem nationalen PRTR-Register veröffentlicht, siehe dazu „www.prtr.at“. [15] Die erste Meldung war 2008 (Berichtsjahr 2007) durchzuführen und musste bis 31. Mai 2008 elektronisch erfolgen und war der Europäischen Kommission bis spätestens 30. Juni 2009 zu übermitteln. Die Eintragung ins Europäische PRTR (Europäische Kommission) und ins nationale PRTR (Umweltbundesamt) erfolgte bis spätestens 30. September 2009.

Im Zuge dieser Begleitverordnung wurde vom Umweltbundesamt ein Leitfaden für die Durchführung der PRTR-Berichtspflicht veröffentlicht. Dabei wurden für die PRTR-Tätigkeit „Abfall- und Abwasserbewirtschaftung“ mögliche Schwellenwertüberschreitungen, für die Verwertung oder Beseitigung gefährlicher Abfälle (für Luft und Wasser), abgeschätzt, siehe dazu Tabelle 4. Für die jeweiligen Schwellenwerte dieser Stoffe wird auf die gesetzlichen Verordnungen verwiesen.

Tabelle 4: Überblick über PRTR-relevante Emissionen in die Umweltmedien Luft und Wasser von CPO/CPA Anlagen zur Beseitigung/Verwertung von gefährlichen Abfällen [15]

	Quelle der Emission	Kommentar/Datenquelle
<b>PRTR-relevante Emissionen – Luft</b>		
HCl	Abluft aus Abfallsäurebehältern	Umweltbundesamt 1995
VOC, HCN, NH <sub>3</sub>	Abluft aus Lager- u. sonstigen diversen Behältern	
<b>PRTR-relevante Emissionen – Wasser</b>		
As, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg, Zn, Chloride, Nges, Pges, Fluoride, TOC, AOX, Phenolindex (Phenole), BTXE (Benzol, Toluol, Xylole und Ethylbenzol), Cyanid leicht freisetzbar*	Betriebliche Abwasser + Waschwasser	AEV Abfallbehandlung
Alachlor, Anthracen, Atrazin, bromierte Diphenylether, C <sub>10-13</sub> Chloralkane, Chlorfenvinphos, Chlorpyrifos, DEHP, 1,2-Dichlorethan, Dichlormethan, Diuron, Endosulfan, Fluoranthen, Hexachlorbenzol, Hexachlorbutadien, Hexachlorcyclohexan, Isoproturon, Naphthalin, Nonylphenole, Octylphenole, PAK, Pentachlorbenzol, Pentachlorphenol, Simazin, Tributylzinnverbindungen, Trichlorbenzole, Trichlormethan, Trifluralin, Aldrin, Asbest, Benzo(g,h,i)perylen, Chlordan, Chlordecon, DDT, Dieldrin, Endrin, Ethylenoxid, Heptachlor, Hexabrombiphenyl, Isodrin, Lindan, Mirex, PCB (polychlorierte Biphenyle), Tetrachlorethen, Tetrachlorkohlenstoff, Toxaphen, Trichlorethen, Triphenylzinnverbindungen, Vinylchlorid, Dioxine und Furane, zinnorganische Verbindungen	Betriebliche Abwasser + Waschwasser	EmRegV Chemie OG (Entwurf)

\* Es ist zu überprüfen, ob der PRTR-Schwellenwert für Cyanid gesamt überschritten wird.

Für Abwasser aus der chemisch-physikalischen Behandlung gelten die Grenzwerte laut AEV Abfallbehandlung, siehe dazu Tabelle 1. Nachfolgende Tabelle 5 zeigt Abwasserinhaltsstoffe, welche ab einer gewissen Abwassermenge zu einer Erreichung bzw. Überschreitung der Schwellenwerte führen können. Dabei wurde die Abwassermenge aus den Grenzwerten für die Einleitung in ein Fließgewässer und den PRTR-Schwellenwerten berechnet. [15]

Tabelle 5: Grenzwerte für Abwässer aus CP-Anlagen (Direkteinleiter) und Abwassermengen, ab denen die PRTR-Schwellenwerte erreicht werden könnten [15]

Parameter	Grenzwert AEV Abfallbehandlung [mg/L]	PRTR-Schwellenwert [kg/a]	Abwassermenge [m <sup>3</sup> /a], ab der die PRTR-SW erreicht werden könnten
As	0,1	5	50.000
Pb	0,5	20	40.000
Cd	0,1	5	50.000
Crges	0,5	50	100.000
Cu	0,5	50	100.000
Ni	1	20	20.000
Hg	0,01	1	100.000
Zn	2	100	50.000
CN	0,1	50	500.000
F	10	2.000	200.000
N <sup>1)</sup>	1	50.000 (Nges)	50.000.000
P	2	5.000	2.500.000
TOC	40	50.000	1.250.000
AOX	0,5	1.000	2.000.000
Phenol	0,1	20	200.000
BTXE	0,1	200	2.000.000

1) Ammonium als N + Nitrit als N

In Tabelle 6 wurden die Abwassermengen für die Indirekteinleitung berechnet. Da die Abwassergrenzwerte laut AEV Abfallbehandlung für die Indirekteinleitung meist höher sind als bei der Direkteinleitung in ein Gewässer, reduzieren sich die Abwassermengen für einige Abwasserinhaltsstoffe erheblich.

Tabelle 6: Grenzwerte für Abwässer aus CP-Anlagen (Indirekteinleiter) und Abwassermengen, ab denen die PRTR-Schwellenwerte erreicht werden könnten

Parameter	Grenzwert AEV Abfallbehandlung [mg/L]	PRTR-Schwellenwert [kg/a]	Abwassermenge [m <sup>3</sup> /a], ab der die PRTR-SW erreicht werden könnten
As	0,1	5	50.000
Pb	0,5	20	40.000
Cd	0,1	5	50.000
Cr <sub>ges</sub>	0,5	50	100.000
Cu	0,5	50	100.000
Ni	1,0	20	20.000
Hg	0,01	1	100.000
Zn	2,0	100	50.000
CN	0,1	50	500.000
<b>F</b>	<b>20,0</b>	<b>2.000</b>	<b>100.000</b>
<b>N<sup>1)</sup></b>	<b>10,0</b>	<b>50.000 (N<sub>ges</sub>)</b>	<b>5.000.000</b>
P	---	5.000	---
<b>TOC</b>	<b>300,0</b>	<b>50.000</b>	<b>166.667</b>
<b>AOX</b>	<b>1,5</b>	<b>1.000</b>	<b>666.667</b>
<b>Phenol</b>	<b>10,0</b>	<b>20</b>	<b>2.000</b>
BTXE	0,1	200	2.000.000

<sup>1)</sup> Ammonium als N + Nitrit als N

#### 2.2.4.2 Emissionsregister Chemie Oberflächengewässer – Entwurf

2008 wurde ein Entwurf einer Verordnung über Inhalt und Umfang des elektronischen Registers, in dem alle wesentlichen Belastungen der Oberflächenwasserkörper durch Stoffe aus Punktquellen erfasst werden (EmRegV Chemie OG), erarbeitet. Zu diesem Verordnungsentwurf konnte bis Oktober 2008 Stellung genommen werden.

Auf europäischer Ebene verpflichtet die Wasserrahmenrichtlinie EG/60/2000, Richtlinie zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, die Mitgliedstaaten zur Schaffung eines Registers über Schadstofffreisetzungen aus Punktquellen. Nationale Umsetzung dieser Richtlinie erfolgt im § 59a Wasserrechtsgesetz 1959 mittels Verordnungsermächtigung. Der derzeitige Entwurf der EmRegV Chemie OG legt den Meldeumfang, die Datenerfassung, Ermittlung der Jahresfrachten emittierter Schadstoffe, Datenkontrolle und die jeweiligen Übergangsbestimmungen fest. [30]

Einwirkungen müssen dann ins Register eingetragen werden, wenn sie das Oberflächengewässer mehr als geringfügig beeinträchtigen (Bewilligungspflicht nach § 32 WRG 1959) oder wenn es sich um eine Einleitung in eine wasserrechtlich bewilligte

Kanalisationsanlage (Indirekteinleitung gemäß § 32b WRG 1959) handelt. Dabei sind aber nur Emissionen aus Anlagen zu berücksichtigen, die aus Anlagen einer bestimmten Größenordnung stammen oder einem bestimmten Herkunftsbereich angehören (§ 2 Abs 1 Ziffer 1 bis 4). [32]

Für die Ermittlung der Jahresfrachten emittierter Stoffe im sechsjährigen Berichtszyklus können laut Entwurf folgende Verfahren eingesetzt werden: Einzelmessung, Berechnung oder Abschätzung in Form eines Gutachtens. Die Meldepflicht umfasst Jahresfrachten aller Stoffe, die durch die Einleitungsbewilligung vorgegeben wurden (Stoffe der Kategorie A, Parameter gemäß § 4 AAEV) und zusätzlich alle tatsächlich emittierten Stoffe der Anlage A Tabelle 2 Spalte IV und V (Stoffe der Kategorie B) Entwurf EmRegV Chemie OG.

Gemäß § 5 Abs. 4 bis 7 besteht die Möglichkeit eines Ausstiegs aus der Messverpflichtung von Stoffen der Kategorie B. Die Ermittlung der Jahresfrachten durch Einzelmessung für diese Stoffe kann entfallen, wenn:

- Aufgrund vollständiger Informationen betreffend Zusammensetzung aller verwendeten Stoffe (Sicherheitsdatenblätter) und genauer Kenntnisse aller Prozesse weder mit einer Entstehung noch mit einem Auftreten im Abwasser zu rechnen ist.
- Kann das Entstehen und Auftreten dieses Stoffes nicht ausgeschlossen werden, kann die Einzelmessung nur dann entfallen, wenn dieser im Zeitraum eines Berichtsjahres im abgeleiteten Abwasser nicht bestimmt werden kann. Für die verbleibende Zeit muss die Jahresfracht durch Abschätzung ermittelt werden.
- Die Einzelmessung kann nach dem zweiten Berichtsjahr entfallen, wenn die Punktquelle, die den emittierten Stoff aufnimmt, nicht im Einzugsgebiet einer in Anlage C.3 angeführten Überblicksmessstelle liegt.

Die Tabelle 2 in Anhang A des Entwurfes ordnet die einzelnen Parameter den Herkunftsbereichen oder Tätigkeiten zu, wobei Stoffe, welche bereits mittels Verordnung einem Herkunftsbereich zugeordnet wurden, siehe dazu § 4 AAEV, nicht beinhaltet sind. Nachfolgende Tabelle 7 gibt einen Überblick über die der chemisch-physikalischen Behandlung zugeordneten Parameter (Ziffern gemäß Tabelle 1 Anlage A des Entwurfes). Dabei wurden Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung gefährlicher Abfälle insgesamt 58 Parameter (29 prioritäre Wasserinhaltsstoffe und 29 sonstige Wasserinhaltsstoffe) und Anlagen zur Beseitigung nicht gefährlicher Abfälle insgesamt 35 Parameter (28 prioritäre Wasserinhaltsstoffe und sieben sonstige Wasserinhaltsstoffe) zugeordnet.

Tabelle 7: Abwasserinhaltsstoffe (Parameter), die laut Entwurf für CP-Anlagen meldepflichtig sind [31]

Bezeichnung der Tätigkeit*	Prioritäre Stoffe (Parameter)**	sonstige Stoffe (Parameter)**
Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung gefährlicher Abfälle	2, 6, 11, 15, 20, 24, 28, 30, 37, 39, 41, 49, 52, 58, 62, 63, 64, 67, 75, 80, 81, 84, 86, 88, 101, 117, 118, 121, 122	3, 10, 14, 25, 26, 35, 46, 48, 53, 54, 55, 60, 61, 65, 70, 74, 85, 111, 112, 115, 116, 119, 123, 125, 126, Σ (38, 110, 117, 123)
Anlagen zur Beseitigung nicht gefährlicher Abfälle	2, 6, 11, 15, 20, 24, 28, 30, 37, 39, 41, 49, 52, 58, 62, 63, 64, 75, 80, 81, 84, 86, 88, 101, 117, 118, 121, 122	48, 112, 119, Σ (38, 110, 117, 123)

\* gemäß Anhang I der Verordnung (EG) 166/2006 (PRTR)

\*\* gemäß Tabelle 1 Anhang A Entwurf EmRegV Chemie OG

Gemäß § 7 müssen die Daten, die laut Bescheid zu erheben sind, erstmals 2010 für das Berichtsjahr 2009 gemeldet werden. Zusätzliche Stoffe gemäß Tabelle 2 Anlage A, die nicht im Bescheid geregelt sind, müssen erstmals 2011 für das Berichtsjahr 2010 bekannt gegeben werden.

### 2.2.4.3 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz

Der ArbeitnehmerInnenschutz soll den arbeitenden Menschen vor Unfall- und Gesundheitsgefahren schützen. Die allgemeinen Anforderungen an den ArbeitnehmerInnenschutz werden im ArbeitnehmerInnenschutzgesetz BGBl. I Nr. 450/1994 zuletzt geändert durch BGBl. I Nr. 159/2001 folgendermaßen beschrieben:

„Arbeitgeber sind verpflichtet, die für die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer bestehenden Gefahren zu ermitteln und zu beurteilen. Dabei sind insbesondere zu berücksichtigen:

1. die Gestaltung und die Einrichtung der Arbeitsstätte,
2. die Gestaltung und der Einsatz von Arbeitsmitteln,
3. die Verwendung von Arbeitsstoffen,
4. die Gestaltung der Arbeitsplätze,
5. die Gestaltung der Arbeitsverfahren und Arbeitsvorgänge und deren Zusammenwirken und
6. der Stand der Ausbildung und Unterweisung der Arbeitnehmer.“

Stichwortartig sind dabei folgende Themen zu berücksichtigen:

- Einhaltung der MAK-Werte,
- Schutz vor Lärm und Erschütterungen,
- Schutz vor Kälte und Hitze,
- Schutz vor Infektionsgefahren,
- Absturzgefahren,
- Gefahren durch elektrische Spannung,
- Gefahren durch Verkehr in der Anlage,
- Brand- und Explosionsschutz,
- Fluchwege und Notausgänge,
- behindertengerechte Gestaltung,
- Konstruktion und Einrichtung (z. B. Beleuchtung, Nässeschutz, etc.),
- Erste-Hilfe-Maßnahmen,
- sanitäre Einrichtungen zum Schutz der Arbeitnehmer, Rauchverbot, Essverbot,
- medizinische Prävention, Präventionsuntersuchungen,
- Sicherheitsvertrauensperson.

### 3 Abfallaufkommen gefährlicher Abfälle in Österreich

Die angeführten Daten sind dem Bundesabfallwirtschaftsplan 2006 (BAWP) entnommen, wobei die geänderten Kapitel 1-3 (Stand März 2009, Datenbasis August 2008) herangezogen wurden.

Das Abfallaufkommen an gefährlichen Abfällen, welche den Behandlungsanlagen für gefährliche Abfälle zugeführt worden sind, betragen im Jahr 2007 rund 936.000 Tonnen, siehe dazu nachfolgende Tabelle 8. Gemessen am Gesamtabfallaufkommen in Österreich von 58 Millionen Tonnen (vgl. Tabelle 71 in Anhang I) sind dies rund 1,7 %. [44]

Tabelle 8: gefährliche Abfälle 2007 [44]

Schlüsselnummer	Abfallbezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 mit Berücksichtigung der Änderungen der Abfallverzeichnisverordnung (1.1.2007)	Massen [t]	Anteil an ges. gef. Abfälle [%]
31223	Stäube, Aschen und Krätzen aus sonstigen Schmelzprozessen	77.500	8,3
31423	Ölverunreinigte Böden	59.800	6,4
31211	Salzschlacken, aluminiumhaltig	51.200	5,5
31221	sonst. Schlacken aus Stahlerzeugung	46.400	5,0
31309	Flugaschen und -stäube aus Abfallverbrennungsanlagen	43.000	4,6
35203	Fahrzeuge, Arbeitsmaschinen und -teile, mit umweltrelevanten Mengen an gefährlichen Anteilen oder Inhaltsstoffen (z. B. Starterbatterien, Bremsflüssigkeit, Motoröl)	37.500	4,0
54102	Altöle	35.600	3,8
31412	Asbestzement	35.100	3,8
54402	Bohr- und Schleifölemulsionen und Emulsionsgemische	29.100	3,1
52725	sonstige wässrige Konzentrate	28.000	3,0
54702	Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte)	26.200	2,8
54408	Sonstige Öl-Wassergemische	23.200	2,5
31424	sonstige verunreinigte Böden	22.400	2,4
52717	Bleichereiablauge	19.000	2,0
51310	sonstige Metallhydroxide	18.500	2,0
52102	Säuren, Säuregemische, anorganisch	18.500	2,0
17207	Eisenbahnschwellen	17.800	1,9
54701	Sandfanginhalte, öl- oder kaltreinigerhaltig	14.800	1,6
31633	Glasschleifschlamm mit produktionsspez. schädli. Beimengungen	14.700	1,6
35322	Bleiakkumulatoren	14.300	1,5
55370	Lösemittelgemische ohne halogenierte org. Bestandteile, Farb- und Lackverdünnungen („Nitroverdünnungen“), Frostschutzmittel	13.800	1,5
31217	Filterstäube, NE-metallhaltig	13.400	1,4
31308	Schlacken, Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen	13.000	1,4
55374	Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierte Lösemittel	12.900	1,4
54930	feste fett- und ölverschmutzte Betriebsmittel (Werkstätten-, Industrie- und Tankstellenabfälle)	12.300	1,3
31626	Schlamm aus NE-Metall-Erzeugung	10.300	1,1
35212	Bildschirmgeräte, einschl. Bildröhrengeräte	10.100	1,1
94801	Schlamm aus Abwasserbehandlung, mit gef. Inhaltsstoffen	9.600	1,0

35205	Kühl- und Klimageräte mit FCKW-, FKW- und KW-haltigen Kältemitteln (z. B. Propan, Butan)	9.400	1,0
31203	Schlacken aus NE Metallschmelzen	9.200	1,0
55502	Altlacke, -farben, lösemittel- u. schwermetallhaltig sowie nicht voll ausgehärtete Reste in Gebinden	9.000	1,0
35230	Elektro- und Elektronik-Altgeräte – Kleingeräte mit einer Kantenlänge kleiner 50 cm, mit gefahrenrelevanten Eigenschaften	8.700	0,9
55503	Lack- und Farbschlamm	7.800	0,8
	<b>Summe</b>	<b>772.000</b>	<b>82,5</b>
	45 Abfallarten	127.000	13,5
	weitere 206 Abfallarten	37.000	4
	<b>GESAMTSUMME</b>	<b>936.000</b>	<b>100</b>

Zusätzlich wurden im Jahr 2007 über 88.000 Tonnen an gefährlichen Abfällen aus dem Ausland importiert und in österreichischen Anlagen beseitigt.

Die drei massenmäßig größten Anteile am gesamten Abfallaufkommen für gefährliche Abfälle waren 2007 [36], [44]:

Im Vergleich zu 2005

- Stäube, Aschen, Krätzen (SNr. 31223) - 0,1 %
- ölverunreinigte Böden (SNr. 31423) - 54,4 %
- Salzschlacken, aluminiumhaltig (SNr. 31211). + 19,9 %

2005 betrug das Abfallaufkommen an sonstigen verunreinigten Böden 143.500 Tonnen (13,8 % am gesamt Abfallaufkommen, größter Anteil), das bedeutet für das Jahr 2007 einen Rückgang von 85 %. Tabelle 9 zeigt die Entwicklung des Abfallaufkommens für die Jahre 2002 bis 2007 für bestimmte Abfallarten. Im Vergleich zu den einzelnen Jahren hat sich das Gesamtabfallaufkommen nur geringfügig geändert und betrug im Jahr 2008 rund 1 Mio. t/a.

Tabelle 9: Vergleich Primärabfallaufkommen der vier massenmäßig größten gefährlichen Abfallarten in t/a für die Jahre 2002, 2003, 2005 und 2007 [44]

Schlüsselnummer	Abfallbezeichnung ÖNORM S 2100	2002 t/a	2003 t/a	2005 t/a	2007 t/a
31424	sonstige verunreinigte Böden	61.963	200.000	143.500	22.400
31423	ölverunreinigte Böden	137.719	125.000	110.000	59.800
31223	Stäube, Aschen und Krätzen aus sonstigen Schmelzprozessen	49.475	72.800	80.000	77.500
31308	Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen	132.236	50.000	---	43.000

Als Primärabfälle werden Abfälle bezeichnet, die von Abfallbesitzern mit Erzeugernummer übergeben werden, wobei fallweise gemeldete innerbetrieblich behandelte Abfallmassen nicht berücksichtigt werden [54].

### 3.1.1 Entsorgungswege gefährlicher Abfälle in Österreich

In Summe werden jährlich rund 1 Million Tonnen den Behandlungsanlagen für gefährliche Abfälle zugeführt. Entsprechend den Vorgaben der Deponieverordnung sind gefährliche Abfälle durch die entsprechenden Behandlungsverfahren so zu behandeln, dass sie in einen ablagerungsfähigen Zustand überführt werden (z. B. reaktionsarm etc.). Im Folgenden werden diese Abfallströme zu den einzelnen Behandlungsanlagen näher beschrieben, Datengrundlage ist das Jahr 2003 [50].

- rd. 231.000 t wurden in speziellen Aufbereitungsanlagen verarbeitet (z. B. Altautos, Al-Salzschlacken und Al-Leichtmetallkrätze, Bleiakkus, Leuchtstoffröhren, Kühlgeräte),
- rd. 51.000 t anorganische Abfälle (z. B. Säuren, Laugen, Galvanikschlämme) sind chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen für anorganische Abfälle zugeführt worden,
- rd. 101.000 t sind in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen für organische Abfälle behandelt worden (z. B. Öl-Wassergemische, Ölabscheider- und Sandfanginhalte, Emulsionen),
- rd. 340.000 t wurden Behandlungsanlagen für verunreinigte Böden zugeführt. Je nach Grad und Art der Verunreinigung wurden die Abfälle in physikalischen, biotechnischen oder thermischen Anlagen behandelt,
- rd. 144.000 t Abfälle wurden der thermischen Behandlung zugeführt. Mit den Rückständen aus der CPO-Behandlung und aus anderen Behandlungen wurden insgesamt rd. 169.000 t gefährliche Abfälle thermisch behandelt,
- rd. 96.000 t wurden nach der Konditionierung bzw. Einbindung in eine feste Matrix auf Deponien abgelagert (z. B. Schlacken, Aschen, Flugaschen, Stäube und salzhaltige Rückstände aus Abfallverbrennungsanlagen; Schlacken und Aschen aus Abfallpyrolyseanlagen)
- rd. 9.000 t wurden einer Untertagedeponie (Ausland) zugeführt. Mit den Rückständen aus den anderen Behandlungsschienen waren es 2003 insgesamt rund 15.000 t.

Abbildung 1 zeigt die Entsorgungswege gefährlicher Abfälle in Österreich für das Jahr 2003 mit einem Abfallaufkommen an gefährlichen Abfällen von rund 1 Million Tonnen.

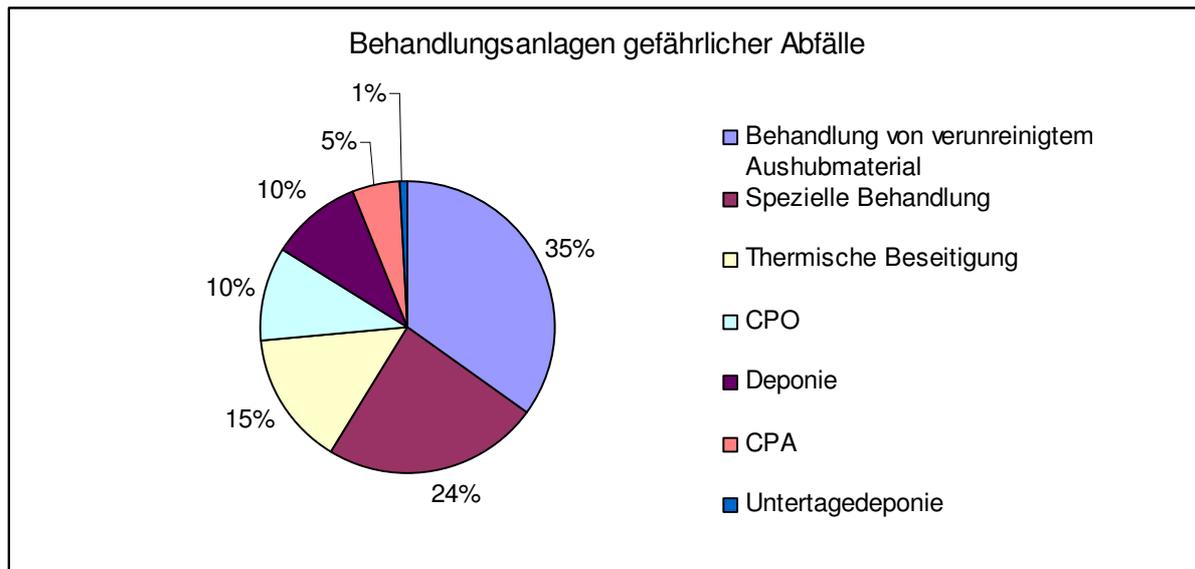


Abbildung 1: Verwertung und Beseitigung gefährlicher Abfälle 2003 [36]

Für die effektiv abgelagerten Massen auf Deponien sind noch die Rückstände aus anderen Behandlungsverfahren für gefährliche Abfälle (CP-Anlagen, Thermische Behandlung, Behandlung von verunreinigtem Aushubmaterial) zu berücksichtigen. Insgesamt wurden rund 600.000 t auf Deponien abgelagert, dies sind in erster Linie:

- rd. 339.000 t ursprünglich verunreinigtes Aushubmaterial,
- rd. 106.000 t nicht verwertbare Rückstände aus der speziellen Behandlung wie Metallschleifschlämme, Leichtmetallkrätzen aluminiumhaltig, Bau- und/oder Brandschutt mit schädlichen Verunreinigungen,
- rd. 96.000 t z. B. Schlacken, Aschen, Flugaschen, Stäube und salzhaltige Rückstände aus Abfallverbrennungsanlagen; Schlacken und Aschen aus Abfallpyrolyseanlagen, feste salzhaltige Rückstände aus der Rauchgasreinigung von Feuerungsanlagen für konventionelle Brennstoffe,
- rd. 43.000 t Rückstände aus der thermischen Behandlung von Altölen, Lösemitteln, Altlacken, Lack- und Farbschlämmen und von Werkstoffabfällen,
- rd 3.000 t Rückstände aus der chemisch-physikalischen Behandlung anorganischer Abfälle.

## 4 Feststellung des Standes der Technik gemäß IPPC-Richtlinie

Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24. September 1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung („Integrated Pollution Prevention and Control“ – IPPC) hat zum Ziel, Emissionen in Luft, Wasser und Boden unter Einbeziehung der Abfallwirtschaft soweit wie möglich zu vermeiden bzw. zu vermindern, um ein hohes Schutzniveau für die Umwelt insgesamt zu erreichen.

Anlagen zur Beseitigung oder Verwertung von gefährlichen Abfällen, sowie Anlagen zur Altölbeseitigung mit einer Kapazität von über 10 Tonnen pro Tag bzw. 3.500 Tonnen pro Jahr sind gemäß AWG 2002 (Anhang 5) als IPPC-Anlagen zu betreiben. Dabei ist zu beachten, dass Altanlagen, die der IPPC-Richtlinie unterliegen, seit 31. Oktober 2007 in Übereinstimmung mit den Regelungen dieser Richtlinie betrieben werden müssen d. h., die Anlagen mussten an den festgelegten Stand der Technik angepasst werden.

Gemäß Art. 16 Abs. 2 der IPPC-Richtlinie erfolgt ein Informationsaustausch zwischen den Mitgliedstaaten und der betroffenen Industrie über die besten verfügbaren Techniken, die damit verbundenen Maßnahmen hinsichtlich der Überwachung und die Entwicklungen auf diesem Gebiet. Zusammengefasst wird dieser Informationsaustausch in den BAT-Dokumenten zu den jeweiligen Anlagenkategorien. Im Zusammenhang mit der chemisch-physikalischen Behandlung von gefährlichen Abfällen sind die BAT-Dokumente „Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector – Februar 2003“ und „Waste Treatments Industries – August 2006“ von besonderer Bedeutung.

Im Sinne der IPPC-Richtlinie Art. 2 Ziffer 11 bezeichnet der Ausdruck „beste verfügbare Technik“, den effizientesten und fortschrittlichsten Entwicklungsstand jener Tätigkeiten und entsprechenden Betriebsmethoden, der spezielle Techniken geeignet erscheinen lässt, als Grundlage für die Festlegung von Emissionsgrenzwerten zu dienen, um Emissionen in und Auswirkungen auf die gesamte Umwelt allgemein zu vermeiden oder zu vermindern. Der Begriff „Techniken“ bezeichnet dabei sowohl die angewandte Technologie als auch die Art und Weise wie die Anlage geplant, gebaut, gewartet, betrieben und stillgelegt wird. Als „verfügbar“ gelten jene Techniken, die in einem Maßstab entwickelt sind, der unter Berücksichtigung des Kosten-Nutzen-Verhältnisses die Anwendung unter, in dem betreffenden industriellen Sektor, wirtschaftlich und technisch vertretbaren Verhältnissen ermöglicht. Als „beste“ gelten jene Techniken, die am wirksamsten zur Erreichung eines allgemein hohen Schutzniveaus für die Umwelt insgesamt sind.

Nachfolgend werden allgemeine und spezielle Techniken beschrieben, wie sie im BAT-Dokument „Waste Treatments Industries – August 2006“ festgelegt wurden und die Behandlung von gefährlichen Abfällen in chemisch-physikalischen Anlagen betreffen. Die folgenden BAT-Elemente sind bei der Feststellung des Standes der Technik von chemisch-

physikalischen Behandlungsanlagen gemäß IPPC-Richtlinie für Behörden und Anlagenbetreiber als Hilfestellung zu verstehen.

Neben einer kurzen Beschreibung der einzelnen BAT-Elemente wird eine Abschätzung darüber getroffen, ob allgemein für die österreichischen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen, nach derzeitigem Wissensstand, ein Anpassungsbedarf hinsichtlich einzelner Punkte besteht. Für die genaue Beurteilung wird auf die nachfolgenden Kapitel dieser Studie und auf das BAT-Dokument „Waste Treatments Industries – August 2006“ [4] verwiesen.

## 4.1 Allgemeine beste verfügbare Techniken

Dieser Abschnitt enthält die besten verfügbaren Techniken, welche sich allgemein auf den gesamten Abfallwirtschaftsbereich anwenden lassen.

### 4.1.1 Umweltmanagement

Das Umweltmanagement dient der kontinuierlichen Verbesserung der Umweltleistung. Die Einführung eines Umweltmanagementsystems (UMS) bildet die Basis für die Einhaltung der besten verfügbaren Technik, da diese anhand festgelegter Strukturen ständig kontrolliert und verbessert werden. Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

#### Implementierung eines UMS

Hierbei müssen folgende Kenndaten enthalten sein: Festlegung einer Umweltpolitik, Planung und Durchführung notwendiger Prozeduren und Umsetzung dieser (Verantwortlichkeiten, Dokumentation usw.), Überprüfung der Prozeduren.

Die Implementierung eines national oder international anerkannten, freiwilligen und standardisierten UMS, wie EMAS, EFB oder ISO 14001, ist dabei nicht zwingend notwendig.

#### Bereitstellung vollständiger Angaben zu den Tätigkeiten am Anlagenstandort

Anhand von Beschreibungen und Diagrammen sollen die gegenwärtigen Abfallbehandlungsmethoden und -abläufe dokumentiert werden; Erarbeitung von Sicherheits- und Notfallplänen; Erstellung eines Bedienungshandbuchs und die Führung eines Betriebstagebuchs. Alle Tätigkeiten am Anlagenstandort sind dabei jährlich zu begutachten.

#### Vorhandensein eines Verfahrens für die Betriebsführung

Vorgaben über die Betriebsführung, Wartungsprozeduren und Schulungsprogramme sind in schriftlicher Form zu erstellen.

### Bestehen einer engen Zusammenarbeit zum Abfallerzeuger/Kunden

Der Informationstausch soll sicherstellen, dass Abfälle in solcher Qualität produziert bzw. geliefert werden, wie sie mit den vorhandenen Abfallbehandlungsverfahren behandelt werden können.

### Verfügbarkeit von qualifiziertem Personal

Mitarbeiter müssen über die notwendigen Qualifikationen verfügen und laufend geschult und weitergebildet werden.

#### **4.1.1.1 Anmerkungen**

Umfang und Art des UMS sind abhängig von Art, Größe und Komplexität der Anlage. Standardisierte oder nicht standardisierte UMS sind dabei als gleichwertig anzusehen, wobei bei den standardisierten Systemen wie z. B. EMAS eine Überprüfung und Bestätigung des Systems durch Dritte erfolgt. Die Implementierung eines UMS ist auch bei nicht IPPC-Anlagen empfehlenswert.

#### **4.1.2 Verbesserung des Kenntnisstandes über den Abfallinput**

##### Vorhandensein konkreter Kenntnisse über den Abfallinput

Beprobung und Analyse einer Musterprobe vor Anlieferung und Beprobung und Analyse des angelieferten Abfalls vor Übernahme, vgl. Kapitel 7.1.

##### Einführung eines Verfahrens für die Schritte vor der Annahme

Formulierung von Verfahrens- und Arbeitsanweisungen, vgl. Kapitel 7.1.

##### Einführung eines Annahmeverfahrens

Formulierung von Verfahrens- und Arbeitsanweisungen bei der Annahme, vgl. Kapitel 7.1.

##### Einführung verschiedener Probenahmeverfahren

Formulierung von Verfahrens- und Arbeitsanweisungen für alle unterschiedlichen ankommenden Abfallbehälter.

##### Vorhandensein einer Aufnahmeeinrichtung

Umfasst folgende Punkte: Vorhandensein eines Labors, schriftliche Anweisungen zum Umgang mit angenommenen und nicht angenommenen Abfällen, Markierung der einzelnen Bereiche und die Kennzeichnung der angenommenen Behälter, vgl. 7.1.3.

### 4.1.2.1 Anmerkungen

Die Einhaltung dieser Forderungen ist essenziell für einen sicheren Umgang bei der Annahme von gefährlichen Abfällen und die spätere Zuordnung zu den Behandlungsverfahren und ist bei allen Behandlungsanlagen anzuwenden.

### 4.1.3 Abfalloutput

#### Analyse des Abfalloutput

Die Analyse und Dokumentation des Outputs (Schlamm, Abwasser) hat die relevanten Parameter zu umfassen, die für die Annahme in anderen Anlagen (Deponie, Verbrennungsanlage, Kläranlage) von Bedeutung sind.

#### 4.1.3.1 Anmerkung

Diese Forderung gilt für alle Behandlungsanlagen. Das Ausmaß der Probenahme und die Emissionsgrenzwerte für die zu untersuchenden Parameter werden den Anlagenbetreibern laut Bescheid der zuständigen Behörden vorgeschrieben.

### 4.1.4 Managementsysteme

#### Rückverfolgbarkeit in der Abfallbehandlung

Dokumentation über mehrere Behandlungsschritte für jeden Abfall (Voruntersuchungen/Annahme/Lagerung/Behandlung/Übergabe), Führung eines Betriebstagebuches, Abfallaufzeichnungen hinsichtlich: Übernahmedatum, Abfallerzeuger, Kennzeichnung, Analyseergebnisse der Vor- und Annahmeuntersuchungen, Verpackung, Behandlungsplan, Übernahmemenge.

Ein Nachverfolgungs- oder Verfolgbarkeitssystem muss folgende Punkte umfassen: Absolute Menge des Abfalls am Betriebsgelände; Aufschlüsselung der gelagerten Abfallmengen gegliedert nach Behandlungsweg und gegliedert nach der Weiterbeförderung; Aufschlüsselung der Abfallmengen nach Gefährlichkeitseinstufung; genaue Kenntnisse über die Lage der einzelnen Abfälle am Betriebsgelände; Zeit, die sich der Abfall bereits am Betriebsgelände befindet.

#### Vorschriften für das Vermengen/Vermischen

Verfassung von schriftlichen Arbeitsanweisungen für das Vermengen/Vermischen von Abfällen unter Berücksichtigung gesetzlicher Vorgaben und um die spätere Behandlung der Abfälle nicht zu erschweren bzw. um das Umweltrisiko zu senken.

### Effizienz der Abfallbehandlung

Erarbeitung von Maßnahmen zur Überwachung der Effizienz der verschiedenen Verfahren (Überprüfungsparameter festlegen).

### Plan für das Verhalten nach Unfällen

Erstellung von Notfallplänen

### Dokumentation von Störfällen

Führung eines Tagebuches für Zwischenfälle

### Stilllegung von Anlagen

Pläne für die Stilllegung von Anlagen sind bereits während der Planungs- und Bauphase zu berücksichtigen. Bei bestehenden Anlagen sind Konzepte zu erstellen, die mögliche Probleme bei der Stilllegung aufzeigen und Programme für deren Minimierung enthalten.

#### **4.1.4.1 Anmerkungen**

Die Einführung eines Managementsystems ist unerlässlich für den sicheren Umgang und die sichere Behandlung von gefährlichen Abfällen und wird auch für jene CP-Anlagen empfohlen, welche nicht der IPPC-Richtlinie oder der IUV unterliegen.

#### **4.1.5 Lagerung und Handhabung**

##### Allgemeine Lagertechniken

Dabei sind folgende Punkte zu beachten: Festlegung von Lagerabläufen; Kennzeichnung des Lagerbereiches; Feststellung der maximalen Lagerkapazität; Auffangvorrichtungen müssen die gesamte Abfallkapazität ohne Vermischung der einzelnen Abfallarten ermöglichen; schließbare Ventile bei Leitungen zwischen Behältern; Umschlag geruchsintensiver Materialien und die Lagerung dieser in Gebäuden mit ausgestatteten Luftreinigungstechniken; Erfassung von möglichen Emissionen mit geeigneten Luftreinigungstechniken.

##### Kennzeichnung von Behältern und Rohrleitungen

Klare Kennzeichnung aller Behälter und entsprechende Führung von Dokumentationen, vgl. Kapitel 7.2.4.

##### Abfalllagerung/-sammlung

Erstellung von Plänen für die Abfalllagerung und -sammlung.

### Allgemeine Handhabungstechniken

Verfahrensfestlegung für den Transport und die Be- und Entladung von Abfall; Beschäftigung von qualifiziertem Personal; Erfassung der Abgase aus Tanks und Behältern; Kompatibilitätsprüfung vor der Vermischung/Vermengung von einzelnen Chargen.

### Techniken für das Umfüllen/Vermengen in oder aus Fässern und Containern

Durchführung nur von qualifiziertem Personal; notwendige Ausstattung von Abgasreinigungsvorrichtungen; Vermischungen nur nach vollständiger Überprüfung durchführen; Aufzeichnungen der Lagerbewegungen (Rückverfolgbarkeit).

### Verfahren beim Umgang mit Abfällen in Behältern

Lagerung der Behälter unter einer Überdachung, wenn eine Beeinflussung durch Umwelteinflüsse (z. B. Sonnenlicht, Temperatur, Wasser) besteht; Ausstattung des überdachten Bereiches mit einer geeigneten Belüftungsvorrichtung.

#### **4.1.5.1 Anmerkungen**

Anforderungen hinsichtlich der Lagerung von gefährlichen Abfällen bestehen einerseits laut gesetzlichen Vorgaben und sind andererseits auch im ÖWAV-Regelblatt 517 „Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb von Zwischenlagern für gefährliche Abfälle bei Abfallsammlern nach § 25 AWG“ festgeschrieben, vgl. Kapitel 7.2.

#### **4.1.6 Energie-, Wasser- und Rohstoffmanagement**

##### Energieverbrauch

Aufschlüsselung des Energieverbrauchs.

##### Energieeffizienz

Entwicklung von Plänen zur Steigerung der Energieeffizienz; Festlegung und Berechnung des spezifischen Energieverbrauchs der Tätigkeiten pro Jahr, z. B. Energieverbrauch pro Tonne Abfall.

##### Interne Leistungsvergleiche des Rohstoffmanagements

Bewertung des Rohstoffverbrauchs; Ermittlung der benötigten Roh- und Hilfsstoffe und des Wassers; Führung einer Inventarliste; Verwendung der Materialien, welche weniger gefährlich sind;

### Einsatz von Abfall als Rohstoff

Überprüfung, ob der Einsatz von gebrauchten Abfällen (Altsäuren und -laugen) zur Rohstoffminimierung möglich ist; werden Abfälle zur Behandlung anderer Abfälle eingesetzt, muss die Versorgung mit diesen gesichert sein.

#### **4.1.6.1 Anmerkungen**

Um hochkonzentrierte Abfälle (Säuren und Laugen) behandeln zu können, ist es oft notwendig, diese vorab mit Wasser zu vermischen. Die Verwendung von Wasser als Hilfsstoff bei der Behandlung (Vermischung, Reinigungsarbeiten) sollte mittels Wasserzähler gemessen werden, da dieser bei der Jahresabfallbilanz benötigt wird.

#### **4.1.7 Behandlung von Luftemissionen**

Vermeidung oder Kontrolle der Emissionen wie vor allem von Staub, Gerüchen, VOC und einiger anorganischer Verbindungen. Mögliche Emissionen, die bei den einzelnen Behandlungsverfahren entstehen, sind in Kapitel 5 angeführt. Die Beschreibung der einzelnen Techniken zur Abgasbehandlung befindet sich in Kapitel 6.

#### Verwendung von abgedeckten Tanks, Gefäßen und Gruben

Einschränkungen bei der Lagerung von Materialien in offenen Tanks, Behältern und Gruben, die Emissionen in die Luft erzeugen können; Verwendung von Abdeckungen für Abfälle; Verbindung des Luftraumes oberhalb der Absetztanks mit den Entlüftungsanlagen und Gaswäschern der gesamten Anlage.

#### Geschlossene Systeme mit Vorrichtung zur Ableitung in geeignete Abgasreinigungsanlagen

Verwendung von eingehausten Anlagen mit Entlüftung oder Unterdruck; besonders zu beachten bei dem Einsatz von flüchtigen Flüssigkeiten.

#### Geeignete Extraktionssysteme für einige Lagerungs- und Behandlungstätigkeiten

Einsatz eines Entlüftungssystems, welches folgende Bereiche umfasst: befüllte Behälter, Vorbehandlungsbereiche, Misch- und Reaktionstanks und den Filterbereich oder die getrennte Installation verschiedener Entlüftungssysteme für Abgase aus Behältern.

#### Betrieb und Wartung von Vorrichtungen zur Emissionsminderung

Kontrolle der Reinigungsleistung der Abgasreinigungssysteme; regelmäßiger Austausch von gebrauchten Gaswäscherflüssigkeiten.

### Wäscher zur Entfernung wichtiger anorganischer Emissionen

Installation von Gaswäscheranlagen für die wichtigsten anorganischen gasförmigen Emissionen dort, wo prozessbedingte Emissionen auftreten; Installation einer zweiten Gaswäscheranlage für Vorbehandlungsverfahren, um Emissionen, welche für die Hauptgaswäscher unverträglich oder zu hoch konzentriert sind, zu erfassen.

### Verringerung der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen und Partikeln in die Luft

Dabei sind die oben angeführten Techniken anzuwenden, vgl. auch Kapitel 6 und die Unterkapitel der einzelnen Behandlungsverfahren über Emissionen in Kapitel 5.

#### **4.1.7.1 Anmerkungen**

Die Techniken bezüglich Verringerung, Erfassung und Behandlung von Emissionen in die Luft wurden in den letzten Jahren zunehmend verbessert. Die Umsetzung dieser Techniken sollte in allen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen erfolgen, um dem Stand der Technik zu entsprechen. Die Forderung nach einer entsprechenden Abgas erfassung und -reinigung betrifft CP-Anlagen grundsätzlich.

#### **4.1.8 Abwassermanagement**

##### Wasserverwendung und Kontamination von Wasser

Planerstellung zur Senkung des Wasserverbrauchs und der Vermeidung von Wasserkontaminationen; geeignete Abdichtung des Standortes und Rückhaltungsmethoden für die Lagerbereiche; Getrennthaltung von Prozesswässern und Regenwasser

##### Geeignete Abwasserspezifikation für die am Anlagenstandort betriebene Abwasserbehandlungsanlage bzw. geeignete Einleitungskriterien

Sicherstellung, dass die Einleitung des Abwassers für betriebsinterne Abwasserbehandlungsanlagen geeignet ist.

##### Vorkehrungen, um zu verhindern, dass Abwasser an den Behandlungsanlagensystemen vorbei geleitet wird

Zu beachten bei der Planung der Anlage bzw. Überprüfung der Anlage, ob diesbezüglich Handlungsbedarf besteht.

##### Getrennthaltung von Abwässern

Abwasser ist je nach Kontaminationsgrad getrennt zu erfassen.

### Vorhandensein eines geschlossenen Betonbodens in allen Behandlungsbereichen

Dichtheitsüberprüfung des Bodens in allen Anlagenbereichen; Materialbeständigkeit für die jeweiligen Abfallarten muss gegeben sein.

### Tägliche Überprüfung der Abwasserbehandlungssysteme und Führung eines Tagebuches

Dokumentation anhand eines Tagebuches und Arbeitsanweisungen für die Kontrollen erstellen.

### Ermittlung der wichtigsten gefährlichen Bestandteile des behandelten Abwassers

Dies umfasst die genaue Analyse der Abfälle, z. B. auf AOX, Cyanide, Sulfide, aromatische Verbindungen, Benzol oder Kohlenwasserstoffe (gelöste, emulgierte oder ungelöste) und Metalle (z. B. Quecksilber, Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel, Chrom, Arsen und Zink). Anhand dieser muss eine Beurteilung möglich sein, ob das Abwasser mit den vorhandenen Behandlungsverfahren optimal behandelt werden kann oder es an andere Behandlungsbetriebe überstellt werden muss.

### Verwendung eines geeigneten Behandlungsverfahrens für jede Abwasserart

Die exakte Auswahl der Behandlungsverfahren je nach Kontaminationsart und -größe ist zu treffen.

### Bestandteile von behandeltem Abwasser

Kenntnis durch Analyse der wichtigsten chemischen Bestandteile des behandelten Abwassers.

### Abwassereinleitung

Abwässer sind erst nach Durchführung einer Endkontrolle einzuleiten.

### Emissionswerte für den chemischen und biologischen Sauerstoffbedarf und für Schwermetalle im Zusammenhang mit dem Einsatz von BVT

Einhaltung oder Unterschreitung der vorgeschriebenen Emissionsgrenzwerte

## **4.1.9 Management von Rückständen, die während des Prozesses entstehen**

Erstellung von Plänen zur Behandlung von Rückständen

## 5 Technologien Abfallbehandlung

Es existiert eine Vielzahl von Verfahren zur Gewährleistung einer bestmöglichen Behandlung der verschiedenen Abfälle. Die richtige Kombination dieser ist dabei entscheidend für das Endergebnis. Die einzelnen Verfahren lassen sich dabei in folgende Kategorien einteilen:

- Verfahren zur Stofftrennung (physikalische Verfahren),
- Verfahren zur Stoffumwandlung (chemische Verfahren).

Die Beschreibung des Standes der Technik für die einzelnen Verfahren der chemisch-physikalischen Behandlung erfolgt in diesem Abschnitt, wobei die Darstellung für jedes Verfahren wie folgt gegliedert wurde:

- Beschreibung des Verfahrens,
- Stichwortartige Aufzählung der zu behandelnden Abfallarten,
- Anforderungen an das Verfahren,
- Beschreibung der Verfahrenstechnik und des Standes der Technik,
- Benötigte Hilfsmittel,
- Emissionen (Abluft, Reststoffe, gereinigter Strom, Restwasser).

Am Ende der dargestellten Verfahren werden mögliche oder notwendige Vor- und Nachbehandlungsmethoden beschrieben (Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung).

Nachfolgende Tabelle 10 listet die in diesem Dokument enthaltenen Abfallbehandlungsverfahren auf.

Tabelle 10: In diesem Dokument enthaltene Abfallbehandlungsverfahren

Behandlung	Abfallarten, beispielhaft	Behandlungsprinzip
Verfahren zur Stofftrennung		
Filtration/ Entwässerung	Dünnschlämme oder Schlämme aus anderen Behandlungsverfahren z. B. Schlämme aus der Fällung und Entgiftung	Die Abtrennung von Feststoffen erfolgt durch das Durchpressen des Schlammes durch ein Filtermedium. Ausführungsformen: z. B. Kammerfilterpresse, Membranfilterpresse
Sedimentation/ Zentrifugieren	Dünnschlämme oder Schlämme aus anderen Behandlungsverfahren z. B. Schlämme aus der Fällung und Entgiftung	Schwerkraftsedimentation: Massenkräfte bewirken die Abtrennung der schwereren Phase (Schlammeindickungsverfahren) Fliehkraftsedimentation: Abtrennung erfolgt mittels Fliehkraften, durch Zentrifugen erzeugt (Schlammmentwässerungsverfahren)

Eindampfung/ Destillation	Eindampfung: z. B. Bleichbäder, Fixierbäder, Entwicklerbäder.  Destillation: Ölemulsionen, Motoröle, Maschinenöle, Lösemittel-Wasser-Gemische.	Unter Eindampfung versteht man die Aufkonzentrierung von gelösten Inhaltsstoffen durch Verdampfung des Wasseranteils  Unter Destillation versteht man die Trennung zweier oder mehrerer Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedepunkten.
Strippung	ammoniakalische Kupferätzlösungen, Ammoniaklösungen, Fixierbäder, Konzentrate, cyanidhaltig,	Bei der Strippung werden flüchtige Bestandteile aus flüssigen Gemischen mittels Luft oder Dampf in die Gasphase überführt. Mittels nachgeschalteter Abgasreinigung können die Stoffe aus dem Strippgas rückgewonnen werden.
Membranfiltration	wässrige, ölverunreinigte Substanzen; Abwässer; Entsalzung von Abwässern	Zur Abtrennung von festen, emulgierten und gelösten Feststoffen aus flüssigen Gemischen. Die Umkehrosmose wird für Aufkonzentrierung von Emulsionen und ölhaltigen Lösungen eingesetzt.
Adsorption	organisch belastete Abwässer, Lösemittel-Wasser-Gemische	Abtrennung und Aufkonzentrierung gasförmiger oder gelöster Stoffe aus der Gas- bzw. Flüssigphase. Stoffe werden an einem Adsorptionsmittel angereichert.
Flotation	Reinigung von Suspensionen, Emulsionen und ölhaltigen Abwässern	Abzutrennende Stoffe lagern sich an Gasbläschen an und steigen an die Oberfläche (Phasentrennung). Druckentspannungsflotation, Elektroflotation, Einblasen oder Einperlen von Luft.  Flotation dient als unterstützendes Verfahren bei der chemischen Emulsionsspaltung
Ionenaustausch	Säuren und -gemische, Laugen und -gemische, Behandlung der wässrigen Phase aus anderen Verfahren	Ionenaustauschharze nehmen die unerwünschten bzw. gefährlichen ionischen Abwasserinhaltsstoffe auf und ersetzen diese durch weniger problematische Ionen.  Als Endreinigungsstufe verwendet (Schwermetallentfernung, Entsalzung)
<b>Verfahren zur Stoffumwandlung</b>		
Neutralisation/ Fällung	Säuren: Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Phosphor-, Flusssäuren und saure Salze (z. B. Al-Chlorid), Laugen, Laugengemische, Ammoniaklösungen, wässrige Phasen aus anderen Verfahren, Metalle (Zn, Ni, Cr, Pb, Cu,...)	Neutralisation ist die Einstellung eines pH-Wertes. Die Neutralisation wird durch Zugabe von Säuren oder Laugen zu dem zu neutralisierenden Medium oder Mischen von Säuren und Laugen erreicht. Durch die Einstellung des Fällungs-pH-Wertes können Metalle ausgefällt werden.

Entgiftung (Oxid./Red.)	Oxidation von Cyaniden, Nitriten; Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen, Nitriten	Oxidation ist die Abgabe von Elektronen; Reduktion ist die Aufnahme von Elektronen
Nassoxidation	organische Säuren; Konzentrate, cyanidhaltig; Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig	Oxidativer Abbau von organischen Verbindungen mit Luftsauerstoff oder reinem Sauerstoff in wässriger Phase, bei hoher Temperatur und hohem Druck, normalerweise in Gegenwart eines Katalysators
Biologische Behandlung	Sickerwasser aus Deponien, Abwässer aus anderen Verfahren, organisch belastete Abwässer.	Unter biologischer Behandlung versteht man die Umwandlung von gelösten organischen Stoffen in Abwässern durch Mikroorganismen.

## 5.1 Verfahren zur Stofftrennung (physikalische Verfahren)

### 5.1.1 Filtration/Entwässerung

Filtration bezeichnet die Abtrennung von Feststoffen aus Dünnschlämmen beim Durchgang durch ein Filtermittel, zur Erzeugung möglichst feststoffreicher Filterkuchen. Bei dieser Behandlung kommt es zu einer Aufkonzentrierung des abzufiltrierenden Stoffes. Die Filtration ist eines der am häufigsten angewandten Verfahren bei der chemisch-physikalischen Behandlung von Flüssigabfällen. Im Folgenden soll unter diesem Begriff die Schlammentwässerung mittels Entwässerungsgeräten verstanden werden.

Mit diesem Verfahren können Dünnschlämme (Feststoff-/Flüssigkeitsgemische) oder die bei der Behandlung von Abfällen entstehenden Schlämme so behandelt werden, dass eine getrennte Weiterbehandlung der abgetrennten Wasserphase und Schlammphase stattfinden kann.

Für ein verbessertes Entwässerungsverhalten ist eine vorherige Konditionierung des zu filtrierenden Schlammes von besonderer Bedeutung, welche in der Regel mittels Zugabe von Flockungshilfsmittel erfolgt.

#### 5.1.1.1 Zu behandelnde Abfallarten

Mittels Entwässerungsverfahren werden vorwiegend Schlämme behandelt, weiters können auch Zwischenprodukte aus anderen Behandlungsverfahren mit der Filtration entwässert werden, z. B. Schlämme aus der Fällung und Entgiftung.

#### 5.1.1.2 Anforderungen an das Verfahren

Die Filtration stellt im Gegensatz zu den Verfahren der Abfallbehandlung keine Anforderungen an die Schadstoffkonzentration im Zulauf, vielmehr bestehen Anforderungen hinsichtlich der physikalischen Eigenschaften des zu entwässernden Schlammes. Meist müssen die Schlämme vor der Filtration konditioniert werden, um optimale Bedingungen für die Entwässerung und somit einen hohen Feststoffgehalt des Filterkuchens, zu erreichen.

#### 5.1.1.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Für die Entwässerung von Schlämmen aus der Behandlung von flüssigen Abfällen und von schlammförmigen Abfällen werden Bandfilterpressen, Kammerfilterpressen und Membran-Kammerfilterpressen eingesetzt, welche als Stand der Technik anzusehen sind.

##### Bandfilterpresse

Der aufgebrauchte Schlamm wird zwischen zwei übereinander liegenden Bändern entwässert, wobei der Entwässerungsvorgang in drei Bereiche eingeteilt werden kann:

- Stufe 1: Schwerkraftentwässerung bei sich stetig verengendem Bandabstand,
- Stufe 2: weitere Bandverengung und dadurch Drucksteigerung,
- Stufe 3: Relativbewegung der Bänder unterstützt Entwässerung und bringt Scherdruck auf.

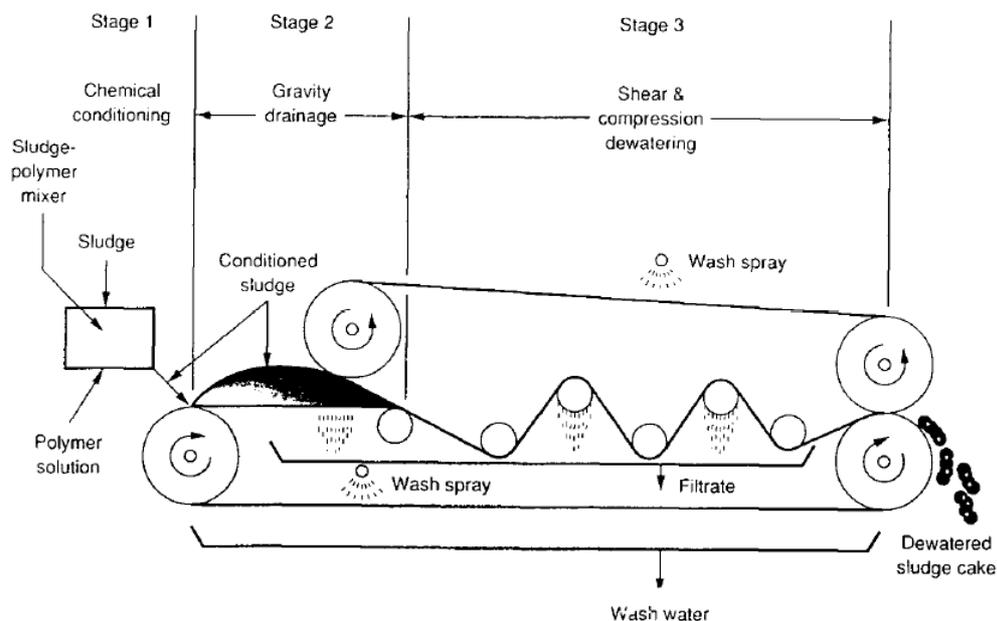


Abbildung 2: Bandfilterpresse [4]

Bandfilterpressen können für alle Arten von Schlämmen verwendet werden, meist ist die Zugabe von Flockungshilfsmitteln und Polymeren erforderlich [4].

### Kammerfilterpresse

Die Filterpresse dient zur chargenweisen Entwässerung von Schlämmen. Sie besteht aus einem Plattenpaket, mit zahlreichen quadratischen und mit Filtertuch ausgekleideten Filterplatten, welche eine zentrale Bohrung für den Beschickungskanal haben. Durch das Hintereinanderdrücken von zwei Platten wird eine Kammer gebildet. Das Plattenpaket wird mit einer Verschlussplatte abgeschlossen. Der Schließdruck der Filterpresse liegt zwischen 350 - 400 bar. Die Beschickung der Filterpresse mit der zu filtrierenden Suspension erfolgt über den zylindrischen Kanal im Zentrum der Kammerfilterpresse. Durch den Filtrationsdruck von ca. 10 - 30 bar, welcher durch die Beschickungspumpe aufgebracht wird, tritt das Filtrat durch das Filtertuch. Durch die innerhalb der Platten befindlichen Kanäle und Bohrungen kann das Filtrat abfließen.

Der Filtrationsprozess wird so lange fortgesetzt, bis die Filterkammern mit Feststoff gefüllt sind, wobei der Filtrationswiderstand stetig ansteigt. Das Ende der Beschickung erfolgt durch Messung des Durchflusses durch die Filterpresse mittels Volumenstrom-Messgeräten. Die Platten werden anschließend auseinander gefahren und der Filterkuchen entfernt. Anhaftende Filterkuchenrückstände müssen von den Filtertüchern entfernt werden.

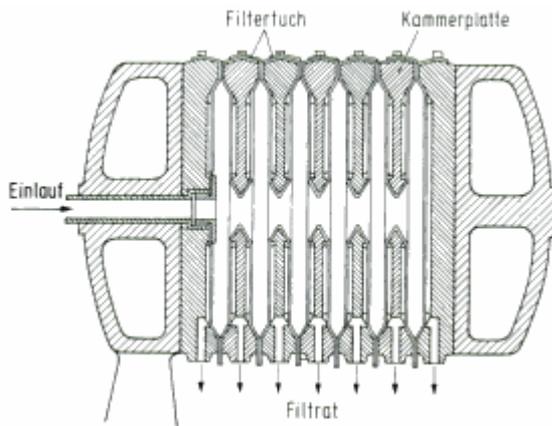


Abbildung 3: Kammerfilterpresse [39]

Bei der Beschickung einer Filterpresse ist es günstig, zu Beginn mit niedrig konzentrierten Suspensionen zu arbeiten und die Konzentration allmählich zu steigern. Wird mit hochkonzentrierten Suspensionen begonnen, deren Konzentration allmählich abnimmt, wie es der Fall ist, wenn ein Eindicker als Vorlagebehälter dient und der Schlamm unten abgezogen wird, erfolgt ein ungleichmäßiger Filterkuchenaufbau innerhalb der Kammern, welcher zu schlechten Durchsatzleistungen führt.

Filterpressen können wie die Bandfilterpressen für alle Schlammarten eingesetzt werden. Der Einsatz von Filterpressen ist dann günstig, falls geringe Gehalte suspendierter Stoffe im Filtrat gefordert sind. Die Zugabe von Flockungshilfsmitteln und Polymeren ist für eine optimale Entwässerung erforderlich. [4]

#### Membran-Kammerfilterpresse

Die Membran-Kammerfilterpresse ist eine Weiterentwicklung der Kammerfilterpresse. Im Unterschied zur Kammerfilterpresse ist zwischen Kammerplatte und Filtertuch eine aufpumpbare Gummimembran angeordnet. Nach der Beschickung der Presse mit Suspension wird die Gummimembran mit einem Druckmedium (Druckluft oder Wasser) aufgefüllt, wodurch der Filterkuchen durch Nachpressung weiter entwässert wird. Vorteile dieser Presse zur Kammerfilterpresse sind höhere Durchsatzleistungen, höhere Trockenstoffgehalte und kürzere Filtrationszyklen.

#### **5.1.1.4 Hilfsstoffe**

Durch die Zugabe von Flockungshilfsmitteln werden die Entwässerungsergebnisse entscheidend beeinflusst. Grundsätzlich können organische und anorganische Flockungshilfsmittel zugegeben werden, wobei die richtige Dosierung entscheidend ist.

In der Regel ist davon auszugehen, dass bei hohen organischen Anteilen im Schlamm, mehr Flockungshilfsmittel verbraucht werden, als bei Schlämmen mit geringen organischen Anteilen. [2]

Flockungshilfsmitteln, welche häufig eingesetzt werden:

- Eisen-III-Chlorid [FeCl<sub>3</sub>]
- Kalkmilch [Ca(OH)<sub>2</sub>]
- Organische Polymere

Die Konditionierung von Schlämmen findet in Behältern mit einstellbaren Rührwerken statt, wodurch eine intensive Mischung des Schlammes mit den Flockungshilfsmitteln, durch Beschleunigung des Rührers, in kurzer Zeit erreicht werden kann. Für eine bestmögliche Flockung ist der Rührer während der Flockenbildung zu verlangsamen, um die Flockung nicht negativ zu beeinflussen.

Das geeignete Flockungshilfsmittel hängt von der Zusammensetzung und Qualität des Ausgangsproduktes ab und von der vorgesehenen Weiterverwendung und ist gegebenenfalls durch Versuche zu ermitteln.

### 5.1.1.5 Emissionen

#### 5.1.1.5.1 Abluft

Bei der Schlammentwässerung ist eine Ausweitung der Messungen auf Ammoniak und gegebenenfalls auf VOC's, falls hohe organische Anteile im Abwasserstrom vorhanden sind, vorzusehen. Der Bereich oberhalb der Pressen sollte abgesaugt und einer Abluftreinigung unterzogen werden.

#### 5.1.1.5.2 Reststoffe

Der Feststoffgehalt des Filterkuchens ist abhängig von der Schlammart und den verwendeten Hilfsstoffen. In der Regel können mit Kammerfilterpressen Feststoffgehalte von ca. 40 Masse-% erzielt werden, durch den Einsatz von Membran-Kammerfilterpressen sind bis zu 50 Masse-% möglich.

Tabelle 11: Wirkungsgrade bei der Entwässerung [4]

Technik	Schlammkonzentration [%]	Feststoffrückhalt [%]	Bemerkung
Bandfilterpresse	15-30	85-98	mit Chemikalienzusatz
Membranfilterpresse	20-50	90-98	mit Chemikalienzusatz

### 5.1.1.5.3 Restwasser

Durch die Schlammwässerung kommt es zu keinem Reinigungseffekt. Die Qualität des Filtratwassers hängt von der Schadstoffbelastung des Zulaufschlammes ab und enthält alle gelösten Schadstoffe, minimal Schlammenteilchen und gegebenenfalls an den Schlammenteilchen adsorbierte Anteile an Schadstoffen. Das Filtrat wird, wenn notwendig, zur weiteren Behandlung zurückgeführt.

### 5.1.1.6 Input-Output Bilanz

Abbildung 4 zeigt schematisch die Stoffströme bei der Filtration.

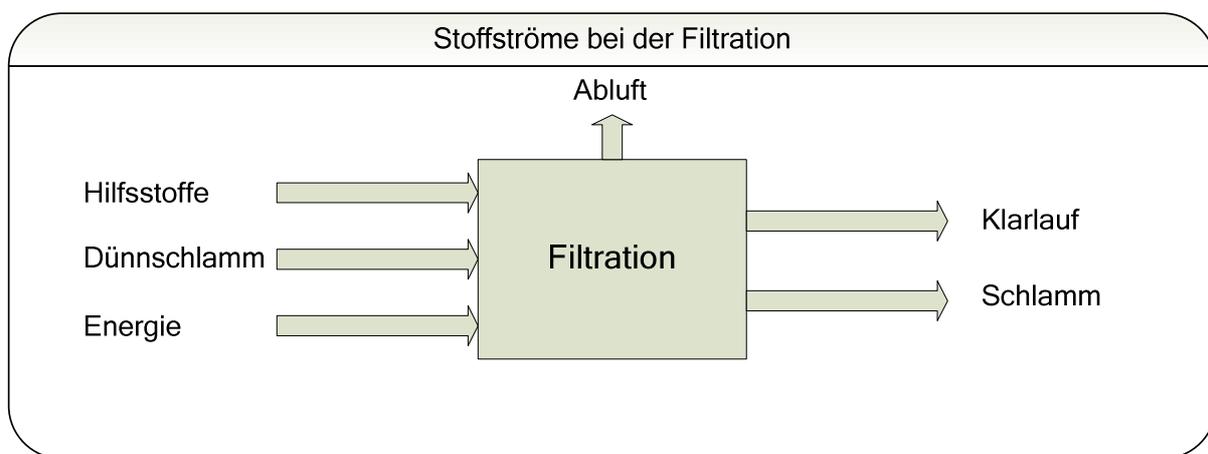


Abbildung 4: Stoffströme bei der Filtration

### 5.1.1.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die Schlammwässerung durch Filtration ist ein häufig angewendeter und notwendiger Behandlungsschritt in chemisch-physikalischen Anlagen, da Schlämme bei der Entgiftung, Neutralisation, Fällung oder der biologischen Behandlung anfallen. In Abbildung 8 ist der Prozess einer Abfallbehandlung mit integrierter Entwässerung dargestellt.

## 5.1.2 Sedimentation und Zentrifugieren

Bei der Sedimentation erfolgt eine gravimetrische Abtrennung der schwereren Phase einer Suspension unter Einwirken von Massenkräften und bewirkt dadurch eine Eindickung der Suspension. Dabei werden zwei Verfahren unterschieden: die Schwerkraftsedimentation und die Fliehkraftsedimentation. Bei ersterem Verfahren setzen sich die Teilchen unter der Wirkung des natürlichen Schwerfeldes der Erde ab, bei der Fliehkraftsedimentation trennen sich die Teilchen unter der Wirkung einer künstlich erzeugten Fliehkraft ab, welche durch Zentrifugierung oder durch eine Wirbelströmung (Zyklon) erzeugt wird.

Dabei ist anzumerken, dass die Sedimentation ein Schlammeindickungsverfahren und die Zentrifugierung ein Schlammentwässerungsverfahren ist. Bei beiden Verfahren wird der Zulaufstrom aufkonzentriert und der Klarlauf abgetrennt.

Die Sedimentation dient vorrangig zur Vorbehandlung der Abfälle für andere Verfahrensschritte, wodurch die Schlammphase und die Wasserphase getrennt weiterbehandelt werden können.

### 5.1.2.1 Zu behandelnde Abfallarten

Mittels Sedimentation/Zentrifugieren werden vorwiegend Schlämme behandelt; weiters können auch Zwischenprodukte aus anderen Behandlungsverfahren mit diesen Verfahren entwässert werden, z. B. Schlämme aus der Fällung und Entgiftung.

### 5.1.2.2 Anforderungen an das Verfahren

Maßgebend für eine effektive Sedimentation sind Teilchengröße und Feststoffkonzentration des zu behandelnden Schlammes.

Tabelle 12: Daten wichtiger Industriezentrifugen [40]

Grundtyp	Feststoffgehalt Aufgabegut [Vol-%]	Feststoff- Teilchengröße [µm]	Durchsatz (Füllgut) [t/h]
Siebschwingzentrifuge	60-80	500-10.000	20-300
Siebschneckenzentrifuge	5-60	10-10.000	0,5-100
Schubzentrifuge	20-75	100-40.000	0,8 – 50
Schälzentrifuge	5-60	5-10.000	30 kg bis 2 t pro Trommelfüllung
Dekantierzentrifuge	3-60	1-20.000	2-80
Tellerzentrifuge	1-25	0,1-10.000	bis 1.000

### 5.1.2.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Mittels Schwerkraftsedimentation können Dünnschlämme, aus der biologischen Behandlung, mit 0,5 – 2 % Trockensubstanz (TS) auf bis zu 5 % TS eingedickt werden. Dies erfolgt in Sedimentationsbecken, welche einen speziellen Zu- und Ablauf und spezielle Absetzzonen und Schlammzonen besitzen. Um die Absetzzeiten zu verkürzen, bietet sich die Zugabe von

Flockungshilfsmitteln an. Durch die verbesserte Flockenbildung kann der Sedimentationsprozess beschleunigt werden und es erfolgt eine Verbesserung der späteren Abtrennbarkeit von Feststoffen. Eine weitere Möglichkeit zur Beschleunigung des Prozesses ist die Vergrößerung der Klärfläche (Schrägklärer).

Bei der Fliehkraftsedimentation – Zentrifugieren – werden folgende Zentrifugenarten unterschieden:

- Vollmantelzentrifuge (Dekanter)
- Siebzentrifugen
- Tellerzentrifugen (Separator)

Da die entstehenden Schlämme bei der Abwasserbehandlung größtenteils geringe Feststoffgehalte haben – die Trockensubstanz liegt meist unter 1 % – werden für derartige Schlämme meist Vollmantelzentrifugen eingesetzt.

Mit **Vollmantelzentrifugen** (Dekanter) können organische und anorganische Schlämme entwässert werden. Die Zentrifuge besteht aus einer rotierenden, zylindrischen Trommel, in der sich die Transport- und Austragschnecke befindet. Durch die Zentrifugalkraft setzen sich die Feststoffe auf der Trommel ab und werden mittels einer Schnecke ausgetragen. Die Schnecke dreht sich relativ zur Trommel langsamer. Die flüssige Phase fließt über ein Rohr ab. Vollmantelzentrifugen gibt es in Gleichstrom- und Gegenstromausführungen, wobei der Unterschied in der Austragsrichtung von fester und flüssiger Phase liegt. In Abbildung 5 ist der Aufbau eines Dekanters für die Trennung von Feststoffen aus einer Flüssigkeit dargestellt.

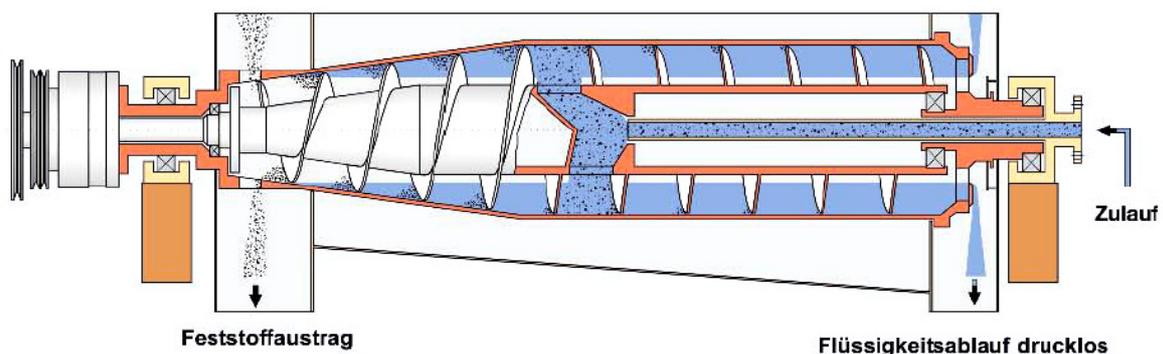


Abbildung 5: Dekanter zur Abscheidung von Feststoffen aus Flüssigkeiten [41]

Vollmantelzentrifugen können auch für die Dreiphasentrennung (Trikanter) von Suspensionen verwendet werden. Dabei ist eine simultane Trennung von zwei nicht mischbaren Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Dichten und einer Feststoffphase möglich. Der Unterschied liegt in der getrennten Ableitung der beiden flüssig Phasen, wobei die leichtere Flüssigkeit ohne Druck und die schwerere Flüssigkeit unter Druck abgeleitet werden. Voraussetzung ist dabei, dass die Feststoffe als spezifisch schwerste Phase vorliegen. Veranschaulicht wird dieses Verfahren anhand Abbildung 6.

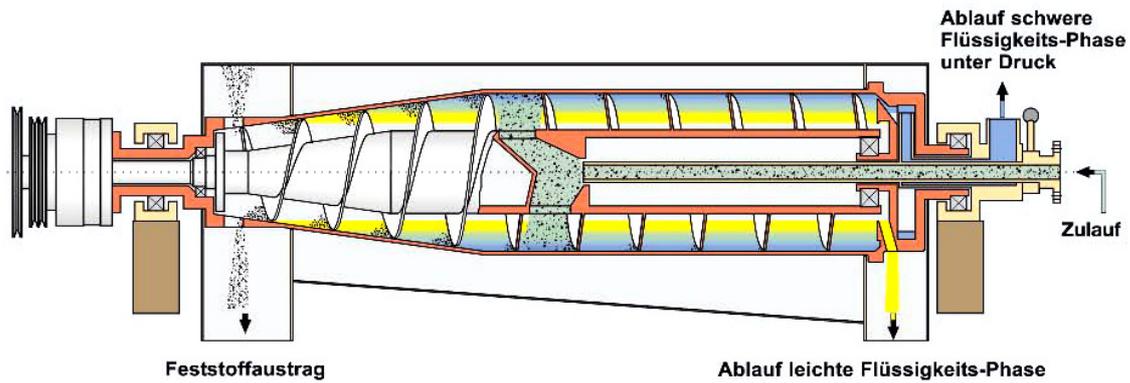


Abbildung 6: Dreiphasen-Dekanter [41]

**Siebzentrifugen** (Filterzentrifugen) können zur Abtrennung von leicht filtrierbaren, kristallinen und faserigen Substanzen eingesetzt werden. Sie bestehen aus einer rotierenden, gelochten Trommel, die mit einem Filtermittel überzogen ist. Durch die Zentrifugalbeschleunigung wird die flüssige Phase durch die Löcher ausgetragen. Die feste Phase wird mittels Schälmesser, Schubboden oder einer Schnecke ausgetragen, wodurch sich folgende Siebzentrifugenarten unterscheiden lassen: Schälzentrifugen, Schubzentrifugen, Siebschneckenzentrifugen, Siebschwingzentrifugen.

Für die Entwässerung von schwer filtrierbaren, organischen Dünnschlämmen werden **Tellerzentrifugen** eingesetzt. Sie bestehen aus einer rotierenden Trommel, welche durch Tellerpakete unterteilt ist. Die Beschickung erfolgt von oben über einen Zulauf. Durch die Beschleunigung der Suspension werden die Feststoffe nach außen geschleudert. Die feste Phase kann aufgrund der Neigung der Teller nach unten und außen abrutschen und wird so abtransportiert. Die flüssige Phase wird über die unteren Tellerwände nach oben und innen transportiert.

#### 5.1.2.4 Hilfsstoffe

Um die Effizienz von Sedimentationsverfahren zu verbessern, welche durch die Eigenschaften des Abwassers und der darin enthaltenen Feststoffe beeinflusst wird, können Sedimentationshilfsmittel zugesetzt werden.

Eingesetzte Sedimentationshilfsmittel sind:

- Kalkmilch [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ],
- Eisen-III-Chlorid [ $\text{FeCl}_3$ ],
- Polyelektrolyte,
- Eisen-II-Sulfat.

## 5.1.2.5 Emissionen

### 5.1.2.5.1 Abluft

Durch den nicht geschlossenen Überlauf und Feststoffaustrag von Zentrifugen, können gasförmige Emissionen freigesetzt werden, welche insbesondere durch die notwendige Erwärmung der Schlämme zu Geruchsbelastungen führen können. Eine Abluffterfassung und -reinigung sind deshalb in der Regel vorzusehen.

### 5.1.2.5.2 Reststoffe

Falls notwendig, kann der Schlamm anschließend noch weiterbehandelt werden, bei einer nachfolgenden Verbrennung, z. B. im Wirbelschichtofen, ist dies aber nicht notwendig. Ist der Schlamm mit Öl belastet, können dem Schlamm vor der Verbrennung organische Zusatzstoffe zur Eindickung beigemischt werden, z. B. Sägemehl. Eine Eindickung mit anorganischen Zusatzstoffen ist ebenfalls möglich. [42]

### 5.1.2.5.3 Restwasser

Durch die Sedimentation kommt es zu keinem Reinigungseffekt, wodurch die flüssige Phase bei Bedarf nachbehandelt werden muss, da die Qualität des Abwassers von der Zusammensetzung und von der Schadstoffbelastung des Dünnschlammes abhängt.

## 5.1.2.6 Input-Output-Bilanz

Abbildung 7 zeigt schematisch die Stoffströme bei der Sedimentation und Filtration.

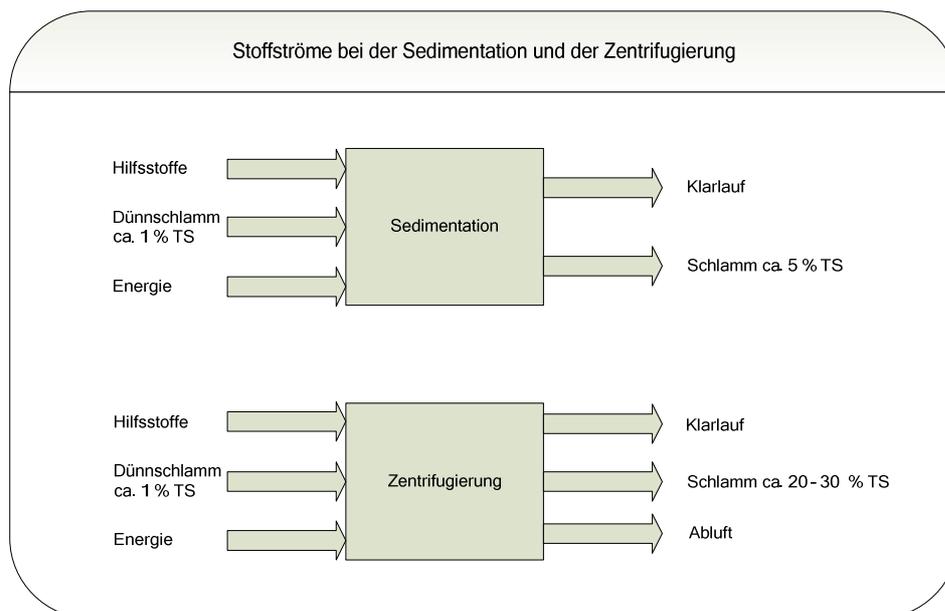


Abbildung 7: Stoffströme bei der Sedimentation und Zentrifugierung

### 5.1.2.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die Sedimentation ermöglicht als einfachste Form der Fest-/Flüssig-Trennung Einsparungen bei Einleitungs- und Transportkosten, da die flüssige und feste Phase separat behandelt werden können. Sie ist deshalb in der Regel immer ein Teil der Abfallbehandlung, da es ein sehr billiges Verfahren ist. Negativ dabei sind die langen Behandlungszeiten und der Platzbedarf.

Ähnliches gilt für die Schlammentwässerung mittels Zentrifugen, welche alternativ zu Filterpressen eingesetzt werden können. Schlämme fallen bei allen Behandlungsanlagen an, bei denen Abfälle einer Neutralisation, Entgiftung und Fällung zugeführt werden. Abbildung 8 zeigt schematisch die Schlammbehandlung.

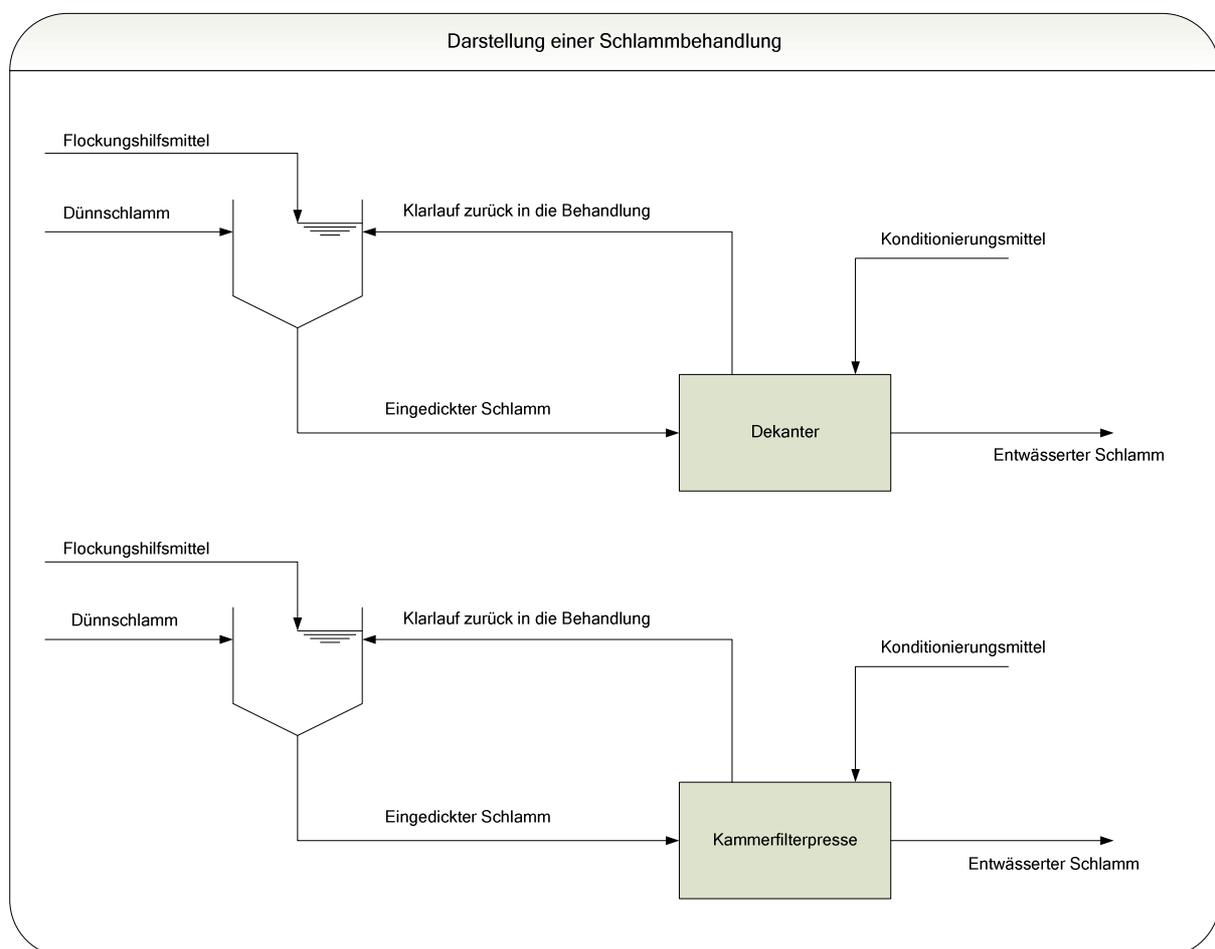


Abbildung 8: Darstellung einer Schlammbehandlung [2]

### 5.1.3 Eindampfung und Destillation

Unter dem Begriff der Eindampfung von flüssigen Abfällen wird die Aufkonzentrierung gelöster Inhaltsstoffe aus wässrigen Lösungen durch Verdampfung des Wasseranteils verstanden, wohingegen bei der Destillation die Trennung, zweier oder mehrerer Flüssigkeiten mit unterschiedlichen Siedepunkten, verstanden wird. Da für diese beiden

Verfahren sehr ähnliche Apparate Verwendung finden, werden diese in diesem Kapitel zusammengefasst betrachtet.

Diese Verfahren eignen sich besonders für die Behandlung von wässrigen Lösungen. Bei Emulsionen und Lösungen von organischen Stoffen in Wasser wird vorrangig die Destillation als Behandlungsverfahren eingesetzt.

Bei der Eindampfung werden flüssige Abfälle in ein Konzentrat (Schadstoffe) und ein Brüdenkondensat (Wasser) getrennt.

Mittels Destillation wird der Abfall in das Destillat und das Sumpfprodukt getrennt. Wird dieses Verfahren zur Trennung von Öl-Wasser-Gemischen verwendet, besteht das Sumpfprodukt aus dem Ölanteil und das Destillat aus Wasser. Bei der Trennung von Wasser-Lösemittel-Gemischen bestehen das Destillat aus dem Lösemittelanteil und das Sumpfprodukt aus Wasser. [2]

Grundsätzlich ist aber zu beachten, dass diese Verfahren nur dann eingesetzt werden sollten, wenn die Abwasserinhaltsstoffe nur gering mit dem Wasserdampf flüchtig sind und sich nicht zu wasserdampflichen Stoffen zersetzen, da sich diese sonst im Destillat bzw. im Brüdenkondensat anreichern. [6], [2]

Die Destillation wird vorrangig für folgende Verfahren eingesetzt [4]:

- Lösemittelrückgewinnung nach Extraktionsverfahren,
- Lösemittelrückgewinnung aus Abwasser, z. B. Alkohole,
- Behandlung von Ölemulsionen,
- als Vorbehandlung, zur Rückgewinnung von Inhaltsstoffen, und Weiterleitung an ein anschließendes Behandlungsverfahren,
- Rückgewinnung organischer Stoffe aus Wäscherflüssigkeiten.

Die Eindampfung wird zur Aufkonzentrierung von Abwasserströmen eingesetzt, häufige Anwendungen sind deshalb [4]:

- Aufkonzentrierung von Mutterlaugen und Flüssigkeiten aus Abgaswäschern, um wertvolle Stoffe zurückzuführen,
- Eindampfen und auskristallisieren von Feststoffen, um diese aus dem Abwasserstrom zu entfernen,
- Vorbehandlung vor einer thermischen Verwertung, Abwasserverbrennung oder einer sonstigen physikalischen Nachbehandlung.

### 5.1.3.1 Zu behandelnde Abfallarten

#### Eindampfung

- Hypochloritablauge (Chlorbleichlauge),
- Fixierbäder,
- Berbereibrühe,
- Spül-, Wachwasser, cyanidhaltig,
- Bleichbäder,
- Konzentrate, metallsalzhaltig
- Entwicklerbäder,
- Sonstige wässrige Konzentrate,
- Sickerwasser aus AbfalldPONen,
- Wasch- und Prozesswässer.

#### Destillation

- Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen,
- Motor- und Getriebeöle,
- Kraftstoffe, Flammpunkt unter 55 °C,
- Trafoöle, Wärmetragöle, halogenfrei,
- Heizöle, Kraftstoffe (Dieselöle), Flammpunkt über 55 °C,
- Bohr-, Schleif- und Schneidöle,
- Maschinenöle,
- Turbinenöle,
- Synthetische Kühl- und Schmiermittel,
- Abfallsäure, mineralölhaltig,
- Lösemittel-Wasser-Gemische mit halogenierten Lösemitteln,
- Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierten Lösemitteln,
- Latex-Emulsionen,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: lösemittelhaltiger Schlamm.

### 5.1.3.2 Anforderungen an die Verfahren

Wie schon zuvor erwähnt, können leichtflüchtige oder wasserdampfliche Stoffe das Ergebnis der Verfahren verschlechtern. Nachfolgende Tabelle 13 beinhaltet Stoffgruppen, die sich bei der Eindampfung und Destillation negativ auf das Ergebnis auswirken.

Tabelle 13: Auswirkungen verschiedenen Stoffgruppen auf das Trennungsergebnis [1], [2]

Stoffgruppe	Auswirkung
Tenside, oberflächenaktive Substanzen	führen zu Schaumbildung
ungelöste oder schwer lösliche Feststoffe	Ausfällung führt zu Inkrustationen, Erosionen
extrem gut lösliche Salze bzw. nicht kristallisierbare Substanzen	Siedepunktverschiebung verschlechtert den Wärmeübergang
Laugen, Säuren und Salze	führen zu Korrosion metallischer Werkstoffe
polymerisierende Stoffe	führen zu Verkrustungen, Verharzungen

Bei den Verdampfern ist die Wartung der Wärmetauscher von entscheidender Bedeutung für die Effizienz des Verfahrens. Verkrustungen, Fouling und Korrosion stören die Wärmeübertragung auf die Flüssigkeit. Weiters müssen die Konzentrationen der Verunreinigungen oder Leitparameter (TOC, pH-Wert, Leitfähigkeit, etc.) im Kondensat überwacht werden, um den Übergang von Schadstoffen zu vermeiden. [4]

### 5.1.3.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Die verwendeten Apparate für die Eindampfung und Destillation sind einander sehr ähnlich, Beispiele, hierfür sind:

- Umlaufverdampfer,
- Dünnschichtverdampfer,
- Fallfilmverdampfer.

#### 5.1.3.3.1 Umlaufverdampfer

Die zugeführte Flüssigkeit wird im Vorwärmer/Kondensator durch den Brüden Dampf vorgewärmt und anschließend im Wärmetauscher auf Siedetemperatur erhitzt. Im Brüdenabscheider wird das Dampf-Wassergemisch getrennt. Dieser Vorgang wird solange fortgesetzt, bis die gewünschte Konzentration erreicht ist. Abbildung 9 zeigt den prinzipiellen Aufbau eines Umlaufverdampfers.

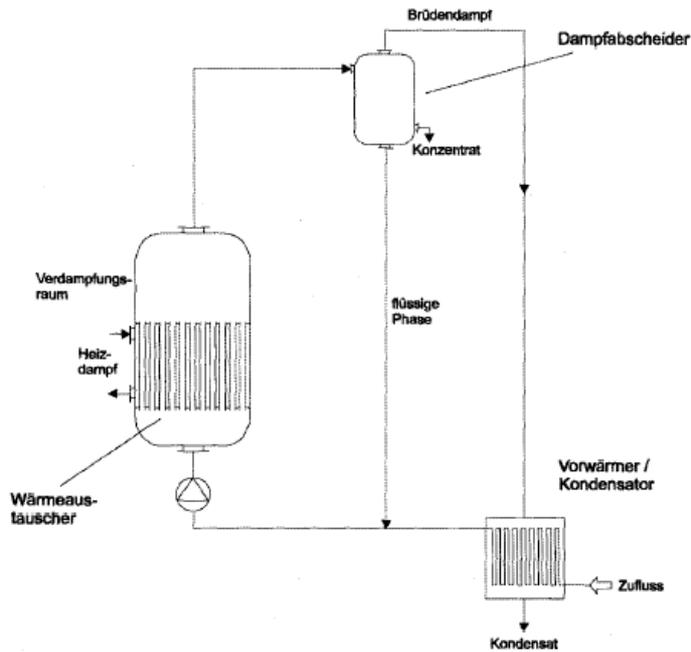


Abbildung 9: Umlaufverdampfer [2]

### 5.1.3.3.2 Dünnschichtverdampfer

Die zugeführte Flüssigkeit wird im Vorwärmer/Kondensator vorgewärmt und läuft anschließend über die von außen mit Dampf beheizte Wand hinunter und wird so auf Siedetemperatur erhitzt. Die Flügel des Rotors verteilen die Flüssigkeit in dünnen Schichten auf der Heizfläche. Die verdampften Anteile gelangen in den Dampfabscheider und werden abgeschieden. Die nicht destillierbaren und schwer flüchtigen Bestandteile der Flüssigkeit laufen als Konzentrat ab. Abbildung 10 zeigt eine Prinzipskizze eines Dünnschichtverdampfers.

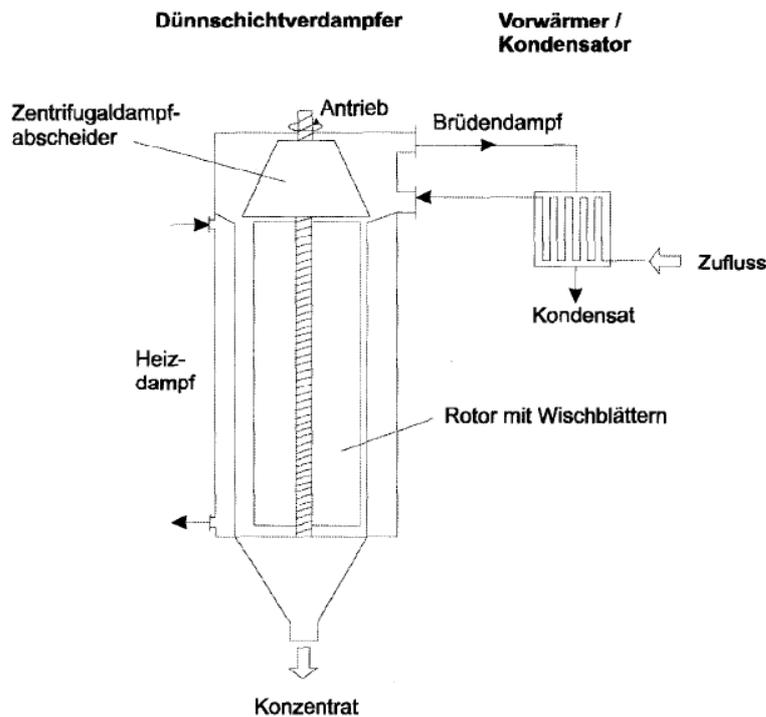


Abbildung 10: Dünnschichtverdampfer [2]

#### 5.1.3.4 Hilfsstoffe

Für ein optimales Ergebnis der Eindampfung zum Ziel der Rückgewinnung von Stoffen sind eine Vorbehandlung der Flüssigkeit und die Zugabe von Hilfsstoffen notwendig, z. B. [4], [2]:

- Zugabe von Säuren, Laugen etc., zur Reduzierung der Flüchtigkeit von Verbindungen,
- Abtrennung unlöslicher, freier Flüssigkeitsphasen, z. B. Öl,
- Abtrennung von Schwermetallen und anderen Feststoffen.

#### 5.1.3.5 Emissionen

##### 5.1.3.5.1 Abluft/Brüden

Durch eine vorgeschaltete Strippung können nicht kondensierbare Inhaltstoffe in der Abluft vermindert werden. Durch die Abdichtung aller Anlagenteile können die Gerüche, welche durch leichtflüchtige organische Substanzen bei der Eindampfung und Destillation entstehen, vermindert werden.

##### 5.1.3.5.2 Reststoffe (Feststoff)

Das Konzentrat aus der Eindampfung und das Sumpfprodukt aus der Destillation werden anschließend z. B. recycelt oder einer thermischen Verwertung bzw. Behandlung zugeführt.

### 5.1.3.5.3 Destillat/Brüdenkondensat

Leicht- und wasserdampfliche Stoffe befinden sich im Brüdenkondensat (Eindampfung) bzw. im Destillat (Destillation), wobei auch organische Anteile enthalten sein können. Der gereinigte Strom wird anschließend weiterbehandelt, siehe dazu Kapitel 5.1.3.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung.

### 5.1.3.6 Vor- und Nachteile der Verfahren

Nachfolgend werden die Vor- und Nachteile der Eindampfung und Destillation dargestellt.

Tabelle 14: Vor- und Nachteile von Eindampfungs- und Destillationsverfahren [4]

Verfahren	Vorteile	Nachteile
Eindampfung	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffrückgewinnung,</li> <li>• Verringerung der Abwassermenge,</li> <li>• Ermöglicht die Abtrennung refraktärer und/oder toxischer organischer Verbindungen,</li> <li>• Verringerung von Menge und Volumen gefährlichen Abfalls,</li> <li>• Thermisch verwertbare bzw. behandelbare Ölphase.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgung der Rückstände, falls diese nicht recycelt werden können,</li> <li>• Verunreinigung des Kondensats durch flüchtige Verunreinigungen, nachfolgende Behandlung notwendig,</li> <li>• Hoher Energieverbrauch</li> <li>• Anfällig gegenüber Fouling, Korrosion und Schäumen.</li> </ul>
Destillation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Stoffrückgewinnung,</li> <li>• Ermöglicht Entfernung refraktärer und/oder toxischer organischer Verbindungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entsorgung der Rückstände notwendig,</li> <li>• Hoher Energieverbrauch.</li> </ul>

### 5.1.3.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Das Kondensat aus der Eindampfung und das Destillat aus der Destillation können mit den nachfolgenden Verfahren nachbehandelt werden (vgl. Tabelle 15):

Tabelle 15: Verfahren und zugehörige Einsatzgebiete

Verfahren	Reduzierung von
Umkehrosmose	organische Stoffe
Ultrafiltration	Kohlenwasserstoffe
Adsorption	organische Stoffe
Oxidation	organische Stoffe
Destillation	Kohlenwasserstoffe, Salze
Biologische Behandlung	organische Stoffe

### 5.1.4 Strippung

Bei der Strippung werden flüchtige Bestandteile aus flüssigen Gemischen physikalisch in die Gasphase überführt. Das Austreiben dieser Schadstoffe erfolgt mittels Luft oder Dampf. Die Ausführung der Strippanlagen hängt von den zu entfernenden flüchtigen Stoffen, und inwiefern diese anschließend weiterbehandelt werden, ab. In der Regel folgt auf die Strippung eine Abgasreinigung mittels Adsorption oder Kondensation, um die Stoffe aus dem Stripppgas zu entfernen und diese wiederzuverwerten.

Dieses Verfahren wird vorrangig als Vorbehandlung des Abwassers eingesetzt, da im Gegensatz zur direkten Behandlung des Abwassers in einem Adsorber, bei der Strippung Stoffe selektiv entfernt werden d. h., es werden nur flüchtige Stoffe aus dem Abwasser entfernt, welche anschließend in reiner Form zurückgewonnen werden können. [6]

Folgende leichtflüchtige Stoffe können mit diesem Verfahren aus wässrigen Lösungen entfernt werden:

- Schwefelwasserstoff,
- Ammoniak,
- Leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe und
- Chlorkohlenwasserstoffe.

#### 5.1.4.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen,
- Ammoniaklösungen (Salmiakgeist),
- Hypochloritablauge,
- Fixierbäder,
- Konzentrate, cyanidhaltig,
- Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig,
- Lösemittel-Wasser-Gemische mit halogenierten Lösemitteln,
- Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierten Lösemitteln,
- Sickerwasser aus AbfalldPONen,
- Wasch- und Prozesswässer,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: lösemittelhaltiger Schlamm mit und ohne halogenierte organische Bestandteile, Kunststoffschlämme.

### 5.1.4.2 Anforderungen an das Verfahren

Um ein optimales Trennergebnis zu erzielen, müssen während der Behandlung des flüssigen Gemisches folgende Parameter überwacht werden: pH-Wert, Zulauf, Druck, Temperatur, Flüssigkeitsstandes und die Rücklauftrate der Kolonne.

Die Überwachung des pH-Wertes ist besonders bei Abtrennung von Ammoniak und Schwefelwasserstoff notwendig, da deren Flüchtigkeit stark von Temperatur und pH-Wert abhängig ist. Bei Ammoniak muss der pH-Wert über 9,5 und bei Schwefelwasserstoff zwischen 2 und 3 liegen. [4]

Die eigentliche Strippestufe und die nachfolgende Stripppgasbehandlung, welche wesentliche Verfahrensschritte sind, müssen für eine effiziente Behandlung aufeinander abgestimmt werden.

### 5.1.4.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Durch den Kontakt des Abwassers mit einem Gasstrom hoher Geschwindigkeit im Gegenstrom, werden die flüchtigen Bestandteile der Flüssigphase in die Gasphase überführt. Allgemein wird unterschieden zwischen Luft- und Dampfstrippung.

Die Dampfstrippung wird für Verbindungen verwendet, welche weniger flüchtige und/oder weniger empfindlich sind. Das Abwasser wird zu Beginn vorgewärmt und mit Hilfsstoffen versetzt. Anschließend wird es im Gegenstrom zum Dampf in die Stripperkolonne geleitet. Der Stoffaustausch findet dabei an den Kolonnenböden statt. Der benötigte Dampf wird gewöhnlich durch die Nutzung von Abwärme erzeugt, oder von einer bereits vorhandenen Dampferzeugungsanlage geliefert, wodurch diese Art der Strippestufe erst wirtschaftlich sinnvoll wird. [4]

Die Strippestufe mit Luft wird für stark flüchtige und temperaturempfindliche Verbindungen verwendet, wobei diese mit oder ohne Beheizung der Kolonne verfahrenstechnisch umgesetzt wird. Aus wirtschaftlichen Gründen sollte auch hier die Heizenergie aus der Nutzung der Prozesswärme geliefert werden.

Bei niedrigen Konzentrationen von < 200 ppm im Abwasser ist das Strippen mit Luft gut geeignet. Um VOC-Konzentrationen im Wasser auf niedrige Werte (im ppb-Bereich) zu senken, wird das Strippen mit Dampf eingesetzt. [3]

Bei diesem Verfahren unterscheidet man folgende Bauweisen:

- Füllkörperstrippkolonnen: Abwasser wird über Sprühdüsen auf den Füllkörper verteilt. Das gereinigte Wasser wird dabei im Bodensumpf gesammelt und das Stripppgas im Gegenstrom durch den Füllkörper geführt. Der Füllkörper dient dazu, die Flüssigkeit fein zu verteilen und somit die Phasengrenzfläche zu maximieren.
- Strippebehälter.

Die verschiedenen Verfahren können kontinuierlich oder chargenweise betrieben werden, wobei der Chargenbetrieb eine bessere Energieeffizienz und Leistung garantiert.

Anlagenkomponenten [4]:

- Puffertank für das Abwasser,
- Behälter für die Vorbehandlung (pH-Wert Einstellung),
- Eine oder mehrere Stripppkolonnen,
- Vorwärmer für den Zulauf (Nutzung der Abwärme des Stripppdampfcondensators),
- Luft- oder wassergekühlter Kondensator,
- Abgasbehandlungsanlage.

#### 5.1.4.4 Hilfsstoffe

Für die Strippung werden dem Abwasser je nach Zusammensetzung Hilfsstoffe zugesetzt, um das Verfahren zu optimieren. Die verwendeten Hilfsstoffe sind in Tabelle 16 zusammengefasst.

Tabelle 16: Hilfsstoffe bei der Strippung [2], [4]

Hilfsstoff	Verwendung
Natronlauge	pH-Wert Einstellung
Schwefelsäure	Abscheidung von Ammoniumsulfat aus dem Ammoniakwasser
Antifouling-Mittel	Verhindert das Fouling (hohe Anfälligkeit der Wärmetauscher durch Fouling)

#### 5.1.4.5 Emissionen

##### 5.1.4.5.1 Abluft

Die Abluft aus der Luftstrippung ist mit allen flüchtigen Stoffen wie z. B. Ammoniak, Schwefelwasserstoffe, Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe angereichert. Eine Nachbehandlung ist unbedingt notwendig, um flüchtige Stoffe aus der Gasphase zu entfernen, z. B. durch [4]:

- Adsorption in nicht wässrigen Lösemitteln und nachfolgender Desorption,
- Adsorption in wässrigen Lösungen, wie starken Säuren (Adsorption von Ammoniak),
- Kondensation oder Teilkondensation und nachfolgende Behandlung,
- Thermische oder katalytische Oxidation.

Gerüche können bei der Strippung durch freiwerdende organische Substanzen oder durch Schwefelwasserstoff entstehen und können durch entsprechende Abdichtungen der Anlagenteile minimiert werden. Die Absaugung und Nachbehandlung der Abluft ist anzustreben.

#### 5.1.4.5.2 Stripperkondensat

Bei der Dampfstrippung sind alle flüchtigen Stoffe aus dem Abwasser im Stripperkondensat angereichert. Wie auch bei der Abluft aus der Luftstrippung ist auch eine Nachbehandlung des Kondensats notwendig. Wurde Ammoniak aus dem Abwasser entfernt, kann dieses durch Zugabe von Schwefelsäure in einem weiteren Verfahrensschritt unter Abscheidung von Ammoniumsulfat aus dem Kondensat entfernt werden. Bei Abwässern mit hohen Ammoniakgehalten ist eine Strippung als Vorbehandlung anzustreben, um die Konzentration vor der weiteren Behandlung zu senken.

#### 5.1.4.5.3 Gereinigter Abwasserstrom

Der gereinigte Strom, bezeichnet als Sumpfprodukt, enthält alle nicht strippbaren, schwerflüchtigen Bestandteile des Abwassers und muss, je nach geforderten Konzentrationen weiterbehandelt werden. Die erreichbaren Emissionswerte dieses Verfahrens sind in Tabelle 66 in Anhang I aufgelistet.

#### 5.1.4.6 Vor- und Nachteile des Verfahrens

Nachfolgende Tabelle 17 zeigt die Vor- und Nachteile der Strippung als Behandlungsverfahren bei Abwässern.

Tabelle 17: Vor- und Nachteile der Strippung [2], [4]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Eliminationsraten</li> <li>• Stoffrückgewinnung möglich</li> <li>• Geringer Druckverlust</li> <li>• Geringer Energieverbrauch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Unter bestimmten Bedingungen hohe Anfälligkeit für Fouling (Fe &gt;5 mg/L, Wasserhärte &gt;800 mg/L). Verwendung von Antifouling-Hilfsmitteln notwendig</li> <li>• Strippgas muss nachbehandelt werden</li> <li>• Häufige Reinigung der Kolonnen notwendig</li> </ul>

### 5.1.4.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Das entstandene Sumpfprodukt wurde bei der Strippung nur von bestimmten Schadstoffen befreit und muss deshalb, je nach Inhaltsstoffen, chemisch-physikalisch weiterbehandelt werden.

Der Dampf bzw. die Abluft aus der Strippung enthält in hohen Konzentrationen flüchtige Stoffe wie Ammoniak, Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe, Schwefelwasserstoffe und leichtflüchtige organische Stoffe. Nach der Kondensation des Dampfes wird das Kondensat bzw. die Abluft je nach den Erfordernissen weiterbehandelt. Siehe dazu auch Kapitel 5.1.4.5.1 und Kapitel 5.1.4.5.2. Tabelle 18 gibt einen Überblick über die Behandlungsverfahren für das Kondensat und die Abluft.

Tabelle 18: Mögliche Behandlungsverfahren für Kondensat und Abluft (Strippung) [2]

	Inhaltsstoff	Behandlungsverfahren
Kondensat	Ammoniak	Eindampfung: Ansäuern und Abscheiden von Ammoniumsulfat
	(chlorierte) Kohlenwasserstoffe	Nassoxidation, Ozonisierung, Biologischer Abbau, Extraktion, Thermische Behandlung
Abluft	Ammoniak	Abluftwäsche, katalytische Oxidation zu Stickstoff
	(chlorierte) Kohlenwasserstoffe	Adsorption an Aktivkohle mit anschließender Rückgewinnung.

Abbildung 11 zeigt die Verfahrenskombination einer Strippung (Vorbehandlung) mit nachfolgender Verdampferanlage wieder.

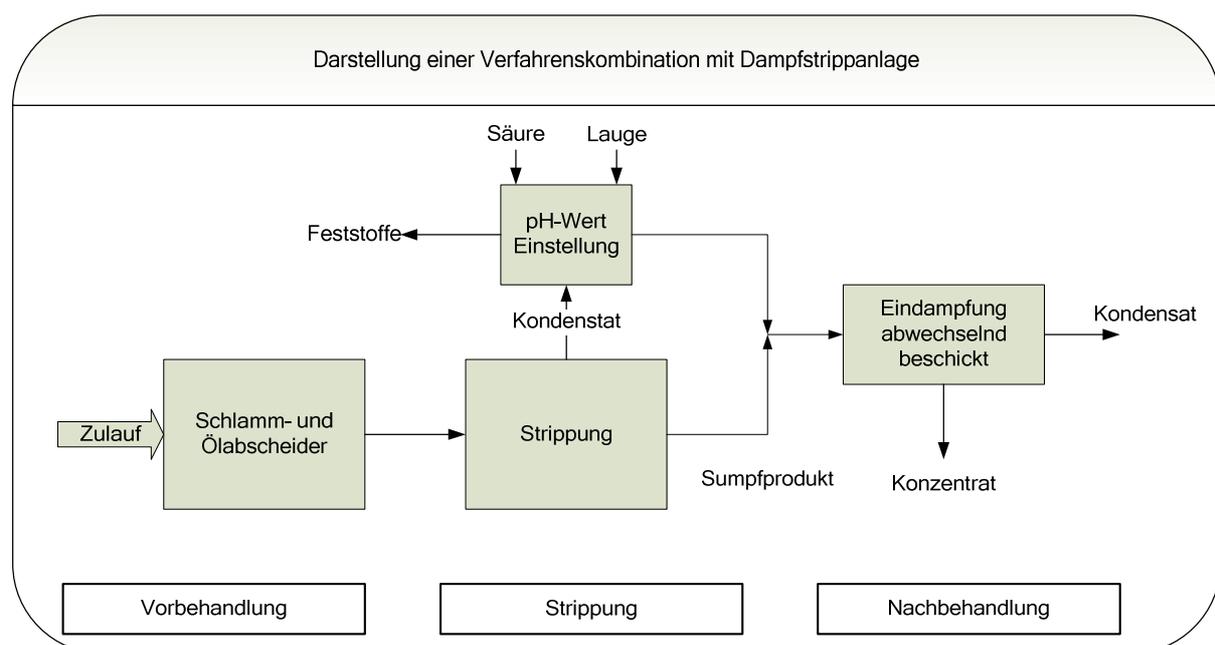


Abbildung 11: Verfahrenskombination mit Dampfstrippanlage [2]

### 5.1.5 Membranfiltration

Zu den Membranverfahren zählen Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration und die Umkehrosiose. Alle Verfahren beruhen auf dem gleichen Funktionsprinzip und unterscheiden sich im Wesentlichen in der Porengröße der verwendeten Membranen. Abbildung 12 veranschaulicht die Trenngrenzen der verschiedenen Membranverfahren.

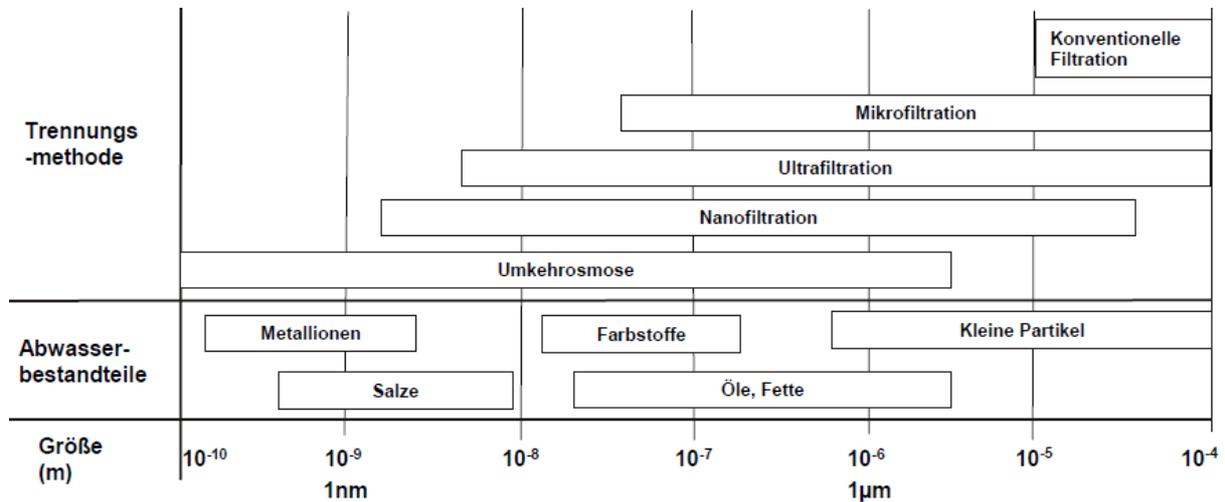


Abbildung 12: Trenngrenzen verschiedener Membranverfahren [3]

- Mikrofiltration (MF) ( $>0,6 \mu\text{m}$ ,  $>500.000 \text{ g/mol}$ ),
- Ultrafiltration (UF) ( $0,1 - 0,01 \mu\text{m}$ ,  $1000 - 500.000 \text{ g/mol}$ ),
- Nanofiltration (NF) ( $0,01 - 0,001 \mu\text{m}$ ,  $100 - 1.000 \text{ g/mol}$ ),
- Umkehrosiose (UO) ( $<0,001 \mu\text{m}$ ,  $<100 \text{ g/mol}$ ). [3]

Wie in Abbildung 13 grafisch dargestellt strömt im Gegensatz zu konventionellen Filterverfahren bei den Membranverfahren das Medium parallel zur Membran, wodurch ein Verstopfen der Membran weitgehend verhindert werden kann. Das Filtrat (Permeat) dringt dabei durch die Membran, während das Konzentrat (Retentat) im Kreislauf geführt und dabei kontinuierlich aufkonzentriert wird. Triebkraft hierbei ist die Druckdifferenz entlang der Membran.

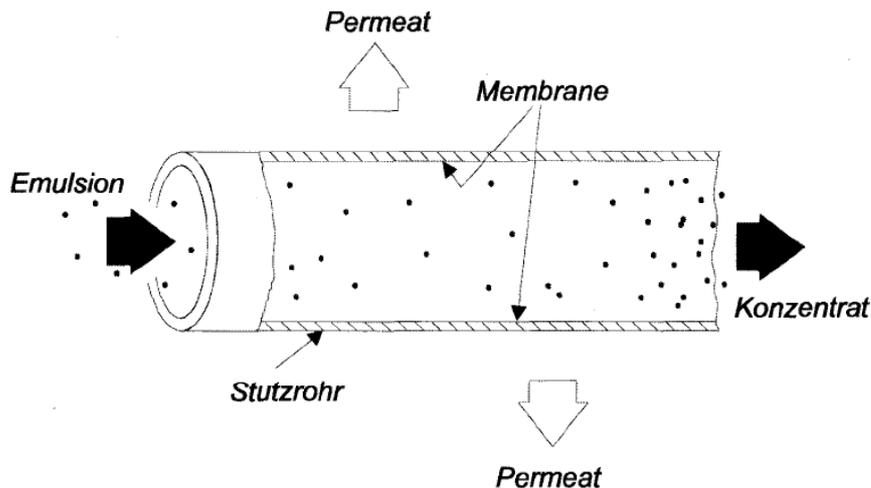


Abbildung 13: Trennprinzip Rohrmembran [1]

Für die mechanische Abtrennung von ungelösten Stoffen und unlöslichen Flüssigkeiten wird die Mikro- und Ultrafiltration angewendet, wohingegen bei anorganischen/biologisch nicht abbaubaren/schwer abbaubaren löslichen Flüssigkeiten, Nanofiltration und Umkehrosmose zum Einsatz kommen. Tabelle 65 in Anhang I enthält Angaben zu den Eigenschaften der einzelnen Verfahren der Membranfiltration.

Nachfolgend werden die Ultrafiltration und die Umkehrosmose näher beschrieben. Die Ultrafiltration wird zur Abtrennung hochmolekularer, meist organischer Komponenten eingesetzt – Verfahren für die Abtrennung von Feststoffen und zur Aufkonzentrierung von Emulsionen und ölhaltigen Lösungen. Bei der Umkehrosmose werden vorwiegend ionogene Stoffe einer Lösung erfasst. Sie wird z. B. auch für die Entsalzung von Abwässern eingesetzt.

### 5.1.5.1 Ultrafiltration

Bei der Ultrafiltration strömt die zu filtrierende Lösung parallel zur Membran und unter Anlegung eines Druckes dringt das Filtrat (Permeat) durch die Membran, wodurch es zur Trennung der Lösung und zur Aufkonzentrierung des Konzentrates (Retentat) kommt. Durch die Verwendung von feinporigen Membranen werden höhermolekulare Substanzen und dispergierte flüssige und feste Stoffe zurückgehalten, während Lösungsmittel und niedermolekulare, gelöste Stoffe die Membran durchdringen. [2]

Die Trenngrenze liegt zwischen 0,1 und 0,01  $\mu\text{m}$ , weshalb dieses Verfahren hauptsächlich zur Aufkonzentrierung von Emulsionen und ölhaltigen Lösungen eingesetzt wird [1].

Übliche Anwendungen bei der Ultrafiltration sind: [4]

- Lebensmittelindustrie,
- Papierindustrie: Aufkonzentrierung von Bleicherei-Abwasser,

- Entfernung nicht toxischer Schadstoffe, wie Proteinen und anderen makromolekularen Verbindungen und toxischen nicht abbaubaren Verbindungen, z. B. Farben und Lacke, mit Molekulargewichten über 1000 g/mol,
- Trennung von Öl/Wasser-Emulsionen,
- Abtrennung von Schwermetallen nach Komplexbildung oder Fällung,
- Abtrennung von Verbindungen, die in biologischen Abwasserreinigungsanlagen schwer abbaubar sind,
- Als Vorbehandlung vor Umkehrosmose oder Ionenaustausch.

Die Triebkraft des Verfahrens ist die Druckdifferenz entlang der Membran. Bei der Ultrafiltration liegt der Betriebsdruck zwischen 0,2 und 1 MPa. [4]

#### 5.1.5.1.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen,
- Öl, Fett- und Wachsemlusionen,
- Synthetische Kühl- und Schmiermittel,
- Bohr-, Schleifölemulsionen, Emulsionsgemische,
- Honöle,
- Sonstige Öl-Wassergemische,
- Abfallsäure, mineralölhaltig,
- Kunststoffdispersion,
- Kunststoffemulsion,
- Latex-Emulsion,
- Sickerwasser aus Abfalldetonen,
- Wasch- und Prozesswässer,
- Wässrige Phase aus vorgeschalteten Behandlungsverfahren: sonstige verunreinigte Böden, Sandfanginhalte (öl- und kaltreinerhaltig), Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte), Laborabfälle und Chemikalienreste.

#### 5.1.5.1.2 Anforderungen an das Verfahren

Eine Vorreinigung der zu filtrierenden Lösung ist notwendig, um den Verfahrensablauf der Ultrafiltration nicht zu beeinträchtigen. Dies umfasst die Abtrennung von groben, ungelösten Verunreinigungen und von freiem Öl. Die in Tabelle 19 angeführten Stoffe können den Prozessablauf negativ beeinflussen. Ihr Einfluss hängt aber stark vom Membranwerkstoff und der Modulart ab [2].

Tabelle 19: Mögliche Störungen bei der Ultrafiltration [2]

Stoffart	Auswirkung	Beseitigung
Feststoffe mit Korngröße >0,5 mm	Verstopfung, Verschleiß der Membran	geeignete Vorreinigungsmaßnahmen z. B. Siebanlagen <0,1 mm Maschenweite
Lösungsmittel	Aufquellen der Membran, Strukturänderung, Durchlässigkeit sinkt (nur bei Polymermembranen nicht bei anorganischen Membranen)	Einleitung in die Anlage verhindern
Laugen und Säuren mit extremen pH-Werten	Evtl. Zerstörung des Membranwerkstoffs (Flusssäure bei Keramikmembranen)	Regulierung des pH-Wertes
Org. Stoffe (bei Celluloseacetatmembranen)	Membranschädigung durch Fäulnis	mittels Bakterizide
Silikon (ab 0,1 %)	Verblockung der Membranen (bei anorganischen Membranen)	Einleitung in die Anlage verhindern
freies Öl (ab 0,1 %)	Verblockung der Membranen	Einleitung in die Anlage verhindern

Die Verwendung eines Ultrafiltrationssystems setzt voraus, dass folgende Parameter ständig überwacht werden [3]:

- pH-Wert,
- Durchsatz,
- elektrische Leitfähigkeit,
- Druck, Temperatur,
- Ölgehalt,
- Permeatmenge und/oder Qualität des Permeats (z. B. Trübungswert, Kohlenwasserstoffe),
- Cyanide, Nitrite, Chromate,
- Feststoffgehalt.

#### 5.1.5.1.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik

Die Trennung erfolgt in Filtrat (Permeat) und Konzentrat (Retentat). Im Konzentrat reichern sich höhermolekulare und dispergierte flüssige und feste Stoffe an, wodurch es zu einem Viskositätsanstieg und einem erhöhten Druckabfall im Modul kommt. Durch die Bildung einer Deckschicht auf der Oberfläche der Membran wird das Verfahren negativ beeinflusst, da dies eine Abnahme der Filtratstromdichte zur Folge hat. Durch die Variation des Betriebsdruckes

und der Strömungsgeschwindigkeit sowie der Erhöhung der Temperatur kann die Filtratstromdichte verbessert werden. Abbildung 14 zeigt eine einstufige Ultrafiltrationsanlage.

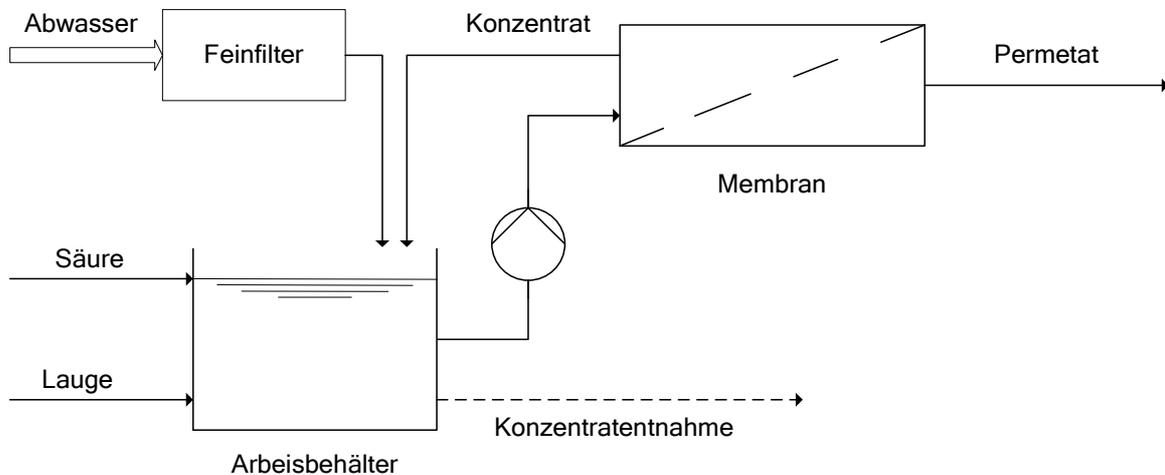


Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Ultrafiltrationsanlage [2]

Die wesentlichen Bestandteile einer Ultrafiltrationsanlage sind:

- Feinfilter zum Schutz der Membran,
- Arbeitsbehälter als Sammelbehälter für Zufluss und Konzentrat, zur evtl. pH-Wert Einstellung und zur Erwärmung (Ölabtrennung)
- Pumpe zur Druckerzeugung und Zuführung der Lösung,
- Membran zur Trennung der Inhaltsstoffe,
- Rückspül- und Reinigungseinrichtung für Membranen.

Die Anlage kann einstufig/mehrstufig und kontinuierlich/diskontinuierlich betrieben werden. Bei der kontinuierlichen Schaltung wird das Konzentrat fortlaufend entnommen und die Verschmutzung der Membranen ist geringer, da es zu keiner Aufkonzentrierung kommt.

### Membranen

Für eine optimale Trennleistung des zu behandelnden Abwassers ist die Auswahl des Membranmoduls und somit des Membranwerkstoffes, von besonderer Bedeutung. Geeignete Membranmaterialien für die Ultrafiltration sind gewöhnlich organische Polymere wie z. B.: Celluloseacetat, Polyamid, Polyimid, Polycarbonat, Polyvinylchlorid, Polysulfon, Polyethersulfon, Polyacetal, Copolymere von Acrylnitril und Vinylchlorid, Polyelektrolytkomplexe, vernetzter Polyvinylalkohol oder Polyacrylate. [4] Neben Polymermembranen werden immer häufiger anorganische Membranwerkstoffe verwendet (Siliziumkarbid, Aluminiumoxid). Vorteile von Keramikmembranen gegenüber organischen Membranen sind: bessere Beständigkeit gegenüber Temperatur und Chemikalien, pH-

Arbeitsbereich von 0-14 möglich, 4-5 fache Lebensdauer gegenüber organischen Membranen, bessere Rückspülbarkeit.

Für die Behandlung von Abwasser werden vorwiegend Rohr- und Kapillarmodule eingesetzt. Membranmodule mit weiten Kanälen bieten nur geringe spezifische Oberflächen und sind aus wirtschaftlicher Sicht nicht rentabel. Enge Kanäle weisen hohe Druckverluste auf und neigen bei der Aufkonzentrierung von Suspensionen zur Verstopfung.

In der Tabelle 20 werden die Vor- und Nachteile der Membrantechnologien gegenübergestellt.

Tabelle 20: Vor- und Nachteile der Membrantechnologien

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geeignet für hoch und niedrig belastete Abwässer</li> <li>• unabhängig von der Art, Konzentration oder Stabilität zur Emulsionstrennung verwendbar</li> <li>• geringer Chemikalieneinsatz (Reinigung der Membran)</li> <li>• Automatisierung möglich</li> <li>• Geringer Personalaufwand</li> <li>• Geringer Platzbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstopfung, Zersetzung und Foulingprozesse sind möglich</li> <li>• CSB im Auslauf</li> <li>• Verdichtung bei Vorhandensein von Weichmachern</li> <li>• Hoher Betriebsdruck, deshalb viel Energie für Pumpen</li> <li>• Keine mechanische Stabilität</li> </ul>

#### 5.1.5.1.4 Hilfsstoffe

In einer Ultrafiltrationsanlage werden folgende Hilfsstoffe eingesetzt:

- Säuren und Laugen zur pH-Wert-Einstellung,
- Bakterizide zum Schutz vor Fäulnis (Celluloseacetatmembran),
- Spüllösungen, Klarwasser für die Schnellreinigung der Anlagen,
- Reinigungskemikalien für eine vollständige Reinigung (z. B. Zitronensäure).

#### 5.1.5.1.5 Emissionen

##### 5.1.5.1.5.1 Abluft

Lösungen, die einen hohen organischen Anteil besitzen, können zu einer Geruchsbelästigung durch Fäulnis führen. In der Regel auftretende Betriebstemperaturen von ca. 30 bis 40 °C begünstigen dies.

#### 5.1.5.1.5.2 *Konzentrat (Retentat)*

Das Konzentrat weist etwa 10 % des ursprünglichen Volumens des Zulaufes, in welchem die Zielschadstoffe gegenüber dem ursprünglichen Zulauf in etwa 10-facher Konzentration vorhanden sind, auf. Eine Untersuchung und Beurteilung des Konzentrats sollte vorgenommen werden, um den Entsorgungsweg oder die Nachbehandlung festzulegen. [4]

Das Konzentrat enthält mechanische Verunreinigungen (z. B. Sand, Staub), die durch eine Vorfiltration nicht erfasst wurden, anorganische Stoffe (z. B. Metalloxide und -hydroxide) sowie höher molekulare organische Stoffe (z. B. Mineralöle). Eine Weiterbehandlung des Konzentrats ist möglich durch: [2]

- Weitere Aufkonzentrierung (Eindampfung),
- Thermische Behandlung (Verbrennung),
- Verwendung von Ölkonzentraten als Brennstoff (z. B. in der Zementindustrie als Ersatzbrennstoff),
- Trennung der Öl- und Wasserphase und anschließende Altölaufbereitung.

#### 5.1.5.1.5.3 *Filtrat (Permeat)*

Das Filtrat besteht hauptsächlich aus Wasser, wobei die Bestandteile abhängig vom Input aller wasserlöslichen Stoffe sind. Es kann z. B. enthalten:

- Wasserlösliche Stoffe: Laugen, Salze (Sulfate, Phosphate, Chloride) und möglicherweise vorhandene Schwermetallverbindungen,
- Wasserlösliche, organische Stoffe: Komplexbildner, Glukonate, Triethanolamin, Glykole und teilweise Tenside (ionogene und nichtionogene).

Die mittels Ultrafiltration nicht abzutrennenden organischen, wasserlöslichen Stoffe bestimmen den CSB, welcher im Bereich zwischen 1.000 und 40.000 mg O<sub>2</sub>/L liegen kann [1]. Enthält das Filtrat Inhaltsstoffe, die eine Ableitung in die Kanalisation nicht zulassen, oder werden Grenzwerte überschritten, ist eine Nachbehandlung notwendig.

### 5.1.5.1.6 Input-Output-Bilanz

Abbildung 15 zeigt schematisch die Stoffströme einer Ultrafiltrationsanlage.

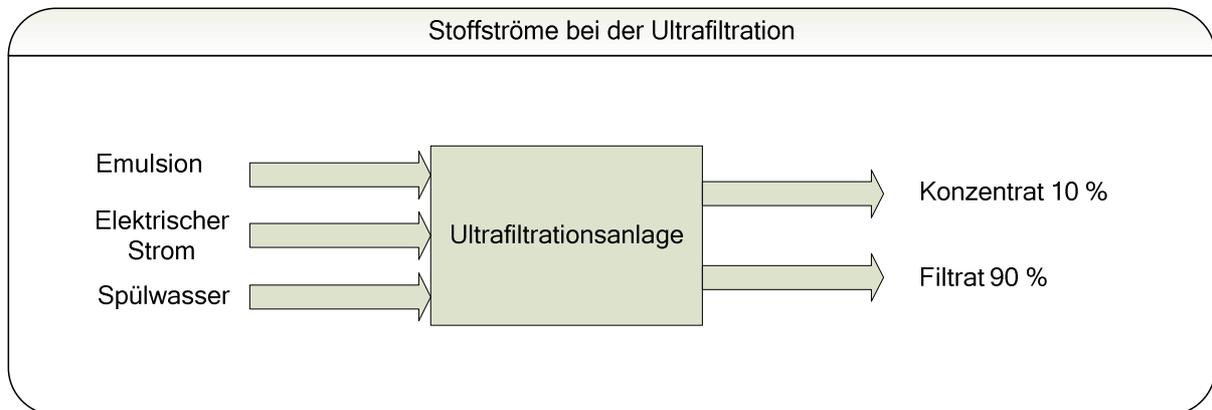


Abbildung 15: Stoffströme bei der Ultrafiltrationsanlage

### 5.1.5.1.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die Verwendung einer Ultrafiltrationsanlage erfordert Vor- und Nachbehandlungsstufen. Der gesamte Verfahrensablauf ist in Abbildung 16 dargestellt. Mögliche oder notwendige Nachbehandlungsverfahren des Konzentrats, sind thermische Behandlung und/oder die Trennung der Öl- und Wasserphase z. B. mittels Zentrifugen oder Eindampfung. Das Filtrat kann je nach Inhaltsstoffen einer Entgiftung, Neutralisation, Fällung oder einer Umkehrosroseanlage zugeführt werden.

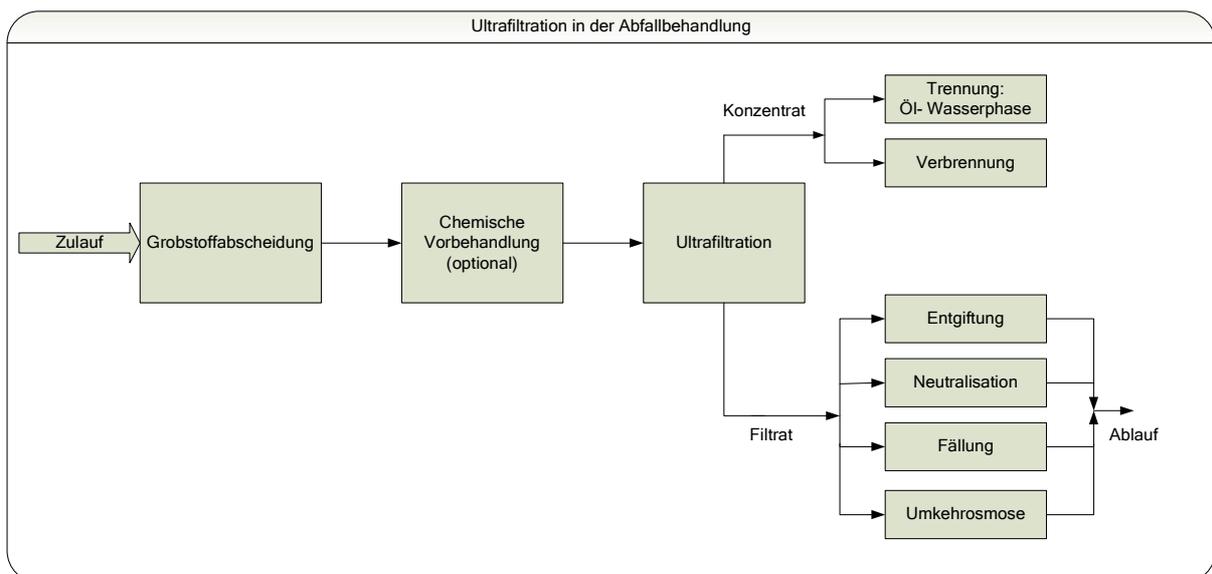


Abbildung 16: Ultrafiltration in der Abfallbehandlung

### 5.1.5.2 Umkehrosmose

Wird reines Wasser und eine wässrige Lösung durch eine semipermeable Membran getrennt, kommt es zu einem Stofftransport, welcher Osmose bezeichnet wird. Zum Ausgleich des Konzentrationsgefälles dringt reines Wasser durch die Membran in die wässrige Lösung. Dabei entsteht in der wässrigen Lösung ein Druck, der osmotische Druck. Die Umkehrosmose ist ein Verfahren, bei dem dieser Vorgang durch Anlegen eines äußeren Druckes, der größer als der osmotische Druck ist, umgekehrt wird. Wasser aus der wässrigen Lösung wird durch die semipermeable Membran in die Reinwasserphase gepresst, während die Inhaltsstoffe der Lösung zurückgehalten werden. Die Trennung der Lösung erfolgt in das Konzentrat und in den gereinigten Strom (Permeat), der weitestgehend von Inhaltsstoffen befreit ist und nur noch geringe Restkonzentrationen aufweist.

Die Umkehrosmose wird zur Abtrennung von gelösten Stoffen, wie Salze und Makromoleküle, aus einer Flüssigkeit eingesetzt. Dieses Verfahren wird eingesetzt, wenn ein hoher Reinheitsgrad gefordert wird. Die Trenngrenze der Umkehrosmose ist  $<0,001 \mu\text{m}$ . Umkehrosmoseanlagen werden mit höheren Betriebsdrücken betrieben als Ultrafiltrationsanlagen, dieser liegt zwischen 2 und 100 MPa.

#### 5.1.5.2.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen,
- Säuren und -gemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher),
- Laugen und -gemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher),
- Gerbereibrühe,
- Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig,
- Konzentrate, metallsalzhaltig (Nitratlösungen, Entroster),
- Spül-, Waschwässer, metallsalzhaltig,
- Sonstige, wässrige Konzentrate,
- Sickerwasser aus AbfalldPONien,
- Wasch- und Prozesswässer,
- Aufkonzentrierung von Deponiesickerwasser,
- Wässrige Phase aus vorgeschalteten Behandlungsverfahren: Gerbereischlamm, Emailleschlamm, Schlämme aus Fällung, Löseprozessen mit schädlichen Beimengungen, Galvanikschlämme mit Beimengungen, Sandfanginhalte, Ölabscheiderinhalte.

### 5.1.5.2.2 Anforderungen an das Verfahren

Folgende Stoffarten können die Arbeitsweise der Membranen beeinträchtigen oder schädigen (vgl. Tabelle 21): [2]

Tabelle 21: Mögliche Störungen bei der Umkehrosmose [2]

Stoffart	Auswirkung	Beseitigung
suspendierte Partikel	Verunreinigung und Verblockung	geeignete Vorreinigungsmaßnahmen
organische und kolloidale Substanzen	Verunreinigung, Belagbildung (Fouling)	geeignete Vorreinigungsmaßnahmen
Mikroorganismen	Verunreinigung	Desinfektion
Ausfällungsprodukte (Metallhydroxide, Metalloxidhydrate, Calcium- und Magnesiumionen)	Verunreinigung, Inkrustation (Scaling)	Phosphat-, Säuredosierung; vorgeschalteter Kationenaustauscher
Oxidationsmittel	Membranschädigung	Einleitung in die Anlage verhindern
org. Lösemittel	Membranschädigung	vorherige Entfernung durch Strippen oder Adsorption
extreme pH-Werte	Membranschädigung	pH-Wert Regulierung

Fouling: Bezeichnung der Belagbildung auf der Membran durch organische und/oder kolloidale Substanzen.

Scaling: Bezeichnung der Salzablagerung auf der Membran durch Überschreiten der Löslichkeit bei der Aufkonzentrierung.

### 5.1.5.2.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Bei der Umkehrosmose wird die zu behandelnde Lösung tangential an der Membranfläche vorbeigeführt d. h., der Permeatfluss ist senkrecht zum Zulaufstrom. Die Verunreinigungen verbleiben im Zulaufstrom, wodurch es zur Aufkonzentrierung und Volumenreduktion des Abfallstromes kommt. Abbildung 17 zeigt den grundsätzlichen Aufbau einer Umkehrosmoseanlage mit den wesentlichen Bestandteilen. Um die erforderlichen Kapazitäten zu gewährleisten, werden die Membranmodule parallel oder in Reihe, zur Steigerung der Leistungsfähigkeit, angeordnet.

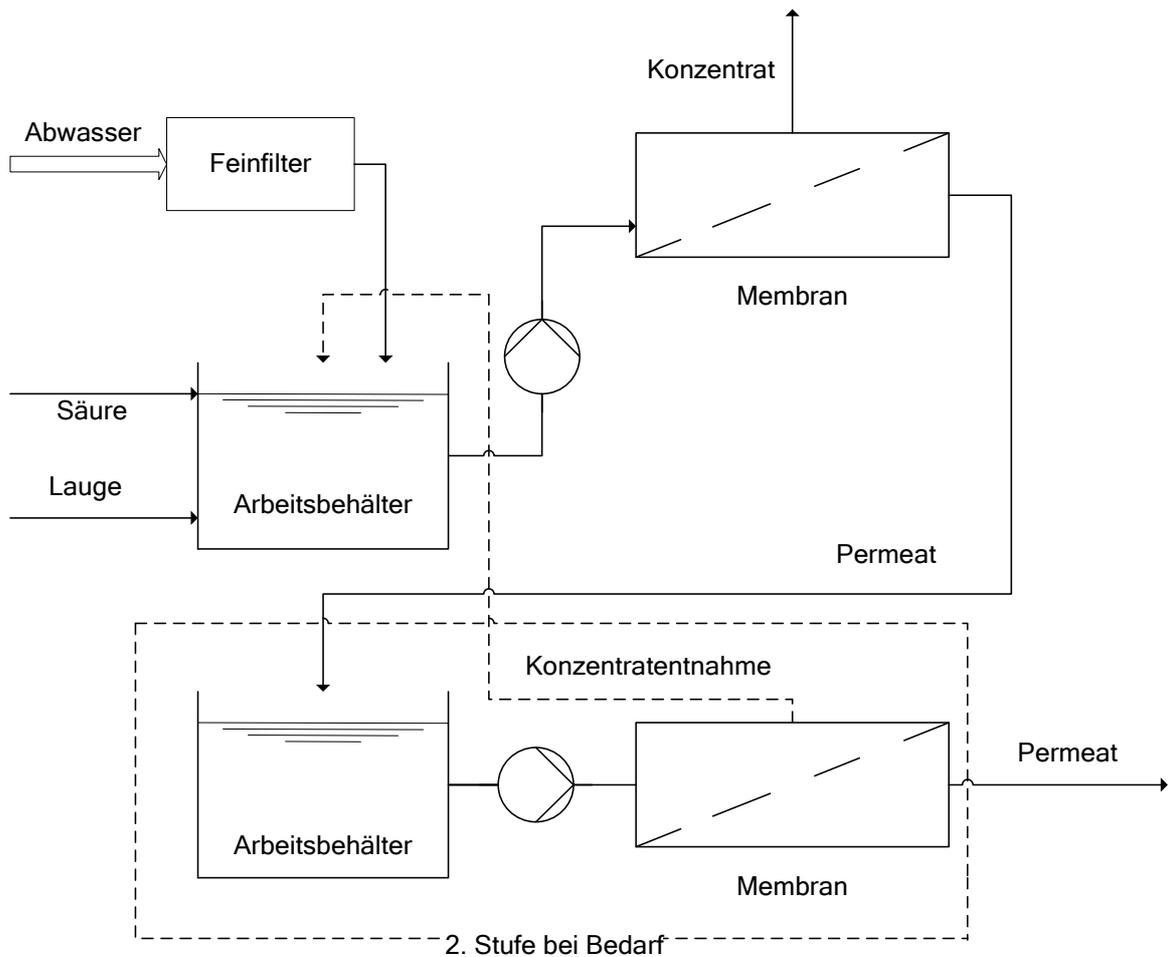


Abbildung 17: Schematische Darstellung einer Umkehrosmoseanlage mit optionaler Darstellung einer 2. Stufe zur Permeat-Reinigung [2]

Die wesentlichen Bestandteile einer Umkehrosmoseanlage sind: [2]

- Feinfilter zum Schutz der Membran, Teilchen können Ablagerungen verursachen,
- Arbeitsbehälter als Sammelbehälter für Zulaufschwankungen,
- Pumpe zur Druckerzeugung und Zuführung der Lösung,
- Membran zur Trennung des Gemisches.

### Membranen

Für die Behandlung von Abwässern mittels Umkehrosmose haben sich polymer asymmetrische Membranen und Compositmembranen bewährt. Die asymmetrischen Membranen bestehen aus einer dünnen fast porenfreien Trennschicht, die in eine immer poröser werdende Schicht übergeht, welche als Stützschiicht bezeichnet wird. Bei Compositmembranen sind die Trennschicht und die Stützschiicht aus unterschiedlichen Materialien. Membranmaterialien sind organische Polymere, wie: Celluloseacetate, Polyamide, Polyimide, Polycarbonate, Polyvinylchlorid, Polysulfone, Polyethersulfone,

Polyacetate, Acrylnitril- und Vinylchlorid-Kopolymere, Polyelektrolytkomplexe, vernetzte Polyvinylalkohole, Polyacrylate.

Modularten für die Umkehrosiose sind Tabular-, Flächenmembranen- und Hohlfasermodule. Vor- und Nachteile werden in der Tabelle 22 gegenübergestellt.

Tabelle 22: Vor- und Nachteile bei der Umkehrosiose

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Trennleistung</li> <li>• Modulare Systeme, d. h. flexibel im Einsatz</li> <li>• Recycling von Permeat und Konzentrat möglich</li> <li>• Trennung von Komponenten ohne chemische/thermische Veränderung</li> <li>• Möglichkeit der Vollautomatisierung</li> <li>• Geringer Platzbedarf</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verstopfung und Foulingprozesse möglich</li> <li>• Verdichtung bei Anwesenheit von Weichmachern</li> <li>• Hohe Drücke notwendig. Geringe Permeatflüsse.</li> </ul>

### Überwachung

Druckdifferenz und Fluss entlang der Membran müssen kontinuierlich überwacht werden, um einen optimalen Betrieb zu garantieren.

In der Tabelle 23 sind die erreichbaren Emissionswerte/Wirkungsgrade für die Umkehrosiose aufgelistet.

Tabelle 23: Erreichbare Emissionswerte/Wirkungsgrade [4]

Parameter	Eliminationsgrad bei der UO [%]
Atrazin	84-97
γ-Hexachlorcyclohexan	99
DDT	100
Aldrin	100
Dieldrin	100
Dichlorvos	98
Simazin	95
Trifluralin	99
Fenitrothion	99
Azinphos-methyl	98
Malathion	99

#### 5.1.5.2.4 Hilfsstoffe

In der Tabelle 24 werden für die Umkehrosmose benötigte Hilfsstoffe und deren jeweiliger Verwendungszweck aufgelistet.

Tabelle 24: Hilfsstoffe beim Einsatz der Umkehrosmose [4]

Hilfsstoff	Verwendungszweck
Schwefelsäure	Senkung des pH-Wertes
Zitronensäure und Reinigungsmittel	Membranreinigung
Desinfektionsmittel	Desinfektion
Zusätzlicher Wasserverbrauch	für Reinigungsmittel

#### 5.1.5.2.5 Emissionen

##### 5.1.5.2.5.1 Abluft

Umkehrosmoseanlagen sind meist als geschlossene Systeme umgesetzt, wodurch Geruchsemissionen nur im Ablauf nach Verlassen der Anlage entstehen. Gasförmige Emissionen werden in der Regel mittels Aktivkohlefilter, Biofilter oder Strippung der Abluft behandelt.

##### 5.1.5.2.5.2 Konzentrat

Im Konzentrat liegen die abzutrennenden Inhaltsstoffe der zugeführten Lösung in aufkonzentrierter Form vor, wodurch es zur Volumenreduktion von ca. 90 % kommt [4]. Für eine weitere Volumenreduktion kann das Konzentrat mittels Eindampfung oder Trocknung weiterbehandelt werden. Durch die Konzentrationserhöhung bei organischen Stoffen kann ein nachfolgendes oxidativ zerstörendes Verfahren eingesetzt werden. Bei anorganischen Stoffen wird die Umkehrosmose meist als Teil des Recyclings eingesetzt.

##### 5.1.5.2.5.3 Filtrat (Permeat)

Der gereinigte Strom enthält Restkonzentrationen an Stoffen mit niedrigem Molekulargewicht. Eine weitere Umkehrosmose (zweistufige Umkehrosmoseanlage) kann für eine weitere Reinigung des Filtrats eingesetzt werden.

### 5.1.5.2.6 Input-Output-Bilanz

Abbildung 18 zeigt die Stoffströme einer Umkehrosmoseanlage.

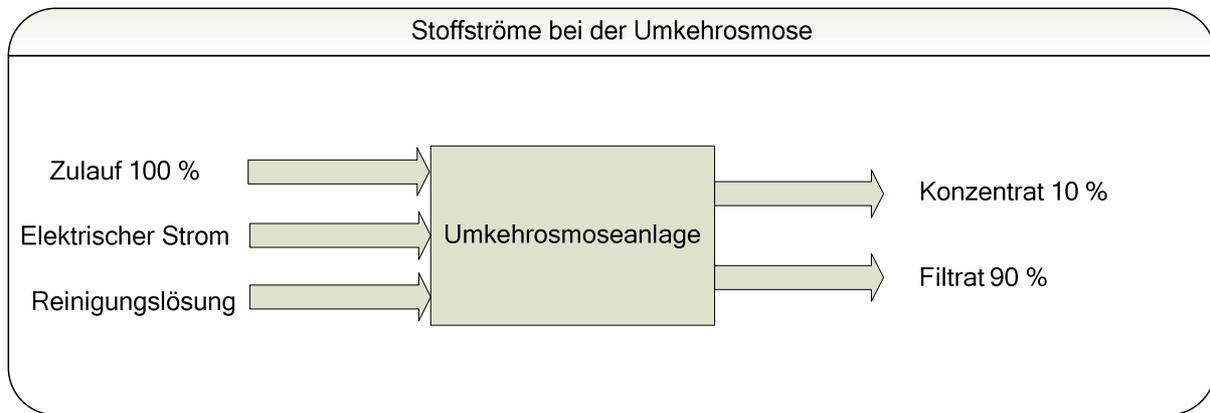


Abbildung 18: Stoffströme bei der Umkehrosmose mit Angaben der Volumenreduktion [2]

### 5.1.5.2.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Durch die Verwendung von Umkehrosmoseanlagen als Nachbehandlungsverfahren für eine Neutralisation und Entgiftung kann der Salzgehalt reduziert werden. Abbildung 19 zeigt eine Verfahrenskombination mit der Umkehrosmose.

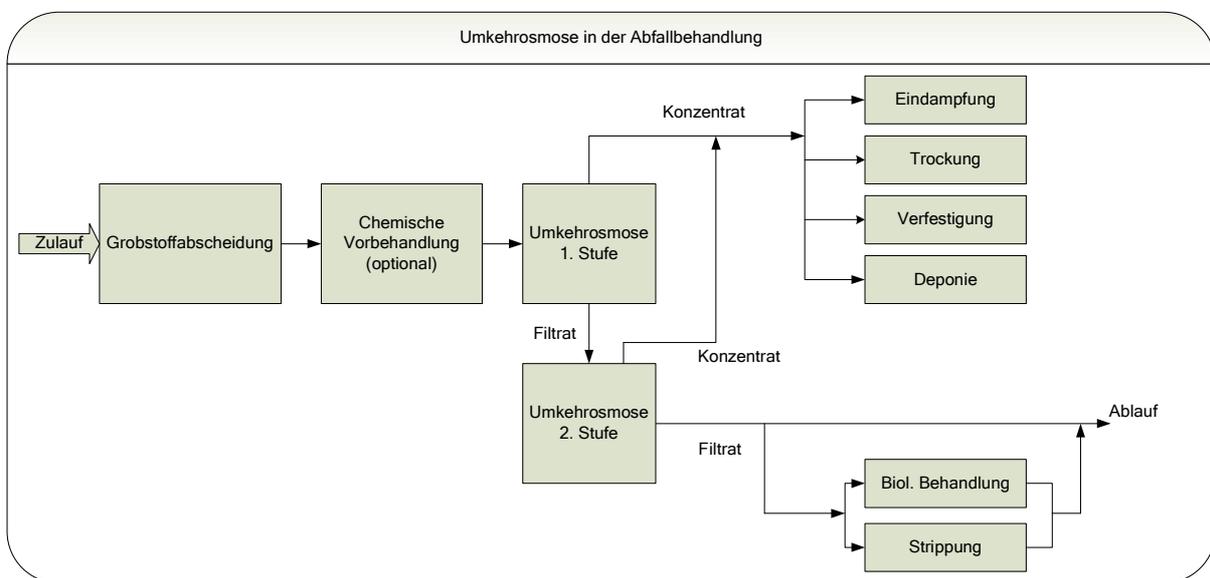


Abbildung 19: Darstellung einer Verfahrenskombination mit Umkehrosmose [2]

## 5.1.6 Adsorption

Bei diesem physikalischen Verfahren kommt es zur Abtrennung und Aufkonzentrierung gasförmiger oder gelöster Stoffe aus der Gas- bzw. Flüssigphase. Diese Abtrennung erfolgt durch Anreicherung der Stoffe an ein Adsorptionsmittel (Adsorbens). Angelagerte Stoffe bilden mit dem Adsorbens das Adsorbat. Ist die Kapazität des Adsorptionsmittels erreicht, muss dieses regeneriert oder verbrannt werden.

Die Bindung der Stoffe beruht auf den auftretenden Valenzkräften an der Oberfläche des Adsorptionsmittels.

Die Adsorption als Abwasserbehandlungsverfahren dient z. B. zur Entfernung organischer Verbindungen (AOX- und CKW-Konzentrationen).

In diesem Kapitel wird ausschließlich die Adsorption von gelösten Stoffen in der Flüssigphase betrachtet. Die Verwendung des Verfahrens in der Abgasbehandlung wird im Kapitel 6 näher veranschaulicht.

### 5.1.6.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Lösemittel-Wasser-Gemische mit und ohne halogenierten Lösemitteln,
- Sickerwasser aus AbfalldPONen,
- Behandlung der wässrigen Phase von: lösemittelhaltigen Schlämmen, Kunststoffschlämmen,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: Bleichereiablauge chlorhaltig, Abfallsäure mineralölhaltig.

### 5.1.6.2 Anforderungen an das Verfahren

Das Adsorbens neigt zur Verstopfung und vollständigen Verblockung. Deshalb ist meist eine vorgeschaltete Filtrationsstufe notwendig, um das Abwasser von Schwebstoffen zu befreien.

Bakterien können auf dem Adsorptionsmittel zur Rasenbildung führen, welche die Adsorptionsleistung negativ beeinflusst. Eine Beschickung von Festbettreaktoren von unten führt zu einer Auswaschung und kann dadurch die Rasenbildung verhindern.

### 5.1.6.3 Adsorptionsmittel

Hierfür werden Materialien mit großer Oberfläche benötigt, welche die gelösten Stoffe aufnehmen können. In der Abwasserbehandlung wird hauptsächlich Aktivkohle für die Adsorption von organischen Verbindungen eingesetzt, welche eine außergewöhnlich poröse Struktur aufweist. Neben der Aktivkohle als Adsorbens werden auch noch Braunkohle, aktiviertes Aluminiumoxid, Adsorberharze und Zeolithe eingesetzt [4], siehe dazu auch

Tabelle 25. Bei der Adsorption mit Aktivkohle wird diese als Granulat (GAK) in Säulen oder als Pulver (PAK) in Behandlungsbehältern zugesetzt.

Tabelle 25: Verwendete Adsorbentien und deren Eigenschaften [4]

Adsorbens	Form	Spez. Oberfläche [m <sup>2</sup> /g]	Porenvolumen [cm <sup>3</sup> /g]	Schüttdichte [g/L]
Aktivkohle	körnig	500-1000	0,3-0,8	300-500
	Pulver	600-1500	0,3-1,0	
Braunkohlekoks	körnig, Pulver	200-500	<0,1	ca. 500
γ-Aluminiumoxid	körnig, Pulver	300-350	0,4-0,5	700-800
Adsorberharze	Körner	400-1500	Porosität 35-65 Vol-%	650-700

### GAK-Adsorption

Aktivkohle als Granulat wird für die Entfernung von organischen Verunreinigungen, welche hauptsächlich refraktäre, toxische, farbige und/oder geruchsintensive Eigenschaften aufweisen, eingesetzt. Des Weiteren zur Eliminierung von Restmengen an organischen Verbindungen, Stickstoffverbindungen, Sulfiden und Schwermetallen. GAK wird in der Regel durch thermische Reaktivierung bei Temperaturen von 900-1.000 °C regeneriert. [4]

### PAK-Adsorption

Der Unterschied zur GAK-Adsorption liegt darin, dass die Aktivkohle dem Abwasserstrom pulverförmig zugegeben wird. Bei diesem Behandlungsverfahren muss die Aktivkohle nach der Behandlung durch Sedimentation oder Filtration abgetrennt werden. Der Vorteil der PAK-Adsorption ist ihre Einsatzmöglichkeit in den verschiedenen Behandlungsstufen einer Anlage, z. B. Zugabe von PAK zusammen mit Koagulieremittel und anschließende Abtrennung mit vorhandenen Sedimentations- und Filtrationsanlagen. PAK wird gewöhnlich nicht wie GAK regeneriert, sondern als Bestandteil des Schlammes entsorgt. [3], [4]

### Braunkohlekoks

Wird wie GAK verwendet, besitzt aber eine deutlich geringere Reinigungsleistung.

### Aktiviertes Aluminiumoxid

Aluminiumoxid wird zur Elimination von hydrophilen Stoffen, wie Fluorid und Phosphat, eingesetzt, seltener für die Adsorption von Schwermetallen. Die Regeneration bei der Beladung mit organischen Stoffen erfolgt bei Temperaturen von etwa 700 °C; bei Beladung mit anorganischen Stoffen durch chemische Verfahren. [4]

### Adsorberharze (synthetische Polymere)

Adsorberharze werden zur Entfernung von gelösten, organischen und unpolaren Verunreinigungen eingesetzt. Die Wirksamkeit beruht auf Adsorptions- und Lösevorgängen. Durch die Aufnahme von organischen Verbindungen quellen die Harze mit der Zeit auf. Adsorberharze werden chemisch mit Lösemitteln, wie Methanol oder Aceton regeneriert. [6]

### Zeolithe

Zeolithe werden zur Entfernung von Ammoniak und Schwermetallen, wie Cadmium eingesetzt. Bei der Ammoniakentfernung können sie bei schwach belasteten Strömen (<40 mg/L) eingesetzt werden.

Die Wahl des richtigen Adsorptionsmittels ist für die Reinigungsleistung von höchster Bedeutung, wobei der Wirkungsgrad von Adsorptionsverfahren allgemein stark von der Abwasserzusammensetzung und der Zulaufkonzentration beeinflusst wird, siehe dazu auch Anhang I, Tabelle 67.

#### **5.1.6.4 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)**

Bei der Adsorption gehen die gelösten Stoffe auf die Oberfläche eines hochporösen Adsorptionsmittels über und werden, durch die Anziehungskräfte an der Oberfläche des Adsorbens, daran angelagert.

Allgemein kann die Adsorption in drei Verfahrensarten eingeteilt werden:

1. Mischverfahren: Pulverförmiges Adsorbens, in der Regel Aktivkohlepulver, wird dem Abwasser beigefügt. Dieses Verfahren wird bei der chargenweisen Behandlung eingesetzt. Siehe dazu auch Abbildung 20.
2. Festbettreaktoren: Abwasser wird über mehrere, in Serie geschaltete, Adsorptionssäulen geleitet. Siehe dazu auch Abbildung 21.
3. Pulsierendes Bett oder Wanderbett-Verfahren: Abwasser durchströmt den Reaktionsbehälter, Adsorbens wird kontinuierlich zudosiert. Das beladene Adsorbens, Adsorbat, wird abgezogen und regeneriert.

Abbildung 20 zeigt einen schematischen Aufbau einer Adsorptionsanlage für Flüssigkeiten, wobei das Adsorptionsmittel mit dem Abwasser in einem Rührbehälter vermischt wird. Die zu entfernenden Komponenten des Abwassers adsorbieren an der Oberfläche des Adsorptionsmittels. Die Abtrennung des beladenen Adsorptionsmittels aus dem Abwasserstrom erfolgt mittels Kammerfilterpresse.

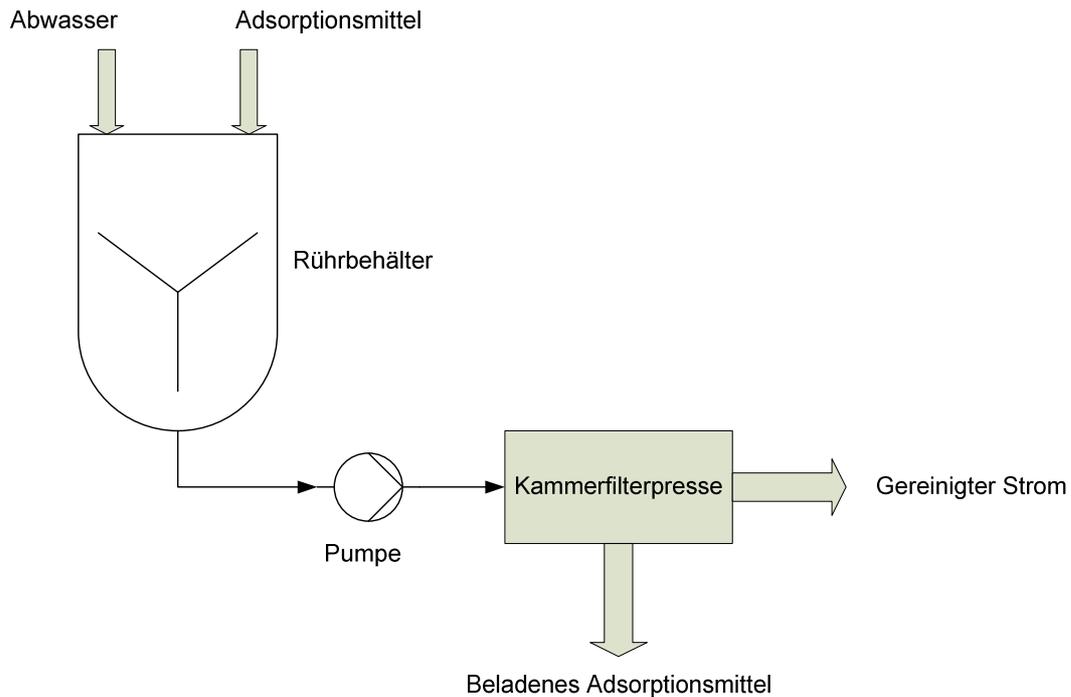


Abbildung 20: Schematischer Aufbau der Adsorption mittels Mischverfahren [8]

Abbildung 21 zeigt die einzelnen Verfahrensschritte bei der Adsorption eines in Reihe geschalteten Zwei-Säulen-Festbettadsorbens.

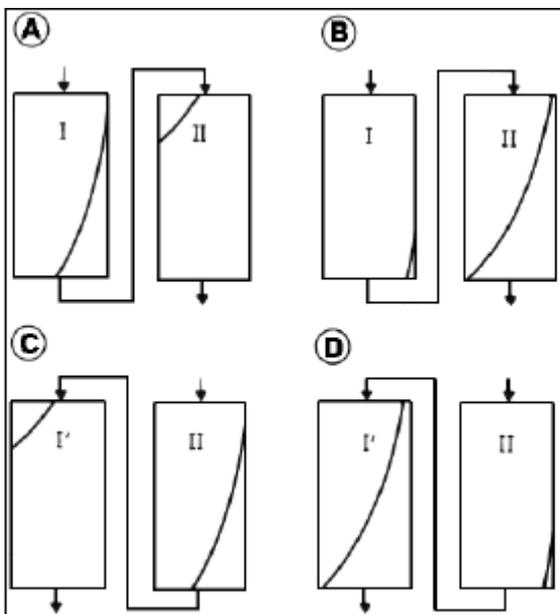


Abbildung 21: Verfahrensschritte von zwei in Reihe geschalteten Adsorptionssäulen [4]

- A) Reihenfolge I→II, am Anfang des Prozesses,
- B) Reihenfolge I→II, Filter I muss getauscht werden,
- C) Reihenfolge II→I', kurz nach Austausch von I,
- D) Reihenfolge II→I', Filter II muss getauscht werden.

### 5.1.6.5 Hilfsstoffe

Für die pH-Wert-Einstellung werden eventuell Säuren und Laugen eingesetzt. Hilfsstoffe werden bei der Adsorption aber vorrangig für die Regenerierung, d. h. zur Wiederherstellung der ursprünglichen Adsorptionsleistung, benötigt. [4]

#### Aktivkohle

Aktivkohle in Festbettreaktoren wird durch Einblasen von Heißdampf regeneriert (thermische Regenerierung). Nach mehreren Reaktionszyklen muss die Aktivkohle in einem gesonderten Ofen behandelt werden, wenn die Adsorptionsleistung trotz Regenerierung sinkt.

#### Adsorberharze

Für die Entfernung von leicht flüchtigen Stoffen, wie Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe und Aromaten, wird Heißdampf verwendet. Bei schwer flüchtigen Stoffen erfolgt die Regenerierung mit organischen Lösungsmitteln wie Methanol und Aceton. Phenol bzw. Phenolverbindungen werden mit Laugen entfernt.

#### Aluminiumoxid

Aluminiumoxid wird wie Aktivkohle thermisch regeneriert. Die Regenerierung erfolgt bei ca. 750 °C.

### 5.1.6.6 Regenerierung des Adsorptionsmittels

Ist die Adsorptionskapazität des Adsorptionsmittels erschöpft, muss dieses ausgetauscht und nachfolgend regeneriert werden, ausgenommen davon ist die Adsorption mit pulverförmiger Aktivkohle (PAK), diese wird zusammen mit dem Schlamm aus der Abwasserreinigung entsorgt. Die Regenerierungsmethoden richten sich nach dem Adsorptionsmittel, siehe dazu auch Kapitel 5.1.6.3 und 5.1.6.5; für alle Methoden werden aber Energie und/oder Chemikalien benötigt.

GAK, Braunkohle und Aluminiumoxid (beladen mit organischen Stoffen) werden thermisch regeneriert. Adsorberharze, Zeolithe und Aluminiumoxid (beladen mit anorganischen Stoffen) werden mit organischen Lösemitteln oder anorganischen Lösungen eluiert.

Die Regenerierung von Adsorptionsmitteln erfordert eine nachfolgende Abgasbehandlung. Die entstehenden Abgase enthalten die thermischen und chemischen Zersetzungsprodukte der adsorbierten Verbindungen. [4]

### 5.1.6.7 Emissionen

#### 5.1.6.7.1 Abluft/Gerüche

Bei der Behandlung des Abwassers mit einem Adsorptionsverfahren entstehen bei der Regenerierung des Adsorptionsmittels Abgase, die eine Abgasreinigung erforderlich machen können, z. B. werden bei der Regenerierung HCl und/oder SO<sub>2</sub> gebildet, wenn Chlor- und Schwefelverbindungen adsorbiert wurden.

#### 5.1.6.7.2 Reststoffe

Reststoffe entstehen bei der Regenerierung von Aktivkohle mittels Heißdampf. Dabei entsteht ein Brüdenkondensat, welches mit den desorbierten Inhaltsstoffen beladen ist.

Bei der chemischen Regenerierung von Adsorberharzen, Zeolithen und Aluminiumoxid entstehen Eluate, welche weiterbehandelt werden müssen. Diese Weiterbehandlung umfasst meist eine Destillation, um die Lösungsmittel zurückzugewinnen und eine anschließende Verbrennung der verbleibenden Rückstände.

#### 5.1.6.7.3 Abwasser

Der gereinigte Abwasserstrom enthält je nach Adsorptionskapazität des Adsorbens noch Restkonzentrationen der adsorbierbaren Inhaltsstoffe. Je nach Anforderung kann z. B. eine 2. Adsorptionsstufe nachgeschaltet werden.

### 5.1.6.8 Vor- und Nachteile dieses Verfahrens

In der nachfolgenden Tabelle werden die Vor- und Nachteile bei Einsatz der Adsorption als Behandlungsverfahren für Abwässer dargestellt.

Tabelle 26: Vor- und Nachteile der Adsorption [4]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hohe Eliminationsraten (außer bei Braunkohlekoks)</li> <li>• Entfernung refraktärer und/oder toxischer org. Verbindungen mittels GAK, PAK, Braunkohle und Harze</li> <li>• Geringer Platzbedarf</li> <li>• Rückgewinnung von Inhaltsstoffen möglich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mischungen von org. Verbindungen können die Adsorptionskapazität verringern.</li> <li>• Hohe Gehalte an makromolekularen Verbindungen verringern die Leistung und verursachen irreversible Verblockungen der aktiven Stellen.</li> <li>• Verbrauchte Adsorbentien müssen regeneriert (hoher Energieverbrauch) oder entsorgt (Verbrennung) werden</li> </ul>

### 5.1.6.9 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die Adsorption wird vor allem für die Entfernung von organischen Inhaltsstoffen aus Abwasserströmen verwendet und wird mit anderen Verfahren, wie Neutralisation, Fällung, Strippung oder einer weiteren Adsorptionsstufe, kombiniert. Abbildung 22 zeigt eine mögliche Kombination der Adsorption mit anderen Behandlungsverfahren.

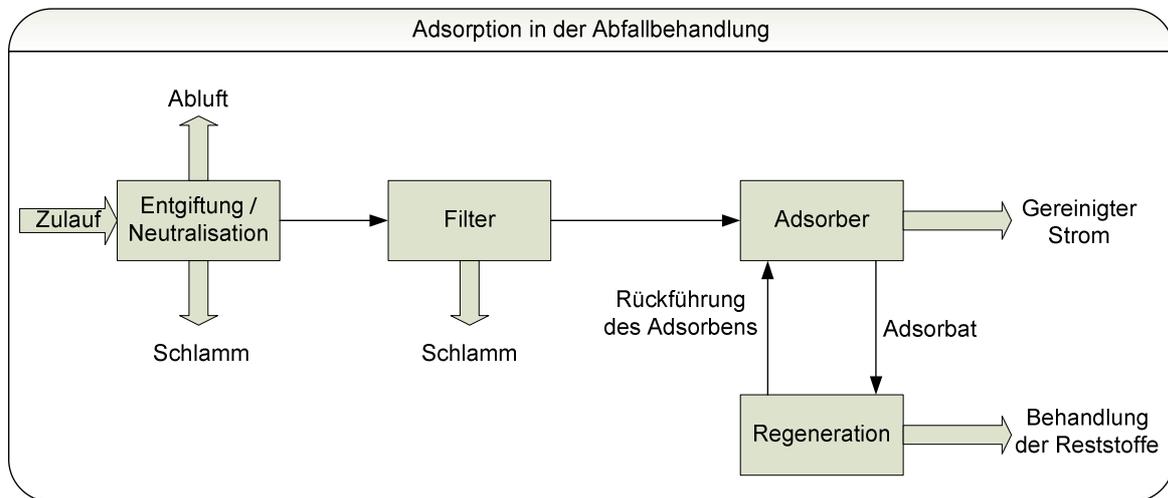


Abbildung 22: Integration der Adsorption in eine Abfallbehandlung [2]

### 5.1.7 Flotation

Bei der Flotation werden mittels Gasbläschen dispergierte oder auch suspendierte Stoffe aus flüssigen Gemischen abgetrennt. Die Abtrennung erfolgt durch die Anlagerung der abzutrennenden Stoffe an den Gasbläschen und anschließendes Entfernen der Teilchen durch Räumen, Abschälen, Absaugen oder Abskimmen von der Wasseroberfläche. Dieses Verfahren ermöglicht, im Gegensatz zur Sedimentation, die Abscheidung von Inhaltsstoffen im Abwasser, die etwa das gleiche spezifische Gewicht wie das zu reinigende Medium haben. [2]

Die Flotationstechniken lassen sich nach der Art der Gasblasenerzeugung und deren Einbringung unterscheiden, dies sind Druckspannungsflotation, Elektroflotation bzw. Einblasen oder Einperlen von Luft. Überwiegend wird das Verfahren der Druckspannungsflotation eingesetzt.

Im eigentlichen Sinn ist das Verfahren der Flotation für die Behandlung von Abfällen kein selbstständiges Behandlungsverfahren, sondern ermöglicht die notwendige Phasentrennung im Zuge einer Emulsionsspaltung, also zur Unterstützung von anderen verwendeten Behandlungsmethoden. Die Flotation wird bei der Reinigung von Suspensionen, Emulsionen und ölhaltigen Abwässern angewendet. [6] Neben der Flotation eignen sich auch chemische Verfahren, welche die Flotation fallweise unterstützen, zur Emulsionsspaltung. Zu den chemischen Verfahren der Emulsionsspaltung zählt die Verwendung von Säuren, Salzen

oder organischen und anorganischen Spaltnitteln. Die chemischen Verfahren zur Emulsionsspaltung werden bei den jeweiligen Verfahren näher betrachtet.

Die Flotationsverfahren werden in der Abfallbehandlung für folgende Anwendungen eingesetzt [4]:

- Schlechte Absetzeigenschaften der dispergierten Stoffe (bei einem ungünstigen Schlamminde gibt es jedoch keinen Vorteil gegenüber der Sedimentation),
- Zu geringer Dichteunterschied zwischen den suspendierten Stoffen und dem Abwasser,
- Bestehende räumliche Einschränkungen am Standort (Flotation benötigt im Gegensatz zu Sedimentation weniger Platz),
- Zur Entfernung von Ölen und Fetten,
- Auf die Ölabscheidung folgende Behandlung,
- Rückgewinnung von Produkten oder Rohstoffen, z. B. Toluol aus Toluol/Wasser-Emulsionen,
- Elimination von Farbstoffen und Pigmenten aus Produktionsabwasserströmen,
- Elimination von nicht gelösten Schwermetallen aus Abwasser.

#### 5.1.7.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Emulsionen (Flotation in Kombination mit anderen Behandlungsverfahren),
- Suspensionen,
- Sonstige Öl-Wasser-Gemische,
- Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen,
- Synthetische Kühl- und Schmiermittel,
- Abfallsäuren, mineralölhaltig,
- Kunststoffdispersion und -emulsion,
- Latex-Emulsionen,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: Emailleschlamm, Sandfanginhalte, Ölabscheiderinhalte,

#### 5.1.7.2 Anforderungen an das System

Bei der Phasentrennung von flüssigen Gemischen mittels Flotationstechniken muss darauf geachtet werden, dass die Oberflächeneigenschaften der Flocken bzw. Partikel einen wesentlichen Einfluss auf die Anlagerung und die Haftung an den Luftbläschen haben. Eine hydrophobe Oberfläche ist deshalb günstiger für die Luftblasenanlagerung. [6]

Bedingt durch die Zugabe von Emulgatoren bei der Herstellung von Emulsionen – Emulgatoren wirken der Phasentrennung entgegen – ist die Haftung der Luftbläschen am Öl meist zu gering. Komplexbildner und Phosphatanteile behindern ebenfalls die Flotation.

Die Emulgatormoleküle reichern sich in der Grenzfläche der beiden Flüssigkeiten an. Dort orientieren sie sich so, dass der hydrophile Teil in das Wasser und der lipophile Teil in die organische Phase eintauchen (siehe Abbildung 23).

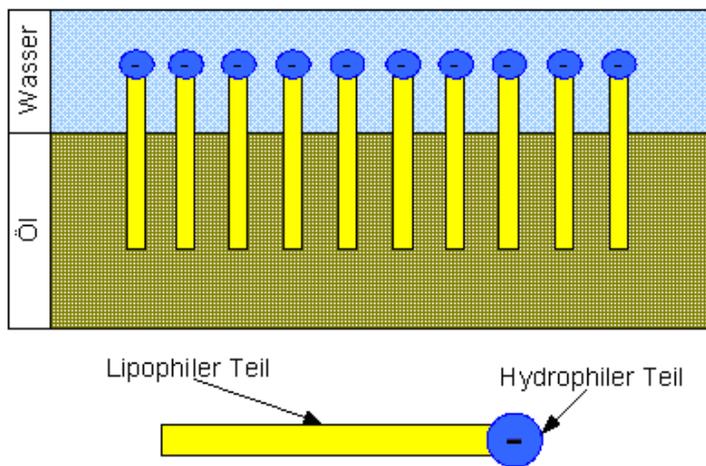


Abbildung 23: Modellvorstellung einer Phasengrenzfläche mit Emulgatoren [47]

Bei Verwendung der Elektroflotation ist eine elektrische Leitfähigkeit der Abwässer notwendig.

### 5.1.7.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Der Abscheidegrad der zu flotierenden Partikel ist von der Größe der Gasbläschen und von der Kontaktzeit abhängig. Die aufgeschwemmten Inhaltsstoffe bilden auf der Oberfläche eine stabile Schlammschicht, welche durch Räumen, Abschälen, Absaugen oder Abskimmen entfernt wird. Gegebenenfalls ist auch eine Schlammräumung am Boden des Beckens vorzusehen, da spezifisch schwerere Abwasserinhaltsstoffe, wie z. B. Metallteilchen, während der Flotation sedimentieren können.

Mögliche Flotationsverfahren sind [9]:

- Druckluftflotation; Einbringung der Luft mittels Injektordüsen oder Rotor-Stator-Systemen,
- Elektroflotation; elektrolytische Zerlegung von Wasser,
- Druckentspannungsflotation.

Die Druckentspannungsflotation ist dabei das am häufigsten verwendete Verfahren. Dabei wird der bei höherem Druck mit Luft gesättigte Wasserstrom auf Normaldruck entspannt, sodass sich die Luftblasen mit den eingeleiteten Partikeln oder Flocken vermischen. Die

Löslichkeit eines Gases in einer Flüssigkeit ist proportional zum Partialdruck des Gases über der Flüssigkeit; bei der Entspannung wird das überschüssige Gas spontan in Form von Blasen frei. Die Gasblasengröße liegt dabei normalerweise im Bereich eines mittleren Durchmessers von 50 – 80  $\mu\text{m}$ . [1] Die Leistung einer Flotationsanlage ist abhängig von der zur Verfügung stehenden Luftmenge. Grundsätzlich erhöht sich mit Ansteigen der freigesetzten Luftmenge das Luftblasenangebot und damit kommt es zu einer intensiveren Feststoffabtrennung in der Wasserphase [6]. Ungelöste Stoffe können flotiert werden, kolloidal gelöst vorhandene Abwasserinhaltsstoffe werden durch Zugabe von Eindick- und Flockungschemikalien, wie Metallsalzen oder Polyelektrolyten geflockt. Abbildung 24 zeigt das Verfahren einer Druckentspannungsflotation.

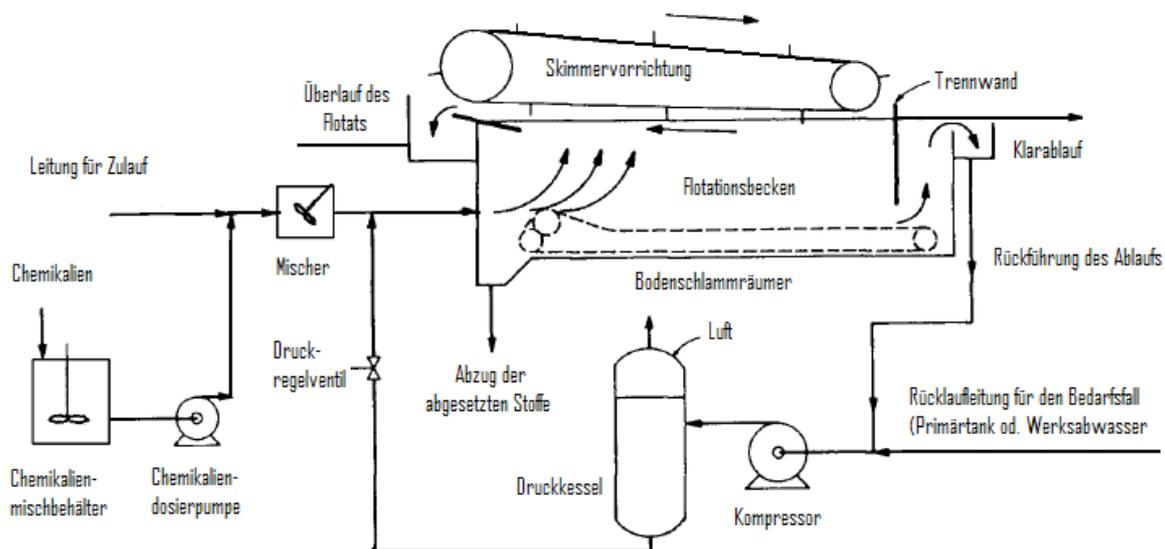


Abbildung 24: Druckentspannungsflotation [4]

Bei der Elektroflotation werden die Gasbläschen elektrolytisch direkt im Behandlungsbehälter erzeugt. Hierzu werden Elektroden im Behälter angebracht, die Wasserstoff und Sauerstoff in Form kleiner Luftbläschen erzeugen. Diese Bläschen lösen sich erst von der Elektrode, wenn sie eine gewisse Größe erreicht haben. Ursache hierfür sind Oberflächenkräfte und der hydrostatische Auftrieb, der mit dem Volumen des Luftbläschens wächst. Ist der Auftrieb größer als die Haftkraft, steigen die Luftbläschen an die Oberfläche. Vorteil dieses Verfahrens ist, dass alle Bläschen die gleiche Größe besitzen, die daraus resultierende gleichmäßige und im flotationsgünstigen Bereich liegende Aufstiegs geschwindigkeit der Luftbläschen, begünstigt eine sehr gute Haftung/Adsorption der abzutrennenden Teilchen. Bei der Verwendung von Opferelektroden, wie z. B. aus Eisen oder Aluminium, werden Eisen- bzw. Aluminiumhydroxide ausgefällt, welche eine zusätzliche Flockung und Adsorption bewirken. [6]

#### **5.1.7.4 Hilfsstoffe**

Hilfsstoffe werden bei der Flotation einerseits zur Trennung von Öl- und Wasserphase (Emulsionsspaltung) und andererseits zur besseren Aufschwemmung der zu flotierenden Abwasserinhaltsstoffe eingesetzt. Die Zugabe der Hilfsmittel erfolgt im Allgemeinen in einem Mischbecken vor dem Flotationsbecken. Um bei der Flotation die Adhäsion der Blasen zu erhöhen, werden Chemikalien wie Polymere, Polyelektrolyte, Aluminiumsalze (z. B. Sulfate) oder Eisensalze (Eisenchlorid) verwendet. [3]

#### **5.1.7.5 Emissionen**

##### **5.1.7.5.1 Abluft/Gerüche**

Emissionen in die Luft sind bei diesem Verfahren möglich, richten sich aber nach der Zusammensetzung des zu behandelnden Abwassers. Gegebenenfalls ist eine geschlossene Bauweise der Flotationsanlage anzustreben, dabei kann die entstehende Abluft erfasst und nach ihren Inhaltsstoffen entsprechend behandelt werden (z. B. Aktivkohlefilter, Biofilter, Abluftwäscher, Abluftverbrennung).

##### **5.1.7.5.2 Reststoffe**

Die Menge der Reststoffe hängt von der Konzentration der Abwasserinhaltsstoffe und der verwendeten Menge der Koagulations- und Flockulationschemikalien ab. Der erzeugte Schlamm wird entwässert, und anschließend als Abfall entsorgt, wenn keine recyclingfähigen Stoffe enthalten sind.

##### **5.1.7.5.3 Abwasser**

Der Abscheidegrad der einzelnen Verfahren ist abhängig von der Abwasserzusammensetzung und liegt zwischen 80 und 95 %. Eine Weiterbehandlung der Klarphase kann je nach Anforderung notwendig sein.

##### **5.1.7.5.4 Restwasser**

Bei der Entwässerung des Flotats und des Schlammes entsteht Restwasser in Form von Filtrat, welches bei Bedarf in den Zulauf der Flotationsanlage rückgeführt wird.

### 5.1.7.6 Vor- und Nachteile dieses Verfahrens

In der nachfolgenden Tabelle 27 werden die Vor- und Nachteile bei Einsatz der Flotation als Behandlungsverfahren für Abwässer dargestellt.

Tabelle 27: Vor- und Nachteile der Flotation [4]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rückgewinnung von Stoffen möglich,</li> <li>• Hohe Wirksamkeit der Abtrennung,</li> <li>• Höhere Trockensubstanzgehalte als bei der Sedimentation,</li> <li>• Erfordert geringeres Volumen als die Sedimentation – Kostenvorteil</li> <li>• Eliminationsraten werden nicht durch Änderung der Zuflussmenge beeinflusst.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verfahren benötigt Strom → höhere Betriebskosten als Sedimentation,</li> <li>• Freisetzung von Gerüchen möglich → Abdeckung erforderlich,</li> <li>• Verstopfen von Ventilen möglich.</li> <li>• Größere Mengen an freiem Öl können nicht verarbeitet werden, obwohl dieses Verfahren zur Entfernung von freiem Öl sehr wirksam ist.</li> </ul>

### 5.1.7.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Nachfolgende Abbildung 25 gibt eine Darstellung über notwendige bzw. mögliche Vor- und Nachbehandlungsschritte für die Abfallbehandlung im Rahmen der Flotation wieder.

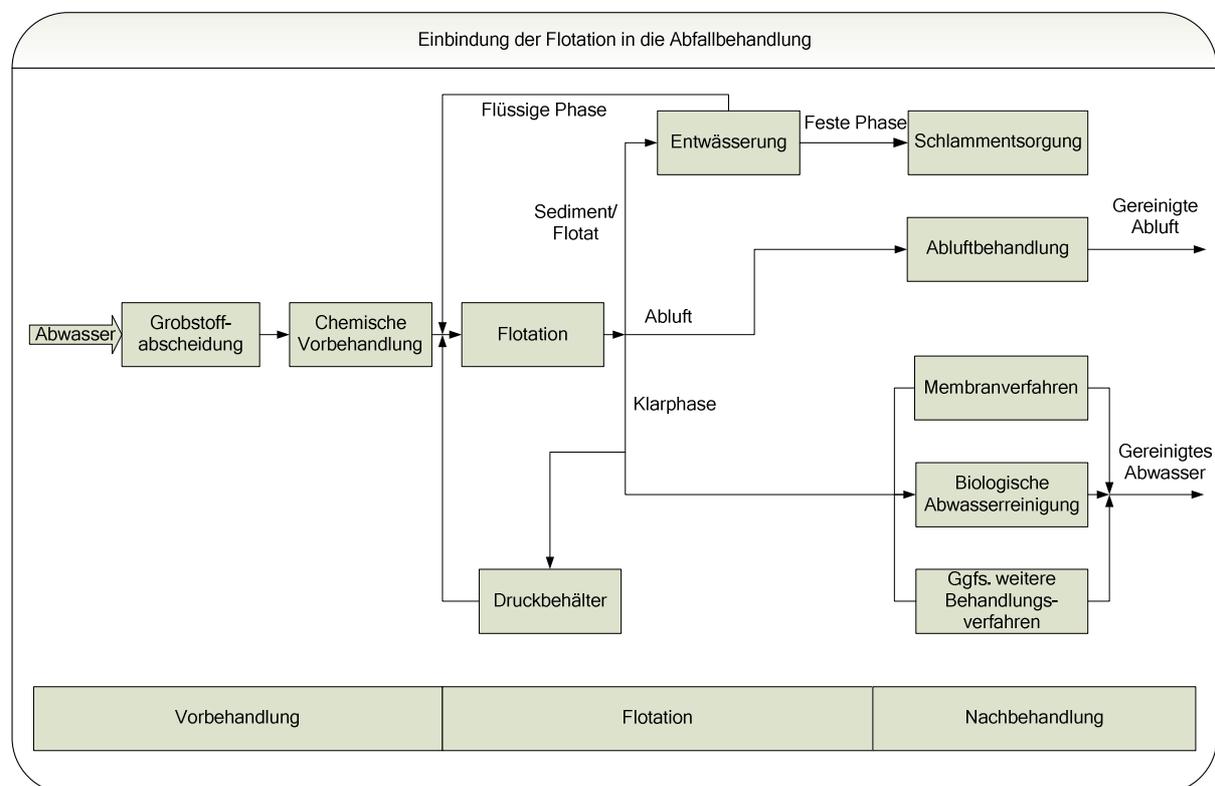


Abbildung 25: Einbindung der Flotation in die Abfallbehandlung [2]

### 5.1.8 Ionenaustausch

Bei dem Verfahren des Ionenaustausches werden nicht erwünschte oder gefährliche ionische Abwasserinhaltsstoffe aus dem Abwasserstrom entfernt. Dies können je nach Art des Ionenaustauschers Kationen oder Anionen sein. Die Entfernung erfolgt durch den Kontakt mit Ionenaustauschharzen, welche die unerwünschten Ionen aufnehmen und durch andere, weniger problematische Ionen, ersetzen.

Für die Bildung eines Ionenaustauschverfahrens kommen folgende Phasenkombinationen infrage: fest/flüssig, zwei nicht mischbare Flüssigkeiten und zwei mischbare Flüssigkeiten, die durch eine Membran, welche nur eine Ionenart passieren lässt, getrennt sind. [11] Bei der Behandlung von flüssigen Abfällen besitzt die Phasenkombination fest/flüssig in der Praxis die größte Bedeutung, weshalb in diesem Kapitel darauf näher eingegangen wird. Die Phasensysteme fest/fest und fest/gasförmig sind zwar theoretisch umsetzbar, haben aber keine praktische Bedeutung.

Mittels Regeneration können die am Ionenaustauscher gebundenen Ionen in konzentrierter Form wiedergewonnen werden. Diese Aufkonzentrierung von Schadstoffen ist das Ziel dieses Behandlungsverfahrens.

Ionenaustauscher werden in der Abwasserreinigung meist als Endreinigungsstufe für die Entsalzung und zur Schwermetallentfernung eingesetzt. Weitere Anwendungsgebiete sind [4]:

- Kationische oder anionische Schwermetallionen, z. B.  $\text{Cr}^{3+}$  oder Cadmium und Cadmiumverbindungen bei geringen Zulaufkonzentrationen;  $\text{CrO}_4^{2-}$  auch bei hohen Zulaufkonzentrationen,
- Ionisierbare anorganische Verbindungen, wie  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ,
- Lösliche, ionische oder ionisierbare organische Verbindungen, z. B. Carbonsäuren, Sulfonsäuren, einige Phenole, salzsaure Amine, quaternäre Amine, Alkylsulfate und organisches Quecksilber, können eliminiert werden.

Um den Austauschprozess überwachen zu können, sind die Parameter Druckverlust, elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert und die Zulaufkonzentration des zu entfernenden Ions ständig zu kontrollieren.

#### 5.1.8.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen,
- Säuren und -gemische, anorganisch,
- Laugen und -gemische, Beimengungen,
- Wässrige Konzentrate,

- Fixierbäder,
- Behandlung der wässrigen Phase: Schlämme aus Fällung, Löseprozessen mit schädlichen Beimengungen, Galvanikschlämme mit Beimengungen, Katalysatoren und Kontaktmassen.

### 5.1.8.2 Anforderungen an das System

Bei der Betriebsweise einer Ionenaustauscheranlage können manche Abwasserinhaltsstoffe, siehe dazu nachfolgende Tabelle 28, das System stark beeinträchtigen oder sogar zu irreversiblen Schädigungen der Ionenaustauschharze führen, wodurch eine genaue Kenntnis der Abwasserzusammensetzung vor der Behandlung notwendig ist.

Tabelle 28: Beeinträchtigung des Ionenaustausches [2]

Stoffart	Auswirkung/Beseitigung
mechanische Verunreinigungen	Verblockung; Vorreinigung des Abwassers mittels Vorfilter oder Rückspülung des Systems,
Öle, Fette, Emulsionen	Zusetzen der Poren, spezielle Regenerierung
Salpetersäure, Chromsäure, Wasserstoffperoxid, Eisen, Mangan, Kupfer [4]	Schädigung der Harze; vorherige Entfernung
Organische Verbindungen (z. B. Aromate)	können irreversibel an das Harz adsorbiert werden [4]

Die thermischen Grenzen von Anionenharzen liegen im Allgemeinen bei etwa 60 °C. Um die Ionenaustauschharze bei der Regenerierung mechanisch durch Quell- oder Schrumpfprozesse nicht zu stark zu beanspruchen, sollte auf langsame Konzentrationsübergänge geachtet werden. [4]

### 5.1.8.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Ziel des Ionenaustausches ist die Aufkonzentrierung und die mögliche Rückgewinnung von unerwünschten Abwasserinhaltsstoffen. Die zu entfernenden Ionen werden von den Harzen aufgenommen und durch weniger schädliche Ionen ersetzt.

Der Ionenaustausch umfasst folgende Schritte:

1. den eigentlichen Ionenaustauschprozess,
2. die Rückspülstufe, einschließlich der Entfernung der angesammelten Partikel und Auflockerung des Ionenaustauschharzbettes,
3. die Regenerierstufe, bei der ein geringes Volumen einer hoch konzentrierten Lösung eingesetzt wird, um das Ionenaustauschharz mit dem entsprechenden Ion wieder zu sättigen und die unerwünschten Ionen mit der Regenerierlösung freizusetzen,

4. die Verdrängung oder Langsamspülung mit langsam fließendem Wasser. Dabei wird die Regenerierlösung aus dem Harz verdrängt,
5. die Schnellspülung, bei der die verbliebenen Spuren der Regenerierlösung, einschließlich evtl. Resthärte, aus dem Harz entfernt werden [4].

Bei der Bildung eines Ionenaustauschsystems kommen mehrere Phasenkombinationen infrage, wobei die Phasenkombination fest/flüssig die größte technische Bedeutung hat. Die feste Phase stellen dabei die Kunstharze dar, an denen ionenaktive Gruppen verankert sind. Der Ionenaustausch findet im Inneren des Harzkorns statt. Ein Ionenaustauschharz besitzt die gleichen Eigenschaften einer stark konzentrierten, wässrigen Lösung, wobei die Harzoberfläche die Grenzschicht ist, durch welche die Ionen in die Lösung eintreten. Ein modernes Ionenaustauschharz ist ein in Wasser aufquellendes, organisches Gel, wobei die Gegenionen unbeweglich an der Gelstruktur fixiert sind. [11]

#### **5.1.8.4 Austauscharten**

Bei Polymerisationsharzen, Ionenaustauschharze auf Polystyrolbasis (Vinylbenzol), werden mittels chemischer Reaktionen ionenaustauschaktive Gruppen an die Matrix angebunden. Dabei unterscheidet man zwischen Kationenaustauscher (mit negativ geladenen Festionen) und Anionenaustauscher (mit positiv geladenen Festionen). Innerhalb dieser Gruppen gibt es noch die Einteilung nach stark sauren/basischen und leicht sauren/basischen Harzen.

##### Stark saure Kationenaustauscher

Diese Harze werden auf Basis von Styrol (Vinylbenzol) hergestellt. Durch die Copolymerisation von Styrol und Divinylbenzol entsteht ein vernetztes, wasserunlösliches, makroporöses Harz. An die Harzmatrix werden Sulfosäuregruppen ( $-\text{SO}_3\text{H}$ ) angebunden.

Eingesetzt werden diese Harze in der Spülwasserkreislauftechnik und zur Entfernung von mehrwertigen Metallen wie Eisen, Chrom, Aluminium aus chromsäurehaltigen Konzentraten und Metallverunreinigungen aus Phosphorsäurebeizen [6]. Das sulfonierte, vernetzte Polystyrol ist das Standardkationenaustauschharz aller Hersteller, z. B. Bayer Lewatit S 100; Amberlite IR 120; Dowex C-500 U.G.; Duolite C-20.

##### Schwach saure Kationenaustauscher

Bei diesen vernetzten Polyacrylaten werden anstelle von Sulfosäuregruppen Carboxylsäuregruppen ( $-\text{COOH}$ ) als ionenaktive Gruppen angehängt, wobei Kationen aus schwach sauren Lösungen bevorzugt absorbiert werden.

Verwendung finden diese Harze als Schlusstauscher, Tensidfänger, Pufferaustauscher und als Austauscher zur Rückgewinnung von Buntmetallen [6]. Handelsübliche Bezeichnungen der Hersteller sind z. B.: Bayer Lewatit CNP 80; Amberlite IRC 84; Dowex CCR-3 U.G.; Duolite CC-3.

### Stark basische Anionenaustauscher

Basis dieser Harze ist Polystyrol mit quaternären Ammoniumverbindungen, zur Aminierung werden tertiäre Amine eingesetzt. In der Regel wird das Amin Trimethylamin verwendet, wodurch Harze mit hoher Basenstärke entstehen. Hierzu gehören z. B. folgende stark basischen Harze: Bayer Lewatit M 500; Amberlite IRA 400; Dowex AII-500 U.G.; Duolite 101-D. [11]

Zu beachten ist hierbei die starke Bindung von Cyanokomplexen, Metallchelaten und anionenaktiven Tensiden an das Austauschharz, welche bei der anschließenden Regenerierung nicht mit Natronlauge eluierbar sind [6].

### Mittel und schwach basische Anionenaustauscher

Bei der Aminierung werden primäre oder sekundäre Amine eingesetzt, wodurch Aminogruppen mit geringerer Basenstärke entstehen. Die Eigenschaften und das Verhalten dieser Austauscher sind von den verwendeten Aminen abhängig. Typische Herstellerbezeichnungen für Harze dieser Gruppe sind z. B.: Bayer Lewatit MP 64; Amberlite IRA 93; Dowex AMW-500 U.G.; Duolite ES-368. [11]

Die Herstellung von Kationenaustauschern (Sulfonierung) ist im Gegensatz zur Herstellung von Anionenaustauschern (Aminierung der Kohlenstoffketten) einfacher. Anionenaustauscher besitzen dazu eine geringere Stabilität gegenüber chemischen Einwirkungen (Reduktion, Oxidation) und der Temperatur. Organische Inhaltsstoffe im Abwasser sind zudem meist anionischer Art, wodurch der Anionenaustauscher zusätzlich belastet wird.

#### **5.1.8.5 Regenerierung**

Die Regenerierflüssigkeit ist abhängig vom verwendeten Harz. In der Regel wird für Kationenaustauscher Salzsäure und für Anionenaustauscher Natronlauge verwendet. Das durch die Regenerierung der Ionenaustauschharze entstehende Eluat enthält die vom Harz zurückgehaltenen Ionen und muss gesondert behandelt werden, um diese Ionen, z. B. Schwermetalle, entfernen zu können. Ein mögliches Verfahren ist hierbei die Fällung. [2]

Um die Regenerierchemikalien aus den Ionenaustauschern wieder auszuwaschen, werden diese mit Wasser beschickt, dabei entsteht Spülwasser mit geringen Konzentrationen der zuvor entfernten Ionen. Je nach Konzentration kann dieses direkt eingeleitet, oder einer Behandlungsstufe zugeführt werden.

#### **5.1.8.6 Hilfsstoffe**

Hilfsstoffe werden vorrangig für die Regeneration der Harze – Kationen- und Anionenaustauschharze – benötigt. Bei der Verwendung von Selektivaustauschern werden für die pH-Wert-Einstellung Laugen und Säuren benutzt.

- Salzsäure (HCl) oder Schwefelsäure (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) zur Regenerierung von Kationenaustauschern,
- Natronlauge (NaOH) Lösung zur Regenerierung von Anionenaustauschern.

### 5.1.8.7 Emissionen

#### 5.1.8.7.1 Abluft/Gerüche

Ionenaustauscher werden mit anorganischen Abwasserinhaltsstoffen beschickt, wodurch es zu keiner Geruchsbelästigung kommt.

#### 5.1.8.7.2 Konzentrat (Eluat)

Bei der Regenerierung entsteht eine Lösung, die aus eluierten Stoffen, Regenerierflüssigkeit und Waschwasser besteht. Das saure Eluat aus der Regeneration von Kationenaustauschern enthält Metallanteile und überschüssige Salz- oder Schwefelsäure. Alkalische Eluate von Anionenaustauschern enthalten Anionen, wie z. B. Sulfate, Chloride, Phosphate, Chromate, überschüssige Natronlauge sowie Tenside (Ionogene und nichtionogene). Mögliche Weiterbehandlungsschritte sind die Neutralisation und die Entgiftung. [2], [4]

#### 5.1.8.7.3 Abwasser

Je nach Anforderung kann das gereinigte Abwasser noch einer Nachbehandlung zugeführt werden, um die Restkonzentrationen zu senken. Zur Nachbehandlung stehen Mischbettaustauscher und Schlussaustauscher zur Verfügung. Der Mischbettaustauscher ist eine Mischung aus Kationen- und Anionenharzen mit spezifischen Gewichten. Für die selektive Entfernung von Restkonzentrationen werden Schlussaustauscher verwendet, dies sind überwiegend schwach saure Kationenaustauscher mit Na<sup>+</sup> Beladungsform, seltener kommen schwach bis mittel basische Anionenaustauscher mit Chlorid- oder Sulfatform zum Einsatz. [2]

#### 5.1.8.7.4 Restwasser

Restwasser entsteht bei der Nachbehandlung des Eluats mittels Neutralisation und Entgiftung. Zweckmäßig ist hierbei die Rückführung in den Zulauf der Abwasserreinigungsanlage.

### 5.1.8.8 Vor- und Nachteile

In der nachfolgenden Tabelle 29 werden die Vor- und Nachteile bei der Verwendung einer Ionenaustauschanlage als Behandlungsverfahren für Abwässer dargestellt.

Tabelle 29: Vor- und Nachteile einer Ionenaustauschanlage [4]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entfernbarkeit aller Ionen und ionisierbarer Stoffe aus wässrigen Flüssigkeiten möglich,</li> <li>• Hoher Wirkungsgrad möglich,</li> <li>• Rückgewinnung wertvoller Stoffe möglich,</li> <li>• Große Vielfalt von speziellen Harzen verfügbar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vorgeschaltete Filtration notwendig,</li> <li>• Fällung, Adsorption und Bakterienwuchs führen zu Fouling auf der Harzoberfläche,</li> <li>• Störungen durch konkurrierende Ionen im Abwasser</li> <li>• Verschleiß der Harzpartikel durch Regenerierung oder mech. Einflüsse,</li> <li>• Eluat aus der Regenerierung muss nachbehandelt oder entsorgt werden.</li> </ul>

### 5.1.8.9 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Für den Betrieb einer Ionenaustauschanlage ist eine Vorreinigung zwingend notwendig. Vor dem Einsatz von Ionenaustauschverfahren müssen deshalb Feststoffe aus der Lösung mittels Sandfilter oder Adsorption an Aktivkohle entfernt werden. Ionenaustauscher funktionieren nur mit Lösungen, die in erster Linie Ionen enthalten, aber frei von Feststoffen sind. Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Einsatz von Ionenaustauschern nur bei Salzkonzentrationen unterhalb von 1.500 mg/L einsetzbar. Die Reduzierung der Salzkonzentration kann mit einer Fällung als Vorbehandlungsschritt erreicht werden. Für den Betrieb einer Ionenaustauschanlage ist elektrische Energie notwendig. [2], [3] Nachfolgende Abbildung 26 zeigt eine mögliche Integration eines Ionenaustauschers in die Abfallbehandlung.

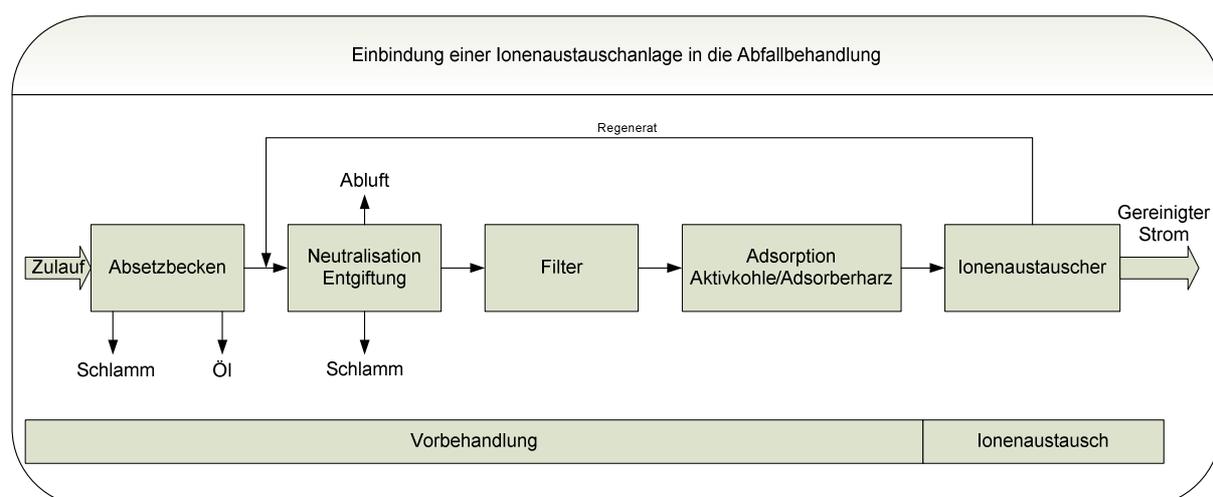


Abbildung 26: Integration eines Ionenaustauschers in die Abfallbehandlung [2]

## 5.2 Verfahren zur Stoffumwandlung (chemische Verfahren)

### 5.2.1 Neutralisation/Fällung

Neutralisation und Fällung sind Verfahren für die Behandlung von Säuren, Laugen, metallhaltigen wässrigen Lösungen, sowie fluorid-, phosphat-, sulfat- und sulfidhaltigen Lösungen. Ziel der Neutralisation ist die Erreichung des vorgeschriebenen pH-Wertes zur direkten (pH 6,5-8,5) oder indirekten (pH 6,5-10) Ableitung oder zur Metallausfällung. Dies erfolgt durch Zugabe von Säuren oder Basen zur Lösung; es können geeignete Abfälle oder Rohchemikalien sein. Ziel der Fällung ist die Überführung von löslichen Substanzen in nichtlösliche Verbindungen. Dies erfolgt durch chemische Reaktionen wie Neutralisation und die anschließende Abtrennung der Feststoffe, um die gesetzlichen Schwermetall-Grenzwerte im Ablauf zu erreichen. Beispiele für Metalle, die ausgefällt werden, sind Zn, Ni, Cr, Pb, Cd, Sn, Al und Cu [3].

Die ausgefällten Stoffe werden durch mechanische Trennverfahren, wie Filtration und Sedimentation/Zentrifugation, abgetrennt.

#### 5.2.1.1 Zu behandelnde Abfallarten

##### Neutralisation

- Säuren: Salz-, Schwefel-, Salpeter-, Fluss-, Phosphorsäure und saure Salze,
- Organische Säuren,
- Laugen, Laugengemische, Ammoniaklösungen,
- Konzentrate, chrom(VI)haltig, cyanidhaltig,
- Spül-, Waschwasser, cyanidhaltig, metallsalzhaltig
- Entwicklerbäder,
- Sonstige wässrige Konzentrate,
- Hypochorit-Ablauge,
- Behandlung der wässrigen Phase: verunreinigte Böden, Emailleschlamm, Füll-, Trennmittelsuspensionen, Sandfanginhalte, Laborabfälle und Chemikalienreste,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: Härtereischlämme, sonstige Schlämme mit schädlichen Verunreinigungen, Galvanikschlämme, Metallhydroxidschlämme.

##### Fällung

- Aluminiumhydroxidschlamm,
- Eisenchlorid,
- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen,

- Akku-Säuren,
- Säuren und Säuregemische, anorganisch
- Säuren und Säuregemische mit Beimengungen,
- Laugen und Laugengemische mit Beimengungen,
- Konzentrate, metallsalzhaltig (Nitratlösungen, Entroster),
- Spül-, Waschwasser, metallsalzhaltig,
- Sonstige wässrige Konzentrate,
- Schlamm aus der Behälterreinigung,
- Sickerwasser aus AbfalldPONien,
- Wasch- und Prozesswässer,
- Behandlung der wässrigen Phase aus anderen Behandlungsverfahren: verunreinigte Böden, Laborabfälle und Chemikalienreste,

### 5.2.1.2 Anforderungen an das Verfahren

Bei der gegenseitigen Neutralisation von sauren und basischen Abwässern ist darauf zu achten, dass keine Metalle und Komplexbildner gleichzeitig vorhanden sind, da dies zur Bildung von Metallkomplexen führt, welche dann schwieriger abzutrennen sind. Deshalb müssen komplexbildende Ionen wie zum Beispiel EDTA, NTA und Cyanide, vor der Neutralisation mittels Entgiftung entfernt werden. [3]

Um störende oder gefährliche Reaktionen zu vermeiden, ist bei der Neutralisation von Säuren, eine nach Anionen getrennte Neutralisation anzustreben, und zwar [1]:

- Salzsäure und salzsaure Lösungen,
- Salpetersäure und salpetersaure Lösungen,
- Schwefelsäure und schwefelsaure Lösungen,
- Fluorssäure (Fluorid-Fällung erforderlich),
- Andere Säuren bzw. Anionen.

Werden die Grenzwerte für Schwermetalle durch eine einstufige Behandlung nicht erreicht, ist eine Nachbehandlung mit spezifischen Fällungsmitteln (Sulfid, Organosulfide, usw.), ein selektiv arbeitender Ionenaustauscher oder eine Umkehrosmose erforderlich. [1]

Durch die gleichzeitige Anwesenheit mehrerer Metalle im Abwasser wird die Fällung der schwieriger fällbaren Metalle, wenn deren Konzentration verhältnismäßig gering ist, begünstigt, dies wird als Mitfällung bezeichnet.

### 5.2.1.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Zur pH-Wert-Einstellung werden dem flüssigen Abfall Säuren oder Basen zugeführt. Eine Neutralisationsanlage besteht im Allgemeinen aus einem geschlossenen Behälter mit Zulauf, Ablauf am Behälterboden, Rührwerk, Füllstandwächter, Chemikaliendosiereinrichtungen, Temperaturüberwachung und Abluftabsaugung, siehe dazu Abbildung 27. Die Dosierung der Chemikalien wird automatisch geregelt.

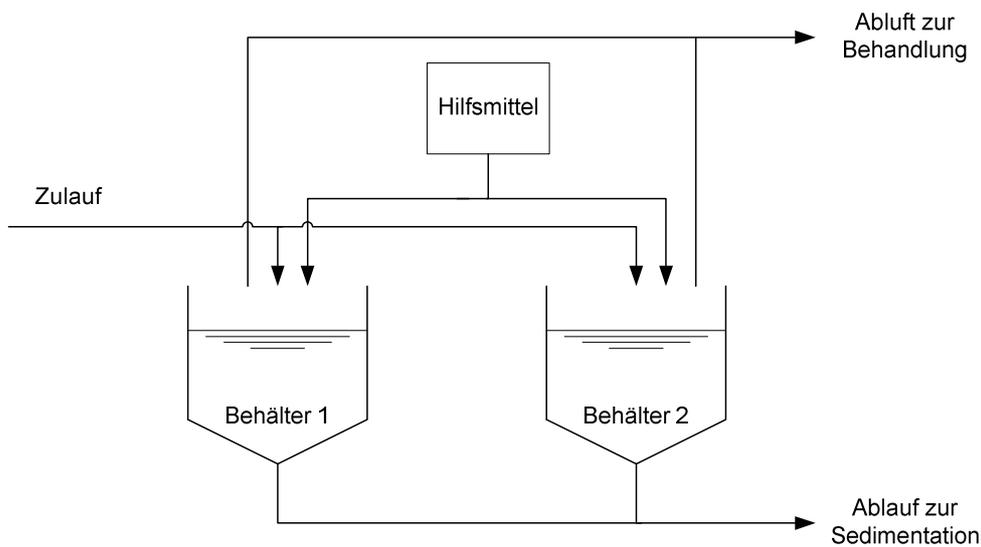


Abbildung 27: Darstellung einer Chargenneutralisationsanlage

Der Stand der Technik bezieht sich bei diesen Verfahren weniger auf die Verfahrenstechnik sondern auf die Wahl der Behandlungschemikalien. Nach dem Stand der Technik sind die Minimierung der Aufsalzung des Abwassers, die Schlamm Bildung sowie die Einhaltung der Grenzwerte für Schadstoffe für die Wahl der geeigneten Chemikalien ausschlaggebend.

### 5.2.1.4 Hilfsmittel

Bei der Fällung werden folgende Reagenzien eingesetzt: [1], [2], [4]

Tabelle 30: Eingesetzte Chemikalien bei der Fällung

Basische Reagenzien	Fällung von	Bemerkung
Natronlauge (Natriumhydroxid, NaOH)	Metalle	kein zusätzlicher Schlamm- anfall, einfache Handhabung
Kalkmilch (Calciumhydroxidlösung) oder Kalk (CaO)	Metalle, Fluoride, Sulfate, Phosphate	erhöhter Schlammanfall, erweiterter Fällungsbereich
Soda oder sodahaltige Natronlauge	Metalle	erweiterter Fällungsbereich bei Pb und Cd
Natriumsulfid	Metalle, auch komplex gebunden	Erhöhung des Sulfidgehaltes im Abwasser
Organosulfide	Metalle, auch komplex gebunden	
Eisen-III-Salze oder Aluminiumsalze	Phosphate	erhöhter Schlammanfall
<b>Flockungsmittel zur Unterstützung der weiteren Trennung</b>		
Eisen und Eisensalze		
Aluminiumsulfat		
Polymere		
Polyorganosulfide		
<b>Saure Reagenzien</b>	<b>Bemerkung</b>	
Schwefelsäure (H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> )	hohe Hydrationswärme, stark ätzend	
Salzsäure (HCl)	Korrosionsgefahr, stark ätzend	
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> )	wird nur in Einzelfällen eingesetzt, z. B. Neutralisation der Natronlauge	

### 5.2.1.5 Schwermetallfällung

Mittels Schwermetallfällung erfolgt die Schwermetallentfernung aus Abwässern und flüssigen gefährlichen Abfällen, welche besonders in den Bereichen Metalloberflächenbehandlung, in der Galvanik- und Elektronikindustrie (z. B. Halbleiterindustrie) anfallen.

Zu Beginn erfolgt eine Ansäuerung des Abfalls, damit alle Metalle in Lösung gehen. Für die Einstellung des pH-Werts auf den Punkt minimaler Löslichkeit werden Säuren oder Basen

(können auch geeignete Abfälle sein). Da die Metallkonzentrationen von Charge zu Charge sehr stark schwanken, ist ein Chargenbetrieb vorteilhaft. Können die benötigten Metallkonzentrationen mittels Hydroxidfällung nicht erreicht werden, erfolgt die Behandlung mittels Sulfidfällung, ebenso bei Anwesenheit von Komplexbildner.

In Tabelle 31 sind die Löslichkeitsprodukte von Metallhydroxiden und Metallsulfiden dargestellt, dabei wurden die bei Abwasserverhältnissen ermittelten Löslichkeitsprodukte angegeben. Bei NiS und ZnS wurden die Werte für die jeweils schwer löslichere Modifikation angegeben.

Tabelle 31: Gegenüberstellung d. Löslichkeitsprodukte v. Metallhydroxiden und -sulfiden [1]

Metall	Hydroxid	Löslichkeitsprodukt	Sulfid	Löslichkeitsprodukt
	Formel		Formel	
<b>Aluminium</b>	Al(OH) <sub>3</sub>	2*10 <sup>-32</sup>	-	-
<b>Blei</b>	Pb(OH) <sub>2</sub>	10 <sup>-7</sup> bis 10 <sup>-13</sup>	PbS	3*10 <sup>-28</sup>
<b>Cadmium</b>	Cd(OH) <sub>2</sub>	1,3*10 <sup>-14</sup>	CdS	5,1*10 <sup>-29</sup>
<b>Chrom</b>	Cr(OH) <sub>3</sub>	3*10 <sup>-28</sup>	-	-
<b>Eisen(II)</b>	Fe(OH) <sub>2</sub>	2*10 <sup>-15</sup>	FeS	3,7*10 <sup>-19</sup>
<b>Eisen(III)</b>	Fe(OH) <sub>3</sub>	8,7*10 <sup>-38</sup>	-	-
<b>Kupfer</b>	Cu(OH) <sub>2</sub>	2*10 <sup>-19</sup>	CuS	8*10 <sup>-45</sup>
<b>Nickel</b>	Ni(OH) <sub>2</sub>	5,8*10 <sup>-15</sup>	NiS	1*10 <sup>-26</sup>
<b>Silber</b>	AgOH	1,24*10 <sup>-8</sup>	Ag <sub>2</sub> S	1,6*10 <sup>-49</sup>
<b>Zink</b>	Zn(OH) <sub>2</sub>	4*10 <sup>-17</sup>	ZnS	6,9*10 <sup>-26</sup>
<b>Zinn(II)</b>	Sn(OH) <sub>2</sub>	6*10 <sup>-25</sup>	SnS	ca. 10 <sup>-20</sup>
<b>Zinn(IV)</b>	Sn(OH) <sub>4</sub>	1*10 <sup>-56</sup>	-	-

### 5.2.1.5.1 Hydroxidische Fällung

Durch die Zugabe von OH-Ionen – also durch Zugabe von Laugen, wie z. B. Natronlauge – wird der pH-Wert des Abwassers so eingestellt, dass die schwer löslichen Schwermetall-Hydroxide ausfallen. Ziel ist die Erreichung der vorgeschriebenen Grenzwerte für Schwermetalle.



Abbildung 28 zeigt pH-Wert-Bereiche, die für die Fällung mit Natronlauge, Soda oder Kalkmilch für verschiedene Metalle erreicht werden müssen, diese gelten aber nur für Lösungen, die keine Komplexbildner enthalten.

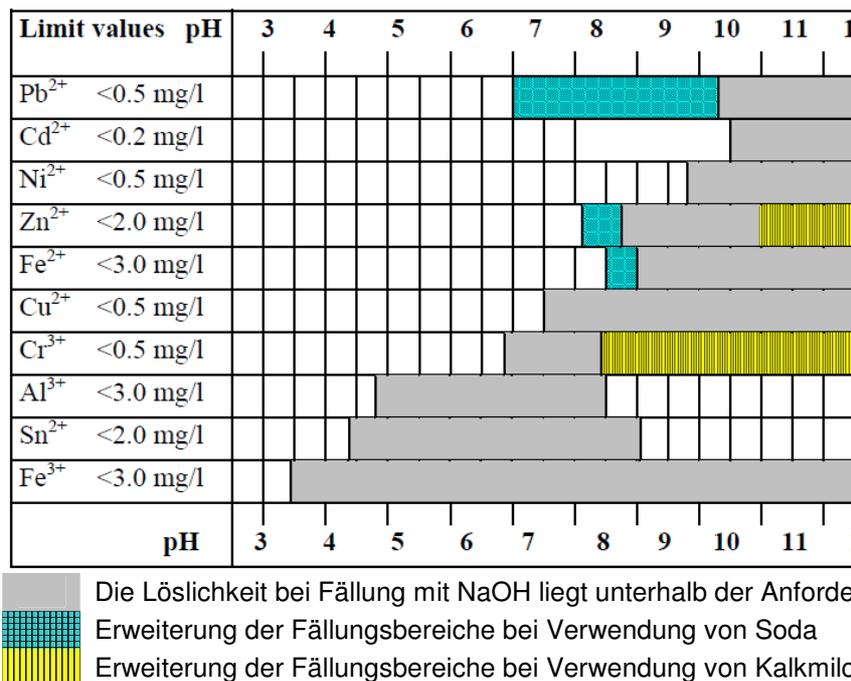
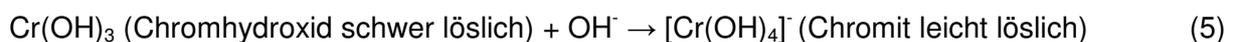
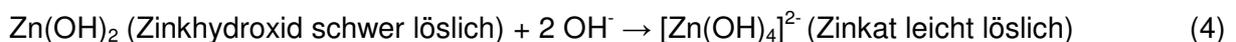


Abbildung 28: pH-Wert-Bereiche für die Fällung verschiedener Metalle [1], [3]

Bei Abwässern, die verschiedene Metalle enthalten, muss ein optimaler pH-Wert für die minimale Löslichkeit gefunden werden. Dabei ist es möglich, dass einige Metalle gar nicht ausgefällt werden. In diesem Fall muss die Fällung in mehreren pH-Wert-Schritten durchgeführt werden, um die Entfernung der Metalle zu erreichen. [3]

Für die Fällung von Schwermetallen, Phosphaten und Fluoriden liegt der optimale pH-Wert-Bereich zwischen 9 und 12 [4]. Komplexbildende Stoffe können die Fällung von Schwermetallen, wie Kupfer und Nickel verhindern [4]. Bei der Fällung von Metallen als Hydroxid ist ebenfalls zu beachten, dass die Hydroxide von Aluminium, Zink und Chrom bei Fällmittelüberschuss als Hydroxokomplexe wieder in Lösung gehen [5]:



Für die Behandlung von Abwässern, welches Metalle enthält, deren Fällungs-pH-Werte weit auseinanderliegen, ist es meist notwendig mehrstufig zu fällen bzw. eine (Organo-) Sulfidfällung nachzuschalten.

Bei der Verwendung von Calciumhydroxid als Fällungsmittel, kommt es zu einem erhöhten Schlammanfall, vorteilhaft hierbei ist aber, dass die Schwermetallfällung durch Bildung von schwerlöslichen Calciumverbindungen zu einem verbesserten Entwässerungsverhalten des Fällungsschlammes führt und gegebenenfalls vorhandene Anionen, wie Fluorid und Sulfat, mitgefällt werden [1] [5].

### Einschränkungen bei der hydroxidischen Metallfällung

Die Fällung der Schwermetalle als Metallhydroxide wird besonders durch Komplexbildner erschwert und zum Teil gänzlich verhindert. Komplexbildner werden vor allem im Galvanikbereich eingesetzt, um die Metallionen in Lösung zu halten und gleichzeitig die Metallionenkonzentration zu minimieren.

Wichtige Vertreter von Komplexbildner sind:

- Cyanid,  $\text{CN}^-$ ,
- Ammoniak,  $\text{NH}_3$ , (Ammin-Komplex),
- Polyphosphate,  $\text{Na}_{(n+2)}[\text{P}_n\text{O}_{(3n+1)}]$ , wie  $\text{Na}_4[\text{P}_2\text{O}_7]$ ,  $\text{Na}_5[\text{P}_3\text{O}_{10}]$ ,
- TEA, Triethanolamin,  $\text{N}-(\text{CH}_2-\text{CH}_2\text{OH})_3$  und andere org. Amine, (Amin-Komplex)
- NTA, Nitrilotriessigsäure-Natrium-Salz,  $\text{N}-(\text{CH}_2\text{COONa})_3$  sowie EDTA, Ethylen-diamintetraessigsäure-Natrium-Salz,  $(\text{CH}_2\text{COONa})_2-\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}-(\text{CH}_2\text{COONa})_2$
- Zitronensäure  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ ,  $\text{HOOC}-\text{CH}_2-\text{C}(\text{OH})(\text{COOH})-\text{CH}_2-\text{COOH}$
- Weinsäure  $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ ,  $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{COOH}$
- Gluconsäure  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_7$ ,  $\text{HOOC}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CHOH}-\text{CH}_2\text{OH}$

Neben Komplexbildnern führt auch die Anwesenheit von organischen Polymeren und Tensiden zu einer Beeinträchtigung der Fällung, da die gebildeten Hydroxidflocken beim Absetzen gestört werden. Die beste Möglichkeit, Metalle aus ihren Komplexen zu fällen, ist die Fällung der Schwermetalle als Metallsulfide, siehe dazu Kapitel 5.2.1.5.3.

### Vor- und Nachteile der hydroxidischen Fällung

- Standardverfahren, d. h. Behandlungserfolg gut abschätzbar,
- Geringe Chemikalienkosten (meist steht Natronlauge als Abfall zur Verfügung),
- Erhöhter Schlammanfall bei der Zugabe mancher Reagenzien (siehe Tabelle 30),
- Aufsalzung des Abwassers.

#### **5.2.1.5.2 Karbonatische Fällung**

Zur Fällung von z. B. Zink und Blei wird dem Abwasser Soda (Natriumcarbonat,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) zugesetzt. Die Carbonate weisen zwar höhere Restlöslichkeiten auf als die Hydroxide, jedoch bilden sie gut absetzbare und gut entwässerbare Niederschläge, was sich günstig bei der späteren Filtration auswirkt. Gegebenenfalls muss zur Erreichung der Grenzwerte eine sulfidische Fällung nachgeschaltet werden. [5]

### 5.2.1.5.3 Sulfidische Fällung

Für die Fällung von Schwermetallen als Metallsulfid werden Natriumsulfid  $\text{Na}_2\text{S}$ , Gemische aus Natriumsulfid oder Organosulfide (bilden noch schwerer lösliche Niederschläge) als Fällungsmittel verwendet.

Bei Fällung mit Sulfiden können auch Schwermetalle aus Abwässern mit Komplexbildnern gefällt werden, da viele Schwermetallsulfide sehr geringe Löslichkeitsprodukte aufweisen.



Zu beachten ist hierbei, dass die Metalle Aluminium, Zinn und Chrom nicht sulfidisch gefällt werden können, da sie keine schwerlöslichen Sulfide bilden können.

Nachteile, die bei der sulfidischen Fällung mit Natriumsulfid auftreten können, sind [5], [4]:

- Bildung von Schwefelwasserstoff, falls die Charge sauer wird,
- der sulfidische Niederschlag ist meist schwer abfiltrierbar (noch feiner als Hydroxidniederschläge) – Flockung mit Eisensalzen meist notwendig; gegebenenfalls sogar eine Flotation,
- zusätzlicher Einsatz von Eisen-III-Chlorid notwendig, um die Grenzwerte von Sulfid im Abwasser einzuhalten – zusätzlicher Schlammanfall.

Organosulfide als Fällungsmittel erzeugen sehr schwerlösliche Niederschläge, nachteilig sind aber ein verhältnismäßig hoher Schlammanfall und hohe Kosten.

#### Vor- und Nachteile der sulfidischen Fällung

- Metallsulfide sind, mit Ausnahme des Zinnsulfides, erheblich schwerer löslich aus Hydroxide,
- Fällungsmittelüberschuss muss aus dem Abwasser entfernt werden,
- Hohe Chemikalienkosten, daher aus wirtschaftlicher Sicht nur für Restmetall-Konzentrationen vorteilhaft.

Die gebräuchlichsten Organosulfide sind: Thioharnstoff (weiße Kristalle), Trimercaptotriazin TMT 15 (gelbe Flüssigkeit), Cellulosexanthogenat (CX), Stärkexanthogenat (SX), u. a.

### 5.2.1.6 Emissionen

#### 5.2.1.6.1 Abluft/Gerüche

Die Abluft der Behälter für die Neutralisation und Fällung ist abzusaugen und zu reinigen. Die anfallende Abluft aus der Neutralisation kann anorganische Schadstoffe wie  $\text{HCl}$ ,  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,

SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub>, Ammoniak und auch alle flüchtigen organischen Materialien wie z. B. Lösemittel enthalten.

#### 5.2.1.6.2 Reststoffe (Feststoff)

Der anfallende Feststoff enthält bei Verwendung von NaOH oder Ca(OH)<sub>2</sub> schwerlösliche Metallhydroxide und/oder Gips. Bei der Verwendung anderer Hilfsstoffe für die Fällung wie Sulfide, Organosulfide und/oder Carbonate, Ca-Fluorid, Ca-Phosphat, Ca-hydroxiphosphat etc., entstehen Anionen. Der Dünnschlamm muss anschließend entwässert werden. [2], [1], [3]

#### 5.2.1.6.3 Abwasser

Typische Komponenten, welche nach der Behandlung des Abfalls noch im Abwasser sein können, sind alle nicht ausgefällten und abgesetzten Stoffe, z. B. Metalle, Chlorid, Phosphor und Stickstoff. [3] Ebenfalls können Überschüsse an zugesetzten, löslichen Hilfsstoffen enthalten sein.

#### 5.2.1.6.4 Restwasser

Das Filtrat aus der Schlammentwässerung wird der Neutralisation/Fällung rückgeführt.

#### 5.2.1.7 Input-Output-Bilanz

Abbildung 29 zeigt schematisch die Stoffströme bei einer Neutralisation von Abfällen.

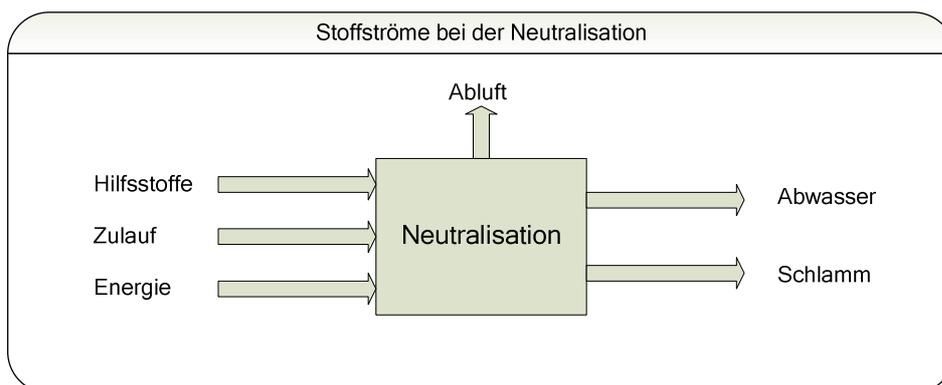


Abbildung 29: Stoffströme bei der Neutralisation

#### 5.2.1.8 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die Neutralisation und Fällung schließt sich fast immer als erste Behandlungsstufe nach einer Entgiftung innerhalb der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung an. Für die weitere Reinigung können Umkehrosmose und Eindampfung und ggf. eine biologische Stufe

nachgeschaltet werden. Vor der Einleitung des behandelten Abwassers in die Kanalisation oder in den Vorfluter, wird die Neutralisation zur pH-Wert-Regulierung als Endbehandlung eingesetzt.

Abbildung 30 zeigt den prinzipiellen Verfahrensablauf einer Abfallbehandlungsanlage, welche aus Vorlagebehältern, Entgiftung/Neutralisation, Schlammabsetzbecken, Entwässerung und Kontrollbehältern besteht.

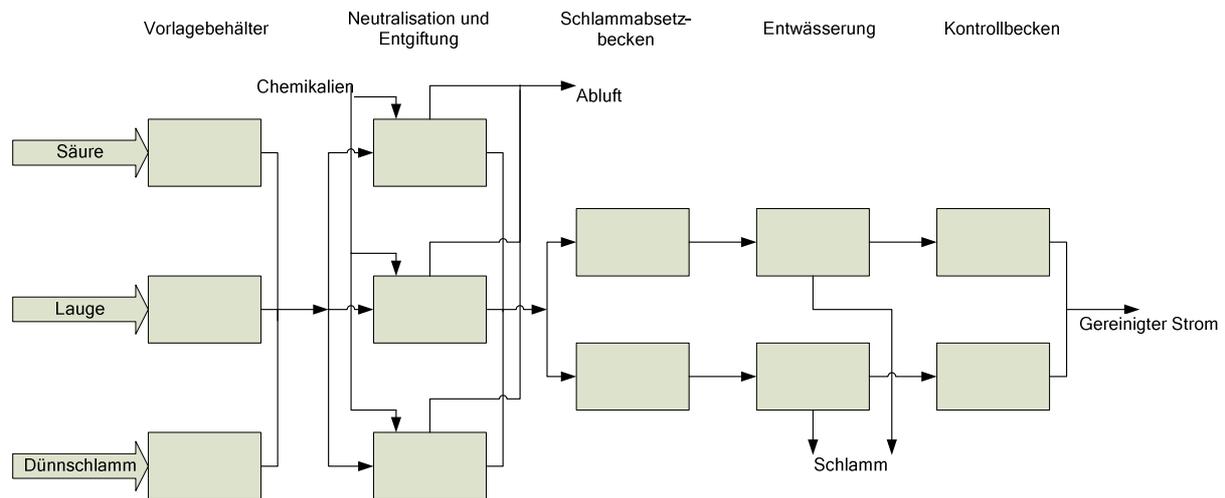


Abbildung 30: Darstellung einer Verfahrenskombination mit Neutralisation, Fällung und Entgiftung [2]

## 5.2.2 Entgiftung/Reduktion

In chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen können anorganische Flüssigabfälle, welche Chrom(VI)-Verbindungen und Nitrite enthalten, mittels Reduktion umgewandelt werden, wodurch Verbindungen mit einer niedrigeren Oxidationsstufe entstehen. Diese Verbindungen besitzen ein geringeres Gefährdungspotenzial für die Umwelt.

### 5.2.2.1 Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen

Chromsäure, Natrium-, Kaliumchromat oder Kaliumdichromat werden bei der Metallver- und Metallbearbeitung in Chrom-, Reinigungs- und Passivierungsbädern eingesetzt. Weiters werden in der Gerberei Chrom(VI)-Verbindungen verwendet. Die meisten Chromverbindungen erkennt man an der typischen Färbung, wobei Chrom(III)-Verbindungen grün sind. Chrom(VI)-Verbindungen sind akut und chronisch toxisch. Der Grenzwert bei direkter und indirekter Einleitung für sechswertiges Chrom im Abwasser liegt bei 0,1 mg/L (AEV Abfallbehandlung).

Die Problematik bei Chrom(VI)-Verbindungen liegt darin, dass sie, unabhängig vom pH-Wert, wasserlöslich sind und deshalb mittels Reduktion in die dreiwertige Form überführt werden müssen. Das dreiwertige Chrom kann anschließend mittels Fällung als Chrom(III)-Hydroxid abgetrennt werden.

Für die Reduktion, der Chrom(VI)-Verbindungen werden, üblicherweise folgende Reduktionsmittel verwendet:

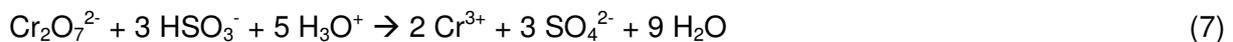
- Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>)
- Natriumhydrogensulfit (NaHSO<sub>3</sub>)/-disulfit (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)
- Natriumdithionit (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>)
- Eisen(II)-Sulfat (FeSO<sub>4</sub>), Eisen(II)-Chlorid (FeCl<sub>2</sub>)

#### Reduktion mit Schwefeldioxid

Die Reduktion läuft schnell ab und ist bei Ansäuerung auf einen pH-Wert von 2 optimal. Durch die Verwendung von Schwefeldioxid als Reduktionsmittel kommt es nur zu einer minimalen Aufsatzung und Schlamm Bildung. Allgemein werden aber feste oder flüssige Hilfsstoffe vorgezogen.

#### Reduktion mit Natriumhydrogensulfit

Für die Ansäuerung wird Schwefelsäure oder Salzsäure hinzugefügt – pH-Wert bei ca. 2 und soll während der Reaktion konstant gehalten werden. Durch die Messung der Redoxspannung während der Entgiftung zeigt ein deutlicher Potenzialsprung überschüssiges Hydrogensulfit an, wodurch die Reaktion gut verfolgt werden kann.



Anhand dieser Gleichung wird deutlich, dass das im Chromat als +6-wertig vorliegende Chrom zu +3-wertigem Chrom reduziert wird, während der im Hydrogensulfit vorliegende +4-wertige Schwefel zu +6-wertigem Schwefel (Sulfat) oxidiert wird. Die Farbe verändert sich dabei von orange (Chrom-VI) auf grün (Chrom-III). Die Geschwindigkeit der Reaktion hängt vom pH-Wert ab, bei Werten von 2 bis 3 dauert die Reaktion ca. 20 Minuten.

Hierbei ist zu beachten, dass im sauren Bereich als Nebenprodukt Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) entsteht und der Entgiftungsreaktor abgesaugt werden muss [5].

#### Reduktion mit Natriumdisulfit

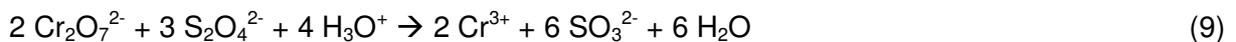
Hierbei liegt der Schwefel +4-wertig vor. Die Reaktion findet bei pH-Werten um 2 statt [5]:



### Reduktion mit Natriumdithionit

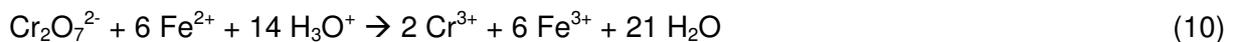
Hier liegt der Schwefel +3-wertig vor. Die Verwendung von Natriumdithionit hat sich bei jedem pH-Wert bewährt. Die Reaktion läuft in zwei Stufen ab:  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4$ . Bei pH-Werten über 3 kann nur die erste Stufe ausgenutzt werden, unterhalb ist auch die zweite Stufe nutzbar.

Dieses Verfahren wird vor allem dann eingesetzt, wenn nur geringe Konzentrationen an Chromat vorliegen. Dabei wird die Reduktion im neutralen bis alkalischen Bereich, bei pH-Werten von 7 bis 9, durchgeführt, wodurch die Entgiftung aufsalzungsarm stattfindet. Wie aus nachfolgender Gleichung ersichtlich, wird im alkalischen der Schwefel nicht bis zum Sulfat oxidiert, sondern nur bis zum Sulfit [5].



### Reduktion mit Eisen(II)-Sulfat

Die Chromatreduktion mit Eisen(II)-Ionen ist im sauren um pH 2 bis 3, aber auch im alkalischen um pH 10 durchführbar. Verwendet wird allgemein Eisen(II)-Sulfat-Heptahydrat,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$ . Durch die Messung der Redoxspannung kann die Reaktion einfach verfolgt werden, da ein Potentialsprung überschüssiges Eisen(II) anzeigt [5].



Enthalten Abfälle hohe Konzentrationen an Eisen(II)-Sulfat oder Eisen(II)-Chlorid können diese ebenfalls zur Reduktion eingesetzt werden.

#### **5.2.2.1.1 Reaktionskontrolle**

Für die Reaktionskontrolle müssen pH-Wert, Redoxpotenzial, Füllstand und Chemikalienverbrauch ständig überwacht werden. Der Chromatgehalt kann mittels Schnelltests und/oder fotometrisch im Labor bestimmt werden. Bei diesem Verfahren hat sich der Chargenbetrieb bewährt.

### 5.2.2.1.2 Vor- und Nachteile verschiedener Reduktionsmittel

Tabelle 32: Gegenüberstellung der Reduktionsmittel für die Chromatreduktion

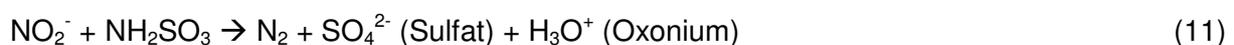
Reduktionsmittel	Vorteil	Nachteil
Natriumhydrogensulfit	schnelle Reaktion	Aufsalzung des Abwassers; mehr feste Rückstände, da Gips bei der anschließenden Neutralisation gebildet wird
Schwefeldioxid	geringe Aufsalzung des Abwassers; schnelle Reaktion	Reaktionsgas schwierig zu handhaben; SO <sub>2</sub> -Verlust, können in das Abluftreinigungssystem gelangen
Eisen(II)-Sulfat	Einfache Steuerung durch Messung des Redoxpotenzials; Reduktion im sauren und neutralen Bereich.	Hoher Anteil an festen Rückständen durch Fe(OH) <sub>3</sub>
Natriumdithionit	Reaktion pH-Wert unabhängig;	sehr teuer; Aufsalzung des Abwassers

### 5.2.2.2 Reduktion von Nitrit

Nitrithaltige Abwasser fallen vorrangig in der Metallindustrie (Oberflächenbehandlung, Härtereien) an, wobei das Nitrit in den Prozesslösungen als Additiv gegen Korrosion fungiert. Nitrit lässt sich im Chargenreaktor mit Säureamiden wie Amidosulfonsäure (= Amidoschwefelsäure) und Harnstoff behandeln. Mittels einer Nitritschnellanalyse (Teststäbchen) lässt sich das Ende der Reaktion feststellen.

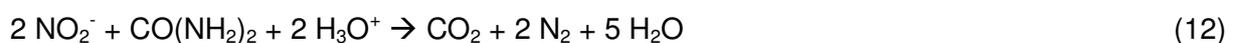
#### 5.2.2.2.1 Reduktion mit Amidosulfonsäure

Diese Reaktion läuft im schwach sauren Bereich bei pH-Werten um 4 rasch ab, wobei der gebildete Stickstoff ausgast [5]:



#### 5.2.2.2.2 Reduktion mit Harnstoff

Diese Reaktion läuft ebenfalls im schwach sauren Bereich ab, ist aber im Gegensatz zur Reduktion mit Amidosulfonsäure langsamer. Um die Reaktionszeit zu verkürzen, wird bei höheren Temperaturen gearbeitet [1], [5].



Im stark sauren Bereich würde diese Reaktion bedeutend schneller ablaufen, gleichzeitig aber auch massiv nitrose Gase freisetzen.

### 5.2.3 Entgiftung/Chemische Oxidation

Bei der chemischen Oxidation werden anorganische Schadstoffe wie Cyanide, Nitrite, Sulfide und Metallkomplexe, in weniger schädliche bzw. weniger gefährliche Verbindungen umgewandelt. Bei der Oxidation organischer Stoffe, die im gewissen Maße biologisch abbaubar sind, hängt es von der örtlichen Situation ab, ob eine chemische Oxidation oder eine biologische Oxidation eingesetzt wird. Durch die Verwendung starker Oxidationsmittel können organische Inhaltsstoffe im Abwasser zu Kohlendioxid, Stickstoff und Wasser abgebaut werden. Beispiele solcher Verunreinigungen sind:

- Kohlenwasserstoffe,
- Phenole,
- Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAKs),
- Organische Halogene,
- Farbstoffe (mit Fenton´s Reagenz),
- Pestizide,
- Cyanide,
- Nitrite,
- Sulfide,
- Sulfit,
- Schwermetallkomplexe.

#### 5.2.3.1 Konstruktion eines Oxidationsreaktors

Die Konstruktion eines Oxidationsbehälters hängt vom speziellen Einsatzzweck ab. Anschließend sind einige Punkte genannt, die bei der Auslegung und Konstruktion eines Oxidationsreaktors zu berücksichtigen sind [4]:

- Für die Oxidation sind normalerweise Drücke bis zu 0,5 MPa notwendig. Wird für die Beschleunigung der Reaktion ultraviolettes Licht verwendet, muss der Oxidationsbehälter über eine Strahlungsquelle verfügen, z. B. Niederdruck-Quecksilberlampe. Sind die UV-Lampen außerhalb des Oxidationsbehälters angebracht, muss dieser für UV-Strahlung durchlässig sein.
- Bei der Verwendung von Ozon als Oxidationsmittel, muss die Anlage mit einem Ozongenerator ausgestattet sein, da Ozon in situ erzeugt werden muss. Überschüssiges Ozon muss mittels eines Restozonvernichters eliminiert werden. Hierbei sind die strengen Sicherheitsanforderungen beim Umgang mit Ozon zu berücksichtigen.

- Bei der Oxidation mit Wasserstoffperoxid ist ein GAK-Adsorber (granulierte Aktivkohle = GAK) notwendig, um das überschüssige Oxidationsmittel nach der Behandlung zu entfernen.
- Für die Oxidation mittels Chlor ist ein Behälter mit besonderen Werkstoffeigenschaften erforderlich, z. B. aus Titan. Für die Entfernung von überschüssigem Chlor oder Hypochlorit, z. B. mit Sulfid, sollten zusätzliche Behälter vorhanden sein.

### 5.2.3.2 Vor- und Nachteile der Chemischen Oxidation

Einen Überblick über die Vor- und Nachteile der Chemischen Oxidation gibt Tabelle 33.

Tabelle 33: Vor- und Nachteile der Chemischen Oxidation [4]

Vorteile	Nachteile
Abwasser mit Konzentrationen von refraktärem CSB von einigen g/L bis zu weniger als 1 µg/L kann behandelt werden.	Hoher Energieverbrauch (Ozonerzeugung, UV-Erzeugung, Druck und Aufheizen für Oxidation mit Chlor).
Geringe Verweilzeiten, z. B. bei der Oxidation mittels Wasserstoffperoxid, und deshalb geringeres Tankvolumen notwendig.	Hohe Anforderungen an den Zulauf, z. B. katalytische Zersetzung von Wasserstoffperoxid bei Anwesenheit von Schwermetallen.
Verfahren kommt mit starken Schwankungen zurecht.	Bei der Verwendung von Halogenverbindungen als Oxidationsmittel können organische Halogene (AOX) entstehen.
Behandlung von anorganischen Stoffen.	
Zur Verfahrensoptimierung kann die chemische Oxidation problemlos mit anderen Verfahren kombiniert werden.	

### 5.2.3.3 Überwachung

Um die Leistungsfähigkeit der Oxidationsverfahren zu gewährleisten, sind folgende Parameter während des Prozesses zu überwachen:

- pH-Wert,
- Redoxpotenzial,
- Ozonkonzentration (Ozonkonzentrationen von 15-20 % sind in der Luft sehr instabil und neigen zur Zersetzung),
- Sauerstoffkonzentration,
- Gehalt des überschüssigen Oxidationsmittels im Ablauf,
- AOX-Gehalt im Ablauf, falls Oxidationsmittel auf Chlorbasis verwendet werden.

### 5.2.3.4 Überblick über die verwendeten Oxidationsmittel

Die nachfolgende Tabelle 34 gibt einen Überblick über die verwendeten Chemikalien in der Abfallbehandlung und die jeweiligen Verunreinigungen, welche mittels Oxidation behandelt werden können.

Tabelle 34: Bevorzugte Oxidationsmittel in der Abwasserbehandlung [1]

Oxidationsmittel	Anwendungsbereich	Bemerkungen
Wasserstoffperoxid $H_2O_2$ , z. B. 30%ig und 35%ig, flüssig	Oxidation von Alkalicyaniden (NaCN, KCN), Nitriten, Sulfiden, Sulfiten, Beseitigung von anaeroben Gerüchen, Oxidation von Fe(II) zu Fe(III)	Schwermetalle können $H_2O_2$ katalytisch zersetzen 1 kg $CN^-$ benötigt ca. 5 l $H_2O_2$
Peroxomonosulfate „Caroat“, „Curox“ $KHSO_5$ mit derzeit 4,5 % Aktivsauerstoff, fest	Nachoxidation von Cyaniden, die mit $H_2O_2$ nicht oxidierbar sind, Oxidation bei geringen CN-Konzentrationen	
Natriumhypochlorit Natronbleichlauge NaOCl 10 bis 15%ig, flüssig	Oxidation von Cyaniden, Nitriten, Sulfiden, Sulfiten, Eisen(II)-Verbindungen	Nicht einsetzbar, wenn chlorierbare, organische Inhaltsstoffe anwesend sind, da AOX-Bildung
Wasserstoffperoxid in Kombination mit UV-Bestrahlung	Oxidation von Cyaniden, halogenierten Kohlenwasserstoffen, Senkung des CSB-Wertes	Nicht einsetzbar bei großen Schlammengen, Verringerung der Eindringtiefe der Strahlung
Ozon Anwendungskonzentration größer 100 g $O_3$ pro $m^3 O_2$ , gasförmig	geeignet zur Senkung des CSB-Wertes	
Ozon in Kombination mit $H_2O_2$ und UV-Bestrahlung	Erhöhung der Wirksamkeit von Ozon allein	sehr teuer
Luftsauerstoff bei atmosphärischem Druck	Oxidation von Eisen(II)- zu Eisen(III)-Verbindungen	
anodische Oxidation (Elektrolyse)	Oxidation von Cyaniden, Komplexbildnerzerstörung, CSB-Verminderung	

### 5.2.3.5 Oxidation von Cyaniden

Das Cyanid-Ion ( $\text{CN}^-$ ) und der gasförmige Cyanwasserstoff (= Blausäure ( $\text{HCN}$ )), bilden sich im sauren Bereich aus dem Cyanid-Ion und zählen zu den giftigsten chemischen Verbindungen. Die letale Dosis für oral eingenommenes Cyanid liegt für den Menschen unter 1 mg pro kg Körpergewicht. Cyanwasserstoff kann über die Haut in den Körper eindringen. Daher ist es notwendig, das vorhandene Cyanid in Abwässern und Flüssigabfällen wirkungsvoll zu entgiften. Diese Entgiftung findet vorrangig im Chargenbetrieb statt, wobei das Cyanid durch Oxidation im alkalischen Bereich  $\text{pH} > 10$  zu Cyanat oxidiert wird. Grundsätzlich sind auch Verfahren zur Fällung des Cyanids anwendbar, z. B. Fällung des Cyanids mit Eisen(II)-Ionen, dieses Verfahren wird aber in der Praxis nicht mehr angewendet, da sich erhebliche Restkonzentrationen im Abwasser ergeben, ein Filterkuchen gebildet wird und komplexe Cyanide nicht optimal behandelbar sind.

Die technisch bedeutendsten Verfahren sind anschließend genannt, wobei im Einzelfall zu prüfen ist, welches Verfahren sich am besten hinsichtlich Technik und Kosten eignet.

#### 5.2.3.5.1 Oxidation des Cyanids mit Wasserstoffperoxid

Hierbei wird Wasserstoffperoxid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) für die Entgiftung von Cyanid ( $\text{CN}^-$ ) verwendet; meist in der Form von 30%iger oder 35%iger wässriger Lösung. Bei der Verwendung dieses Oxidationsmittels ist das Endprodukt das Cyanat ( $\text{CNO}^-$ ). Eine Weiterreaktion zu Kohlendioxid, Stickstoff und Wasser findet nicht statt. Die Verwendung von Wasserstoffperoxid als Oxidationsmittel ist nur für Abwässer möglich, die keine Schwermetall-Ionen enthalten, da diese  $\text{H}_2\text{O}_2$  katalytisch zersetzen können [1].

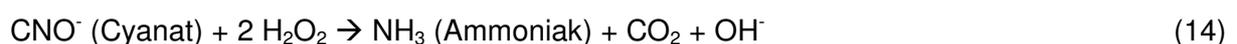
Die Reaktion wird im stark alkalischen Bereich bei pH-Werten  $> 10$  durchgeführt:



Bei pH-Werten  $> 10$  liegen die Reaktionszeiten in der Regel bei mehreren Stunden, da die Reaktionsgeschwindigkeiten trotz  $\text{H}_2\text{O}_2$ -Überschuss sehr klein sind. Würde die Reaktion bei pH-Werten um 4 liegen, wäre hier zwar das Optimum der Reaktionsgeschwindigkeit erreicht, aber es würde sich giftiger Cyanwasserstoff (=Blausäure) bilden. Aus Sicherheitsgründen wird deshalb im stark alkalischen Bereich oxidiert [5]. Da die Reaktion exotherm abläuft, sollte die Zugabe von Wasserstoffperoxid langsam erfolgen und die Reaktionstemperatur sollte 75 Grad Celsius [5] nicht überschreiten.

#### Emissionen

Im Alkalischen reagiert das gebildete Cyanat mit Wasserstoffperoxid unter Bildung von Ammoniak, wodurch eine Absaugung der Reaktoren notwendig ist.

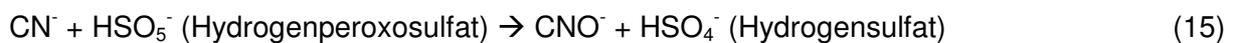


### Nachbehandlung

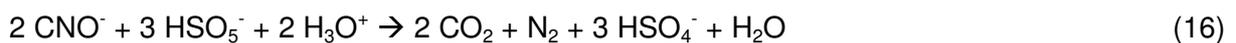
Nachteilig bei der Oxidation mit Wasserstoffperoxid ist die Nichtoxidierbarkeit oder nur ungenügende Oxidierbarkeit von Metallcyanokomplexen. Diese müssen mit Peroxomonosulfaten nachbehandelt werden. Siehe dazu auch nachfolgendes Kapitel 5.2.3.5.2.

#### **5.2.3.5.2 Oxidation des Cyanids mit Peroxomonosulfaten**

Da Metallcyanokomplexe mit  $\text{H}_2\text{O}_2$  nicht vollständig oder nicht oxidiert werden können, wird mit Kalziummonoperoxosulfat ( $\text{KHSO}_5$  = Salz der Peroxomonoschwefelsäure = Salz der Caro'schen Säure, „Caroat“, „Curox“) nachbehandelt [5].



Nachfolgereaktion des gebildeten Cyanats durch Ansäuerung [5]:



Die Behandlung mit Caroat wird bei pH-Werten um 10 durchgeführt, bis die erforderlichen Grenzwerte erreicht sind. Die Oxidation mit Peroxomonosulfaten ist in der Regel eine Nachbehandlungsstufe (Kosten und Aufsalzung des Ablaufs mit Sulfat) um die gewünschten Konzentrationen zu erreichen.

1. Stufe: Oxidation mit  $\text{H}_2\text{O}_2$ ,
2. Stufe: Oxidation mit  $\text{KHSO}_5$ , bis die Grenzwerte erreicht sind.

#### **5.2.3.5.3 Oxidation des Cyanids mit Natriumhypochlorit**

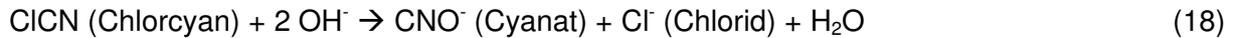
Die Oxidation des Cyanids mittels Hypochlorit  $\text{ClO}^-$  erfolgt in mehreren Stufen. Dabei muss der pH-Wert ständig überwacht werden, da giftige Gase (Chlorcyan  $\text{ClCN}$  – sehr flüchtig) freigesetzt werden. Die Behandlungsreaktoren sind mit einer Absaugvorrichtung auszustatten. Die Reaktion ist messtechnisch einfach durch Messung der Redoxspannung zu verfolgen. Wobei überschüssiges Hypochlorit als deutlicher Potentialsprung angezeigt wird [5].

Zu Beginn ist die Anwesenheit von chlorierbaren, organischen Stoffen in der Lösung zu untersuchen, wie Glanzbildnern, Tensiden oder Korrosionsschutzinhibitoren, da durch die Oxidation mit Natriumhypochlorit krebserregende Folgeprodukte entstehen, welche die AOX-Werte des Abwassers erhöhen [1].

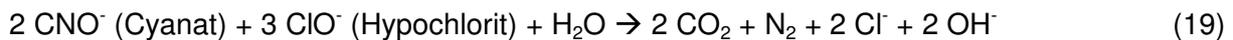
Das zu reinigende Abwasser muss zu Beginn mit Lauge auf einen pH-Wert von mindestens 10 eingestellt werden, um die Freisetzung von gasförmigem Cyanwasserstoff (Blausäure) zu verhindern. Anschließend wird Hypochlorit langsam zudosiert.



Dabei kommt es zu einer Wärmeentwicklung, weshalb der Reaktor ggf. gekühlt werden muss. Anschließende Reaktion des Chlorcyans:



Wird eine vollständige Cyanatengiftung angestrebt, wird im alkalischen weiter Hypochlorid zudosiert. Bei dieser Folgereaktion entstehen nicht toxische Produkte, wobei aber die lange Reaktionszeit berücksichtigt werden muss:



Wird diese Totaloxidation im Säuren um pH 5 durchgeführt, läuft eine Nebenreaktion ab, bei welcher Ammonium entsteht und sich ggf. Metall-Ammin Komplexe bilden [5].

Mittels Hypochlorit können die meisten Metallcyanokomplexe oxidiert werden, wobei sich die Kobalt-Cyanokomplexe und der Nickel-Cyanokomplex als schwieriger erweisen. Bei diesen Komplexen muss eine längere Reaktionszeit eingehalten, oder mit großem Hypochlorit-Überschuss gearbeitet werden.

### Nachbehandlung

Vor der Ableitung des Abwassers ist eine Zerstörung des Überschusses an Hypochlorit notwendig. Dies kann mittels Wasserstoffperoxid im neutralen bis alkalischen pH-Wert-Bereich durchgeführt werden. Dabei fungiert Wasserstoffperoxid als Reduktionsmittel, welches das Hypochlorit (+1-wertiges Chlor) zu Chlorid (minus 1-wertiges Chlor) reduziert [5].



Durch die Aufsatzung des Abwassers muss dieses ggf. vor der Einleitung neutralisiert werden.

### Reaktionskontrolle

Eine Analyse der Parameter freies Cyanid und Gesamt-Cyanid, welcher auch die komplexen Cyanide mit einbezieht, stellt die Zuverlässigkeit des Verfahrens sicher und zeigt die Wirksamkeit der Entgiftung.

#### 5.2.3.5.4 Oxidation des Cyanids mit Wasserstoffperoxid und UV-Strahlung

Bei diesem Verfahren werden durch die Oxidation mittels Wasserstoffperoxid und zusätzlicher UV-Bestrahlung viele schwer biologisch abbaubare Verbindungen und der Organikanteil der komplexen Cyanide oxidiert bzw. zerstört. Dies führt zur Senkung des CSB-Wertes. Dabei wird Wasserstoffperoxid zur stark alkalischen Lösung langsam zudosiert und an UV-Strahlern im Kreislauf vorbeigeführt, wobei sich aus dem Wasserstoffperoxid kurzlebige Hydroxyl-Radikale ( $\text{OH}^*$ ) bilden. Diese OH-Radikale zählen zu den stärksten Oxidationsmitteln – stärker oxidierend als Ozon: [1] [5]



Durch den gleichzeitigen Abbau organischer Chlorverbindungen kommt es zu einer Reduktion der AOX-Werte und des TOC-Wertes.

Problematisch bei diesem Verfahren ist der direkte Kontakt zwischen UV-Strahlern und dem zu behandelnden Abwasser, der zu einer Verschmutzung der Strahlungsquelle und dadurch zu keiner optimalen Reinigung führt.

#### 5.2.3.5.5 Oxidation des Cyanids mit Ozon

Ozon  $\text{O}_3$  gehört zu den stärksten Oxidationsmitteln. Das Ozonmolekül reagiert schnell mit einer Vielzahl von Verbindungen. Aufgrund der hohen Reaktivität ist Ozon instabil, nicht lagerfähig und muss vor Ort hergestellt werden.

Die Erzeugung erfolgt über das Verfahren der stillen elektrischen Entladung, wobei Ozon aus Luft oder sauerstoffhaltigen Gasen erzeugt werden kann. Zwischen zwei Elektroden wird eine Hochspannung angelegt. Die Elektroden sind durch ein Dielektrikum voneinander getrennt. Zwischen den Elektroden wird sauerstoffhaltiges Gas durchgeleitet, dabei wird im elektrischen Feld ein Anteil an Sauerstoffmolekülen gespalten. Diese lagern sich sofort an Sauerstoffmoleküle unter Bildung von Ozon an. [6]

Reaktion bei der Oxidation von Cyanid mittels Ozon:



Tabelle 29 verdeutlicht die Anwendungsmöglichkeiten der Ozonung zur Oxidation von verschiedenen Wasserinhaltsstoffen.

Tabelle 35: Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserbehandlung [1]

behandelbar	bedingt behandelbar	nicht behandelbar
CN <sup>-</sup> Cu(CN) <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , Ni(CN) <sub>4</sub> <sup>2-</sup> u.a.	Fe(CN) <sub>6</sub> <sup>3-/4-</sup>	Au(CN) <sub>2</sub> <sup>-</sup> , Co(CN) <sub>6</sub> <sup>4-/3-</sup>
Chelatkomplexe von: EDTA, HDTA, NTA, Citrat, Tartrat	Chelatkomplexe bei Anwesenheit höherer organischer Belastung	Chelatkomplexe bei Anwesenheit hoher organischer Belastung, Gluconate
AOX-Stoffe: Chlorphenole, chlorierte Biphenyle (PCB) u. Ä.	PCDD/PCDF („Dioxine“)	„Tri“, „Per“, Methylenchlorid, Chloroform und andere gesättigte Chlorkohlenwasserstoffe
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (pH <2-13) SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> (pH <1-13) S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Alle Verbindungen mit höchster Oxidationsstufe, z. B. CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>
Organika: Phenole, Amine, Benzolderivate (Xylol, Styrol), Entwicklerchemikalien	Tenside mit aromat. Struktur, z. B. Benzolsulfonsäuren, Nonylphenoethoxylate	Alkohole wie Ethanol, Glykol, Glycerin; Zucker, Kohlenwasserstoffe, Essigsäure etc. in konzentrierter Form

Ozon kann prinzipiell zwei wesentliche Reaktionswege einschlagen. Es reagiert entweder direkt mit den oxidierbaren Substanzen, organische und anorganische Stoffe oder über den radikalischen Reaktionsweg mit der Bildung sekundärer Oxidantien. Die direkte Oxidation verläuft relativ langsam und selektiv, die beim radikalischen Reaktionsweg gebildeten sekundären Oxidantien sind sehr reaktiv und reagieren im Wasser sehr schnell mit nahezu allen Substanzen. In der Praxis kommt es zu einer Überlagerung von direkter und radikalischer Reaktion, wodurch eine mittlere Reaktionsdauer für das jeweilige System entsteht. [7]

Der Ozonzerfall zu OH-Radikalen kann durch UV-Bestrahlung und durch Zugabe von Wasserstoffperoxid beschleunigt werden, wodurch die Oxidation vorwiegend über OH-Radikale abläuft. Oxidationsprozesse, bei welchen OH-Radikale die wichtigsten Oxidantien sind, werden als Prozesse der weitergehenden Oxidation oder advanced oxidation processes (AOPs) bezeichnet. Ozonbasierende AOPs sind: Ozon mit Wasserstoffperoxid, Ozon mit UV-Bestrahlung.

Durch die Bestrahlung mit ultraviolettem Licht können die Reaktionen beschleunigt werden und auch schwer oxidierbare organische Komplexe wie EDTA und NTA können mittels Ozon-UV-Behandlung oxidiert werden [5].

### Chemikalienverbrauch

Für die Oxidation von einem Kilogramm Cyanid werden ca. zwei Kilogramm Ozon benötigt. Da Ozon ein sehr starkes Oxidationsmittel ist, reagiert es unspezifisch, d. h. sowohl mit anorganischen als auch mit organischen Abwasserinhaltsstoffen, wodurch der Bedarf an Ozon meist höher liegt. Allgemein kann davon ausgegangen werden, dass bei hoher organischer Belastung des Abwassers, mit einem erhöhten Ozonbedarf zu rechnen ist.

### Emissionen

Das bei der Ozonung entstehende ozonreiche Abgas muss nach der Behandlung über einen Restozonvernichter geführt werden, um das Restozon zu eliminieren. Dabei wird das Ozon zu Sauerstoff reduziert.

#### **5.2.3.5.6 Anodische Oxidation (Elektrolyse)**

Normalerweise müssen für Redoxreaktionen stoffliche Reaktionspartner verwendet werden, welche die für die Reaktion erforderlichen Elektronen liefern bzw. aufnehmen. Mittels elektrochemischer Prozesse, wie sie bei der Elektrolyse zum Einsatz kommen, werden die notwendigen Elektronen über die Elektrodenoberfläche zu- und abgeleitet. Grundsätzlich können alle Redoxreaktionen auch elektrochemisch durchgeführt werden, wobei die Reduktion an der Kathode (Elektronenzuleitung) und die Oxidation an der Anode (Elektronenableitung) ablaufen.

Bei der Entgiftung von Cyanid kommt es zu folgender vereinfachter Teilreaktion unter Bildung von Cyanat und Wasser [5]:



Bei der anodischen Oxidation des gebildeten Cyanats bilden sich Kohlendioxid und Stickstoff [5]:



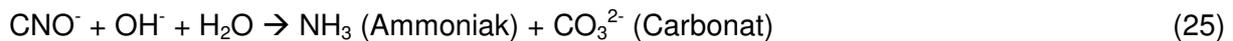
Bei der Verwendung dieser Methode lassen sich Cyanidkonzentrationen bis etwa 100 mg/l wirtschaftlich erreichen. Darunter ist dieses Verfahren nicht mehr wirtschaftlich und die Restkonzentrationen sollten chemisch weiter oxidiert werden [5].

Neben der Oxidierung des freien Cyanids lassen sich auch Metall-Cyanokomplexe zerstören. Als schwierig erweisen sich auch hier die oxidationsresistenten Cyanokomplexe von Kupfer, Nickel und Kobalt, welche ggf. mit Peroxomonosulfat, durch Fällung mit organischen Sulfiden oder durch stark basische Ionenaustauscher, nachbehandelt werden müssen.

Während der Behandlung monometallischer Galvanikbäder, insbesondere Kupfer und Zink, kommt es neben der Cyanidentgiftung zu einer Abscheidung von Schwermetallen an der Kathode.

#### Neben- und Folgereaktionen

Bei der anodischen Oxidation von Cyanid kommt es neben den gewünschten Reaktionen auch zu unerwünschten Neben- und Folgereaktionen. Das gebildete Cyanat reagiert im alkalischen unter Bildung von Ammoniak und Carbonat. Das sich im Anodenraum gebildete Dicyan hydrolysiert unter Bildung von Oxalat und Ammoniak [5]:



#### Emissionen

Bei der Entgiftung des Cyanids entsteht Ammoniak und bei der Metallabscheidung an der Kathode bildet sich Wasserstoffgas. Die Abluft oberhalb der Elektrolysezellen ist deshalb technisch abzusaugen und die Gase entsprechend zu behandeln.

#### **5.2.3.5.7 Weniger bedeutende Verfahren für Cyanid**

Hier werden Verfahren beschrieben, die in der Praxis nur mehr wenig oder nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden. Hierzu zählen:

##### Oxidation des Cyanids mit Luftsauerstoff

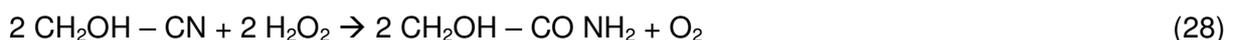
Mittels aktivierten Luftsauerstoffs, z. B. Sauerstoff in Kontakt mit Aktivkohle, kann Cyanid oxidiert werden. Kupfer wirkt hierbei als Katalysator. Neben der Oxidation von Cyanid kann mit Luftsauerstoff auch Eisen(II) zu Eisen(III) oxidiert werden.

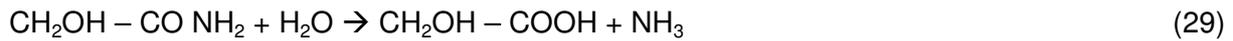
##### Cyanidentgiftung mit Formaldehyd und Wasserstoffperoxid

Diese Methode eignet sich besonders für große Abwasservolumenströme bei verhältnismäßig geringen Cyanidkonzentrationen. Freies Cyanid ( $\text{CN}^-$ ) und Zink-Cyanidkomplexe reagieren mit Formaldehyd ( $\text{HCHO}$ ) unter Bildung von Glykonitril (Formaldehydcyanhydrin –  $\text{CH}_2\text{OH}$ ):



Anschließend reagiert das gebildete Glykonitril mit Wasserstoffperoxid zu Glycolsäureamid ( $\text{CH}_2\text{OH} - \text{CO NH}_2$ ), welches biologisch zu Glycolsäure ( $\text{CH}_2\text{OH} - \text{COOH}$ ) hydrolysiert:





### Verbrennung von cyanidhaltigen Konzentraten

Cyanidhaltige Konzentrate können in speziellen Verbrennungsanlagen mit entsprechender Abgasreinigung für gefährliche Abfälle verbrannt werden. Dabei kommt es auch zu einer Zerstörung der stabilsten Cyanokomplexe.

#### 5.2.3.5.8 Vor- und Nachteile der genannten Verfahren zur Oxidation von Cyaniden

In der nachfolgenden Tabelle 36 sind die Vorteile und Nachteile der vorher genannten Verfahren zur Cyanidzerstörung zusammengefasst.

Tabelle 36: Vor- und Nachteile verschiedener Oxidationsmittel für die Cyanidentgiftung [4]

Oxidationsmittel	Vorteile	Nachteile
Wasserstoffperoxid	geeignet für größere Cyanidkonzentrationen	sehr langsame Reaktion
	keine AOX-Bildung	Katalytische Zersetzung von $\text{H}_2\text{O}_2$ bei Anwesenheit von Schwermetallen;
	keine Aufsalzung des Abwassers	Bei geringen Cyanidkonzentrationen lange Reaktionszeit und großer Überschuss an $\text{H}_2\text{O}_2$ nötig
Peroxomonosulfate (Caroat)	geeignet für die Behandlung von Metallcyanokomplexen	Aufsalzung des Abwassers
	keine AOX-Bildung	Zudosierung von NaOH zur pH-Wert-Einstellung
Natriumhypochlorit	sehr schnelle Reaktion	Aufsalzung des Abwassers
	Über Redoxpotenzialmessung regel- und steuerbar	Bildung von AOX
	geeignet für Metallcyanokomplexe	Bildung von Chlorcyan
Wasserstoffperoxid in Kombination mit UV-Bestrahlung	Zerstörung von schwer biologisch abbaubaren Verbindungen; Abbau organischer Stoffe	hohe Investitionskosten
	keine Aufsalzung des Abwassers	Nicht einsetzbar bei großen Schlammengen
	Reduktion AOX und TOC	
	Schwermetallcyanide und Komplexbildner behandelbar	
Ozon	keine Aufsalzung des Abwassers	Zerstörung des Restozons in der Abluft notwendig
	keine AOX-Bildung	Hoher Energieverbrauch für die Erzeugung von Ozon
	Schwermetallcyanide und Komplexbildner behandelbar	

Ozon in Kombination mit UV-Bestrahlung	Erhöhung der Wirksamkeit von Ozon allein	Hoher Energieverbrauch für die Erzeugung von Ozon und UV
	schwer oxidierbar organische Komplexe behandelbar (z. B. EDTA)	
	Reaktion wird durch UV-Bestrahlung schneller	
Anodische Oxidation (Elektrolyse)	keine Aufsalzung des Abwassers	wirtschaftlich erreichbare Cyanidkonzentrationen von 100 mg/L möglich
	gleichzeitige kathodische Metallabscheidung möglich	hohe Investitionskosten

### 5.2.3.6 Oxidation von Nitrit

Für die Entgiftung von nitrihaltigen Abwässern mittels Oxidation werden die Oxidationsmittel Hypochlorit und Wasserstoffperoxid eingesetzt, wobei neben der Umwandlung des Nitrits zu Nitrat ggf. Stickoxide (nitrose Gase) entstehen. Aus Vorsorgegründen muss deshalb die Abluft über den Behandlungsreaktoren abgesaugt und behandelt werden.

#### 5.2.3.6.1 Oxidation des Nitrits mit Hypochlorit

Natriumhypochlorit (NaOCl) ist ein günstiges Oxidationsmittel, wobei die Reaktion bei pH-Werten um 3 erfolgt [3]. Bei diesem Verfahren kann über die Messung des Redoxpotenzials die Reaktion messtechnisch einfach verfolgt werden.

Im schwach sauren Bereich verläuft die Reaktion schnell wie folgt:



#### Chemikalienverbrauch

Der theoretische Bedarf liegt bei 6,4 kg Natriumhypochlorit (13,5 %-ig) pro kg Nitrit. [5]

#### 5.2.3.6.2 Oxidation des Nitrits mit Wasserstoffperoxid

Bei der Entgiftung mittels Wasserstoffperoxid (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ist eine pH-Wert-Einstellung auf ungefähr 4 notwendig. Für die Reaktionskontrolle kann, nicht wie bei der Oxidation mit Hypochlorit, die Änderung des Redoxpotenzials herangezogen werden, da Wasserstoffperoxid kein praktisch verwertbares Redoxpotenzial liefert. Die Reaktionskontrolle erfolgt über Nitrit-Küvettestests.



Hierbei ist auch die Entstehung von Stickoxiden – Stickstoffmonoxid und Stickstoffdioxid – (NO<sub>x</sub>) im stark sauren bei pH-Werten unter 2 zu beachten:



### Chemikalienverbrauch

Der theoretische Bedarf liegt bei 2,1 kg Wasserstoffperoxid (35 %-ig) pro kg Nitrit. [5]

#### 5.2.3.6.3 Emissionen

Für die Oxidation von nitrithaltigen Abwässern müssen diese vorab angesäuert werden – Entstehung nitroser Gase. Beim Ansäuern von konzentrierten Lösungen können örtliche Säurekonzentrationsspitzen auftreten, welche zur Bildung von Stickoxiden führen.

Bei der Verwendung von Wasserstoffperoxid kann dieses vor dem Ansäuern zugegeben werden und dadurch die Entstehung von Stickoxiden verhindert werden. Bei der Entgiftung mit Hypochlorit ist dies nicht möglich, da sich im alkalischen Chlorgas entwickelt. [5]

#### 5.2.3.6.4 Reaktionskontrolle

Da die tatsächlichen Mengen an Oxidationsmittel von den theoretisch berechneten stark abweichen können, ist eine Voruntersuchung der Abfälle im Labor notwendig.

Bei der Behandlung können giftige Gase (z. B. nitrose Gase) entstehen, wodurch eine Absaugung der Abluft und die Kontrolle des pH-Wertes notwendig sind.

#### 5.2.3.6.5 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Oxidation von Nitrit

Nachfolgend werden in Tabelle 37 die Vor- und Nachteile der genannten Verfahren zusammengefasst.

Tabelle 37: Vor- und Nachteile der Nitritoxidation [1]

Oxidationsmittel	Vorteile	Nachteile
Natriumhypochlorit	kurze Reaktionszeit	Durch Ansäuerung mit HCl kommt es zu einer Chlorentwicklung
	günstiges Oxidationsmittel	AOX-Bildung bei Anwesenheit von organischen Stoffen
Wasserstoffperoxid	kurze Reaktionszeit	Zersetzung von H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> bei Anwesenheit von Metallionen
	keine AOX-Bildung	
	Bildung von nitrosen Gasen kann durch Zugabe von H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> vor der Ansäuerung verhindert werden.	

## 5.2.4 Nassoxidation

Nassoxidation, auch Nassverbrennung genannt, ist der oxidative Abbau von organischen Verbindungen mit Luftsauerstoff oder reinem Sauerstoff in wässriger Phase bei Temperaturen von 150 bis 370 °C und Drücken von ca. 10 bis 220 bar. Allgemein wird auch noch die chemische Oxidation mit  $O_3$  und  $H_2O_2$  zum Verfahren der Nassoxidation gezählt. In dieser Studie wird die Oxidation mit  $O_3$  und  $H_2O_2$  dem Verfahren der Entgiftung/Chemischen Oxidation zugeordnet, siehe dazu Kapitel 5.2.3. Die Reaktion findet meist in Gegenwart eines Katalysators statt. Ziel dieser Behandlung ist die Entgiftung. Als Reaktionsprodukte entstehen bei weitgehendem Umsatz im Wesentlichen die Verbrennungsprodukte Kohlendioxid und Wasser. [6]

Schwer abbaubare organische Verbindungen, wie Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe, organische Stickstoff-, Schwefel- und Phosphorverbindungen sowie Komplexbildner, können mit diesem Verfahren behandelt werden.

Grundsätzlich unterscheidet man zwei Nassoxidationsverfahren, das Niederdruckverfahren und das Hochdruckverfahren. Diese unterscheiden sich im Temperaturbereich, in der Verweilzeit und im Druckbereich voneinander.

Je nach vorhandenen Abwasserinhaltsstoffen, entstehen bei der Nassoxidation folgende Reaktionsprodukte [4]:

- Kohlenmonoxid aus organischen Inhaltsstoffen,
- Kohlendioxid aus organischen Inhaltsstoffen,
- Wasser aus organischen Inhaltsstoffen,
- Stickstoff aus Hydrazin oder, wenn ein Katalysator eingesetzt wird, aus ammoniak-/ammonium- und stickstoffhaltigen organischen Stoffen,
- Nitrat aus Nitrit und stickstoffhaltigen organischen Stoffen,
- Ammonium, in Abwesenheit eines Katalysators,
- Chlorwasserstoff bzw. Chlorid aus organischen Chlorverbindungen,
- Sulfat aus Sulfid, Sulfit und Thiocyanaten,
- Phosphat aus phosphorhaltigen Verbindungen.

### 5.2.4.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Härtesalze, cyanidhaltig,
- Organische Säuren und -gemische, nicht halogeniert,
- Gerbereibrühe,
- Konzentrate, cyanidhaltig,

- Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig,
- Lösemittel-Wasser-Gemische mit und ohne halogenierten Lösemitteln,
- Sekundärprodukte aus anderer Behandlung: lösemittelhaltiger Schlamm, Kunststoffschlämme lösemittelhaltig.

#### 5.2.4.2 Anforderung an das System

Um optimale Bedingungen für die Nassoxydation zu erreichen, ist besonders auf die Schadstoffkonzentrationen zu achten. Nachfolgende Auflistung enthält die wichtigsten Anwendungsgrenzen für die Nassoxydation als Verfahrensschritt in der Abwasserbehandlung:

- CSB-Konzentrationen: Konzentrationen zwischen 5.000 und 50.000 mg/L sind für dieses Verfahren empfehlenswert; bei Konzentrationen über 100.000 mg/L muss das Abwasser verdünnt werden; bei Einsatz der Hochdruckvariante sind CSB-Konzentrationen über 50.000 mg/L notwendig, um den erforderlichen Gesamtenergiebedarf zu decken [4],
- Fluorid-Konzentrationen: Niederdruckvariante <10 mg/L, Hochdruckvariante <5 mg/L, bei höheren Konzentrationen muss vorbehandelt werden, z. B. Fällung mit Calciumsalzen und anschließende Filtration [4]; führen bei hohen Drücken, hoher Temperatur und ungünstigen pH-Werten (<5) zu Korrosion [2], [4],
- Salzfrachten: verursachen Korrosion (bei der Hochdruckvariante) und müssen deshalb beschränkt werden, Salze <150 g/L; Chlorid <50 g/L; Phosphat <400 mg/L; NH<sub>4</sub>-N <2,5 mg/L; Ca, Fe, Al, Cu <100 mg/L [4],
- Stoffe, die bei ca. 300 °C nicht thermisch zersetzt werden können, können auch nicht mit der Nassoxydation zersetzt werden [2].

#### 5.2.4.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Bei der Nassoxydation können Abwasserinhaltsstoffe durch Zufuhr von Sauerstoff unter hohem Druck und Temperatur oxidiert werden. Vor der eigentlichen Oxidation muss das Abwasser neutralisiert werden. Die Oxidation der organischen Substanzen erfolgt in einem Reaktor, welcher aufgrund der extremen Reaktionsbedingungen aus beständigen Werkstoffen bestehen muss.

Unterschieden werden zwei Varianten der Nassoxydation, die Niederdruckvariante und die Hochdruckvariante. Erste wird mit Luftsauerstoff betrieben, bei der Hochdruckvariante erfolgt die Sauerstoffzufuhr mit Reinsauerstoff. Typische Verfahrensbedingungen beider Varianten sind in Tabelle 38 angegeben.

Tabelle 38: Verfahrensbedingungen der Nassoxidaionsvarianten [4]

	Niederdruckvariante	Hochdruckvariante
Temperatur [°C]	30-200	150-340
Druck [MPa]	0,5-2	> 2
Verweilzeit [h]	0,5-3	0,5-3

Für die Auslegung des Reaktionsbehälters stehen verschiedene Varianten zur Auswahl, welche sich für den angewandten Druck und die Temperatur des Verfahrens eignen müssen, z. B. mehrstufige Blasensäulenkolonne, horizontaler Reaktor mit in Reihe geschalteten gerührten Bereichen, Tiefschichtreaktor, Festbettreaktor mit Katalysator.

Die Nassoxidation ist ein exothermer Prozess, wodurch der Ablauf aus dem Reaktionsbehälter für die Erwärmung des Zulaufs und zur Dampferzeugung genutzt werden kann. Der Zulauf wird zu Beginn des Verfahrens mit Säure und Katalysatoren vermischt und im Vorwärmer erwärmt und durch Dampfzufuhr auf Betriebstemperatur gebracht. Das behandelte Abwasser muss anschließend neutralisiert und von den zugegebenen Katalysatoren gereinigt werden. Das entstehende Abgas muss einer Abgasbehandlung unterzogen werden, da sich in ungünstigen Fällen auch Dioxine bilden können [4]. Nachfolgende Abbildung 31 zeigt den schematischen Aufbau eines Niederdrucknassoxidaionsverfahrens bei 120 bis 200 °C, 0,3 – 2 MPa und einer Verweilzeit von ca. 3 Stunden.

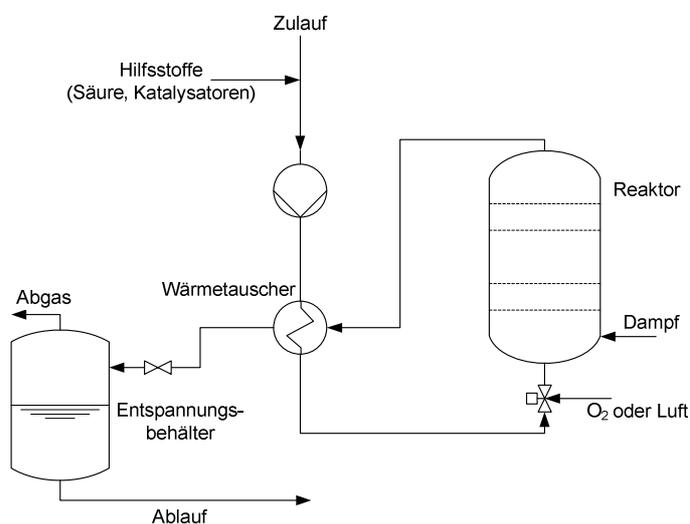


Abbildung 31: Schematische Darstellung eines Niederdrucknassoxidaionsverfahrens

Der notwendige Energieverbrauch für die Nassoxidation ist von der CSB-Konzentration des Zulaufs abhängig. Oberhalb von ca. 40 g CSB/L kann dieses Verfahren energiemäßig autark betrieben bzw. zur Dampferzeugung genutzt werden. [2]

#### 5.2.4.4 Hilfsstoffe

Hilfsstoffe werden bei der Nassoxidation zur pH-Wert-Einstellung benötigt. Hierzu werden Säuren ( $\text{H}_2\text{SO}_4$  oder  $\text{HCl}$ ) und Laugen ( $\text{NaOH}$ ) eingesetzt [2]. Für beschleunigte Reaktionszeiten werden verschiedene Katalysatoren zugesetzt, die verwendete Menge richtet sich dabei nach der Abwasserbeschaffenheit und der Abwassermenge.

#### 5.2.4.5 Emissionen

Grundsätzlich kommt es bei der Nassoxidation zu folgenden Umsetzungsprodukten [2] [4]:

Ausgangsstoff	Produkt
Kohlenwasserstoffe	Kohlendioxid und Wasser
organische Stickstoffverbindungen	Stickstoff
org. Amino-Verbindungen oder Aromaten, die Stickstoffheteroatome enthalten	Ammoniak
organische Schwefelverbindungen	Sulfat
organische Phosphorverbindungen	Phosphat
chlorierte organische Verbindungen	Salzsäure

##### 5.2.4.5.1 Abluft/Gerüche

Bei diesem Verfahren entsteht Abluft, welche mit gasförmigen Abbauprodukten belastet ist und dadurch eine weitere Behandlung notwendig macht. Eine Ablufferfassung ist deshalb zu installieren. Bei ungünstigen Bedingungen kann es zur Bildung von Dioxinen kommen. Das Abgas kann mittels Biofiltration oder thermischer/katalytischer Oxidation behandelt werden.

##### 5.2.4.5.2 Abwasser

Hauptziel bei der Anwendung der Nassoxidation als Behandlungsverfahren für Abwässer ist die Elimination von organischen Inhaltsstoffen, d. h. die Reduzierung hoher CSB-Beladungen. Für gewöhnlich wird diese Reduktion in zwei Stufen durchgeführt. Die erste Stufe ist die Spaltung von organischen Verbindungen in kurzkettige oder leicht abbaubare Verbindungen, als zweite Stufe wird das vorbehandelte Abwasser einer biologischen Behandlung zugeführt. Die CSB-Eliminationsraten liegen dabei beim Niederdruckverfahren zwischen 60 und 90 % und beim Hochdruckverfahren bei ca. 99 % [4], siehe dazu auch Tabelle 68 und Tabelle 69 über die Eliminationsraten beider Verfahren in Anhang I.

Nachfolgende Behandlungsverfahren für den gereinigten Strom sind die biologische Behandlung, die Adsorption oder die Strippung.

### 5.2.4.6 Vor- und Nachteile dieses Verfahrens

Nachfolge Tabelle 39 gibt einen Überblick über die Vor- und Nachteile der Nassoxidation als Abwasserbehandlungsverfahren.

Tabelle 39: Vor- und Nachteile der Nassoxidation

Vorteile	Nachteile
Abwasser mit relativ hohen refraktären CSB Konzentrationen kann behandelt werden	Entstehung von Dioxinen möglich
Kombination mit anderen Behandlungsverfahren möglich	Abgasbehandlung notwendig
Anorganische Verunreinigungen können entweder eliminiert oder in weniger gefährliche Stoffe umgewandelt werden	

### 5.2.4.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Um die Effizienz der Nassoxidation zu steigern, ist eine Vorbehandlung des Abwassers notwendig, dafür eignen sich Verfahren zur Aufkonzentrierung von organischen Inhaltsstoffen wie Umkehrosmose oder Ultrafiltration. Zur Entfernung von Salzen und Metallen wird eine Neutralisation mit anschließender Fällung oder eine Eindampfung benötigt. [2] Abbildung 32 zeigt eine schematische Darstellung einer Verfahrenskombination mit Nassoxidationsverfahren.

Enthält der Zulauf hohe Konzentrationen an Stickstoffverbindungen, entsteht Ammonium, welches nach der Alkalisierung als Ammoniak entfernt werden muss. Diese Entfernung kann mittels Strippung durchgeführt werden.

Für die Reinigung des entstehenden Abgases werden Biofilter oder die thermische/katalytische Oxidation verwendet. Um hohe Eliminationsraten bei CSB und BSB<sub>5</sub> zu erreichen, erfolgt im Anschluss eine biologische Behandlung des vorgereinigten Abwassers.

Im Vergleich zu anderen Oxidationsverfahren ist bei Einsatz der Nassoxidation ein hoher technischer und apparativer Aufwand notwendig, aber dadurch auch eine schnellere Umsetzung schwer abbaubarer organischer Stoffe möglich.

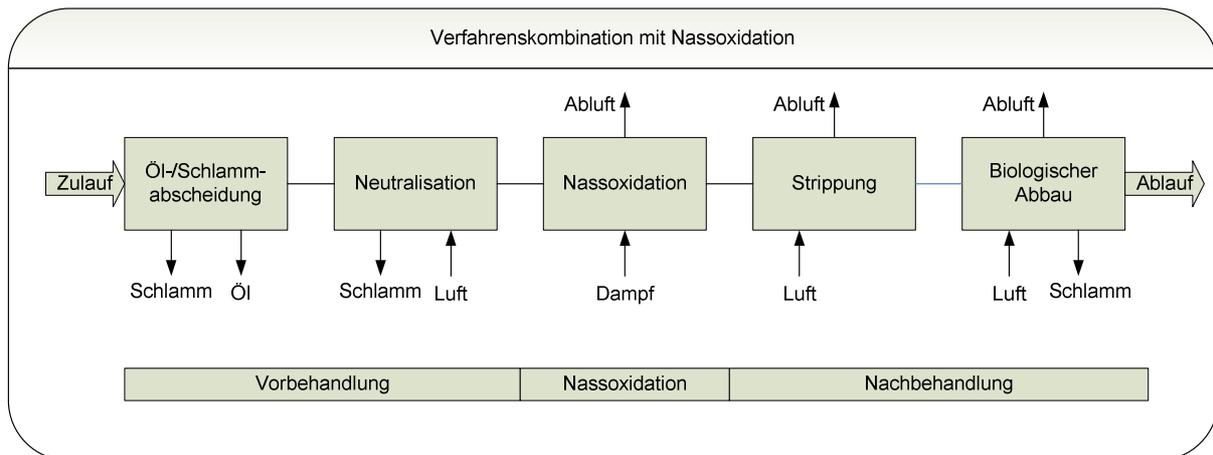


Abbildung 32: Verfahrenskombination mit der Nassoxidation [2]

### 5.2.5 Biologische Behandlung

Unter biologischem Abbau versteht man die Umwandlung von gelösten organischen Stoffen in Abwässern durch mikrobiologische Stoffwechsellvorgänge. Diese Stoffe dienen dabei den Mikroorganismen als Nährstoffe zum Stoffwechsel und Wachstum. Die Umwandlung kann im aeroben (sauerstoffhaltig) oder anaeroben (sauerstofffrei) Milieu stattfinden. Die Energie, welche für den Zellaufbau notwendig ist, wird durch Veratmung bzw. Fermentation der organischen Stoffe erhalten. Organische Stickstoff- und Phosphorverbindungen werden jeweils in Ammonium und Phosphat umgewandelt.

In der Abwasserreinigung wird die aerobe Variante für Abwässer mit relativ niedrigen Konzentrationen an biologisch abbaubaren Stoffen verwendet, wobei viel Biomasse und relativ wenig Oxidationsprodukte (ca. 50 % Biomasse und 50 %  $\text{CO}_2$ ) erzeugt werden, wohingegen sich die anaerobe Variante für verschmutzte Abwässer mit einem hohen Anteil an organischen Verunreinigungen ( $\text{CSB} > 1.000 \text{ mg/L}$ ), eignet. Bei den anaeroben Verfahren werden wenig Biomasse und viele Fermentationsprodukte (ca. 5 % Biomasse und 95 % Biogas, bestehend aus 50 bis 70 % Methan, 30 – 50 %  $\text{CO}_2$  und geringe Mengen an Schwefelwasserstoff und anderen Komponenten) erzeugt. [10]

Zur Abschätzung der biologischen Abbaubarkeit von Abwasserströmen wird das BSB/CSB-Verhältnis vor der Behandlung herangezogen [4]:

- $\text{BSB/CSB} < 0,2$       verhältnismäßig schlecht abbaubares Abwasser,
- $\text{BSB/CSB} 0,2 - 0,4$     gut bis mäßig abbaubar,
- $\text{BSB/CSB} > 0,4$       gut abbaubar.

Aufgrund gesetzlicher Grenzwerte kann es notwendig sein, das Abwasser vor der Einleitung (direkt bzw. indirekt) biologisch zu behandeln, siehe dazu Kapitel 2.2.2.2.2. In der vorliegenden Studie wird auf die klassische aerobe und anaerobe biologische Behandlung

und auf SBR-Anlagen (Sequencing batch reactor), eine Sonderform des konventionellen Belebungsverfahrens, näher eingegangen.

### 5.2.5.1 Zu behandelnde Abfallarten

- Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen,
- Böden, ölverunreinigt oder mit sonstigen Verunreinigungen,
- Organische Säuren und -gemische, nicht halogeniert,
- Gerbereibrühe,
- Sandfanginhalte,
- Sickerwasser aus AbfalldPONien,
- Lösemittelhaltiger Schlamm ohne halogenierte organische Bestandteile,
- Kunststoffschlamm, lösemittelhaltig ohne halogenierten organischen Bestandteilen.

### 5.2.5.2 Anforderungen an das Verfahren

Vor der eigentlichen biologischen Behandlung müssen die ungelösten Stoffe mittels mechanischer Verfahren abgetrennt werden. Für den biologischen Abbau organischer Stoffe müssen optimale Bedingungen (Temperatur, pH-Wert, Nährstoffe, Sauerstoff) für das Wachstum der Mikroorganismen geschaffen werden.

Der durchschnittliche Nährstoffbedarf als Verhältnis von  $BSB_5:N:P$  beträgt bei aeroben Prozessen 100:5:1 und bei anaeroben Prozessen 100:0,5:0,1. Die Temperatur hat einen essenziellen Einfluss auf die Mikroorganismen und für alle Arten von Organismen gibt es einen optimalen Temperaturbereich – darunter und darüber nimmt das Wachstum ab, bis es bei einer bestimmten Temperatur auf beiden Seiten zum Erliegen kommt. Der optimale pH-Bereich liegt für die meisten Bakterien um den Neutralbereich bis ins leicht alkalische. [33

### 5.2.5.3 Beschreibung der Verfahrenstechnik (Stand der Technik)

Nachfolgend wird getrennt auf die aerobe und anaerobe biologische Behandlung als Abwasserreinigungsverfahren näher eingegangen. Auf Grundlagen des aeroben und anaeroben Abbaus wird in dieser Studie nur begrenzt eingegangen, diese finden sich detailliert in der Literatur wieder.

Bei der Behandlung von Flüssigabfällen in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen können Abwässer mit höheren Konzentrationen an organischen Substanzen als bei der kommunalen Abwasserreinigung anfallen, wodurch die einzelnen Techniken an diese Bedingungen angepasst werden müssen. Die wichtigsten Eigenschaften der aeroben und anaeroben Prozesse sind in Tabelle 40 aufgelistet.

Tabelle 40: Prozessparameter der aeroben und anaeroben biologischen Behandlung [4]

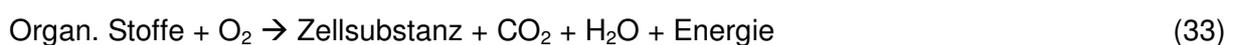
Parameter	aerob	anaerob
Gelöster Sauerstoff [mg/L]	ja	nein
Energieverbrauch	hoch	gering
Schlammanteil	hoch	gering
Empfindlichkeit gegenüber toxischen Stoffen	gering	hoch
CSB-Eliminationsraten	>85 %	<85 %
Eignung als Vorbehandlung	ja	ja
Eignung als abschließende Behandlungsstufe	ja	nein

### 5.2.5.3.1 Aerobe biologische Behandlung

Aerobe Verfahren sind weit verbreitet und werden in der kommunalen als auch in der Industrieabwasserreinigung angewendet. Die vor- und nachgeschalteten Einrichtungen (Abtrennung von Feststoffen und Schlammabtrennung) wurden schon in anderen Kapiteln näher betrachtet, deshalb wird bei der Darstellung dieses Verfahrens ausschließlich auf die biologische Stufe eingegangen.

Bei aeroben Prozessen erfolgt der Abbau der organischen Verbindungen durch Mikroorganismen in Verbindung mit gelöstem Sauerstoff. Der Sauerstoff wird für folgende biochemische Reaktionen benötigt:

#### Zellaufbau (Substratatmung)



#### Zellenabbau (endogene Atmung)



#### Nitrifikation (gesamt)



Der Abbau organischer Verbindungen kann durch toxische Abwasserinhaltsstoffe gehemmt werden, siehe dazu Tabelle 41.

Tabelle 41: Hemmende Abwasserinhaltsstoffe für die biologische Behandlung [4]

Stoff	Hemmkonzentration [mg/L]
Cadmium	2-5
Bichromat	3-10
Kupfer	1-5
Nickel	2-10
Zink	5-20
Chlor	0,2-1
Cyanid	0,3-2
Mineralöle	>25
Phenol	200-1.000
Schwefelwasserstoff/Sulfid	5-30

Die Mikroorganismen sind bei aeroben Prozessen entweder freischwebend als Flocken im Abwasser suspendiert (Belebungsverfahren) oder haften als Film an einer festen Oberfläche (Biofilter, Tropfkörper-, Tauchkörperverfahren, Biomembranverfahren). Das am häufigsten angewandte Verfahren ist das Belebtschlammverfahren, welches sowohl kontinuierlich (Durchlaufbetrieb) als auch diskontinuierlich (Batchbetrieb - SBR) betrieben werden kann.

#### Belebungsverfahren (Durchlaufbetrieb)

Beim Belebungsverfahren wird das Abwasser aus der Vorklärung in das Belebungsbecken geleitet und dort durchmischt und belüftet, siehe dazu Abbildung 33. Die organischen Schadstoffe werden durch aerobe Mikroorganismen abgebaut, wodurch Biomasse gebildet wird. Die gebildeten Flocken werden durch die Belüftung bzw. durch Rührorgane an der Oberfläche gehalten, um eine Schlammablagerung am Becken zu verhindern. Der Belebtschlamm wird im nachgeschalteten Nachklärbecken vom gereinigten Wasser mittels Sedimentation getrennt und am Boden des Beckens abgezogen. Der sedimentierte Schlamm wird nun teilweise als Rücklaufschlamm in das Belebungsbecken zurückgeführt oder entwässert und anschließend entsorgt.

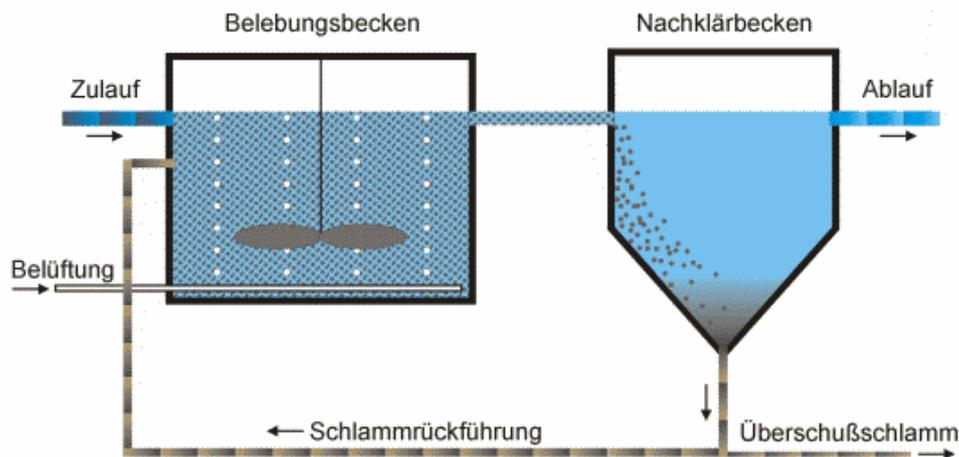


Abbildung 33: Konventionelles Belebtschlammverfahren [13]

### Belebungsverfahren (Batchbetrieb - SBR)

Eine weiterentwickelte Variante des Belebungsverfahrens ist das SBR-Verfahren (Sequencing batch reactor). Der Unterschied zum klassischen Belebungsverfahren im Durchlaufbetrieb liegt darin, dass alle Verfahrensschritte zur biologischen Reinigung nicht mehr in mehreren voneinander getrennten Reaktoren stattfinden, sondern in einer zeitlichen Abfolge im selben Behälter/SBR-Becken. Eine SBR-Anlage kann aus mehreren SBR-Becken und mindestens einem Vorlagebehälter, bei chargenweiser Abwasserzuführung, bestehen.

Die Zeit vom Beginn des Füllvorgangs bis zum Abschluss des Klarwasserabzugs wird als Zyklus bezeichnet und wird in mehrere Prozessphasen eingeteilt. Die wichtigsten Prozessphasen sind:

- Füllphase: Das zu reinigende Abwasser wird in das SBR-Becken geleitet,
- Mischphase: Abwasser wird ohne Sauerstoffzufuhr im Becken vermischt, sodass sich anaerobe und anoxische Bedingungen einstellen,
- Belüftungsphase: Abwasser wird mit Druckluft oder mit Reinsauerstoff begast,
- Absetzphase: Mittels Sedimentation wird der Belebtschlamm vom gereinigten Abwasser betrennt,
- Überschussschlamm-Abzugsphase: Schlamm wird aus dem Becken abgezogen,
- Klarwasserabzugsphase: Klarwasser wird aus dem Becken geleitet,
- Stillstandphase (optional). [12]

### Tropfkörperverfahren

Bei diesem Verfahren haften die Mikroorganismen an einer Oberfläche und bilden dadurch einen biologischen Rasen. Hierbei ist zu beachten, dass der Tropfkörper mit genügend Abwasser durchspült wird, um ein Austrocknen des Bewuchses zu verhindern und eine

optimale Nährstoffzufuhr für das Wachstum der Mikroorganismen zu gewährleisten. In Abbildung 34 ist eine Tropfkörperanlage dargestellt.

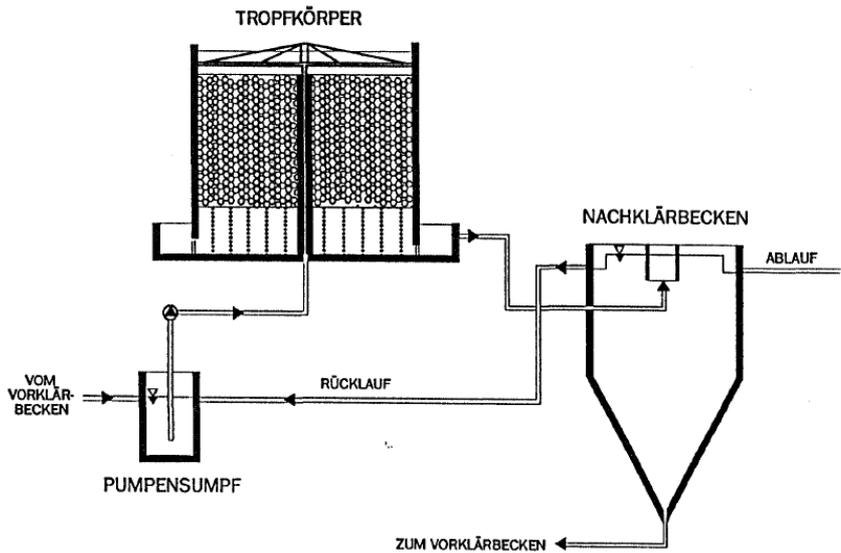


Abbildung 34: Fließschema einer Tropfkörperanlage [6]

### Tauchkörperverfahren/Rotationstauchkörperverfahren

Dieses Verfahren ist dem Tropfkörperverfahren sehr ähnlich, einziger Unterschied ist dabei, dass als Aufwuchsflächen für die Mikroorganismen Scheiben verwendet werden. Dieser Rotationskörper rotiert um die eigene Achse und taucht dabei etwa zu einem Drittel bzw. bis zur Hälfte in das zu reinigende Abwasser ein. Durch die Drehbewegung befindet sich der Rotationstauchkörper abwechselnd im Abwasser und an der Luft, wodurch eine ständige Sauerstoffaufnahme und ein Kontakt zwischen Mikroorganismen und Abwasser gewährleistet werden. Abbildung 35 zeigt eine Tauchkörperanlage.



Abbildung 35: Tauchkörperanlage [33]

### 5.2.5.3.2 Anaerobe biologische Behandlung

Bei der anaeroben Behandlung von Abwässern erfolgt der Abbau der organischen Kohlenstoffverbindungen in Abwesenheit von Sauerstoff, wobei die Bildung von Schlamm im Gegensatz zur aeroben Behandlung gering ist. Dieses Verfahren wird für verschmutzte Abwässer mit einem hohen Anteil an organischen Verunreinigungen (CSB >1.000 mg/L) eingesetzt.

Durch die Versäuerung und Vergärung der organischen Kohlenstoffverbindungen werden diese zu den Endprodukten Kohlendioxid und Methan umgewandelt. Betrachtet man hierbei die Kohlenstoffbilanz, wird beim anaeroben Abbau der Kohlenstoff zu 5 % in Biomasse und zu 95 % in Biogas umgewandelt, welches energetisch genutzt werden kann.

Vorteile der anaeroben gegenüber den aeroben Verfahren sind [10]:

- Geringerer Energiebedarf, da kein Sauerstoffeintrag notwendig ist,
- Erzeugung von Biogas (50-75 % Methan, 25-50 % CO<sub>2</sub>, 1 % H<sub>2</sub>S und Spurenelementen), welches energetisch genutzt werden kann,
- Wenig Biomasse d. h., es entsteht wenig Überschussschlamm.

Nachteile sind:

- Anaerober Abbau ist wesentlich empfindlicher gegenüber Störungen,
- Langsamer Abbau.

Der anaerobe Abbau der organischen Verschmutzungen zu Biogas erfolgt in 4 Phasen [10]:

1. Fermentative Phase (Hydrolyse): Organische Substanzen wie Kohlenhydrate, Fette und Eiweiße werden hydrolysiert und zu Fettsäure fermentiert. Ebenfalls entstehen Mono- und Oligosaccharide, Oligopeptide, Aminosäuren, Glycerin und Nucleobasen.
2. Acidogene Phase (Säurestufe, saure Gärung): Die zuvor gebildeten Verbindungen werden weiter abgebaut; Entstehung von Wasserstoff, Kohlendioxid, verschiedenen Aldehyden und Alkoholen sowie Karbonsäuren.
3. Acetogene Phase: Weiterer Abbau zu Essigsäure bzw. Bildung von Essigsäure aus H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>.
4. Methanogene Phase (Methanstufe): Hierbei werden zwei Gruppen von Methanbakterien unterschieden; die eine Gruppe bildet Methan aus H<sub>2</sub> und CO<sub>2</sub>, die andere aus Essigsäure.

Die anaerobe Behandlung findet in luftdichten, gerührten Reaktorbehältern statt, wobei die Mikroorganismen als Biomasse (Schlamm) im Behälter zurückgehalten werden. Die am

meisten eingesetzten Reaktortypen sind: Anaerober Kontaktreaktor (ACR), UASB-Reaktor, Festbettreaktor und Wirbelbettreaktor.

In der anaeroben Abwasserbehandlung hat sich der Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)-Reaktor weitgehend durchgesetzt, siehe dazu Abbildung 36. Das zu reinigende Abwasser fließt von unten nach oben durch den Reaktor. Das Schlammbett besteht aus natürlich gebildeten Körnern (Pellets) aus anaeroben Mikroorganismen mit einer hohen Sinkgeschwindigkeit. Im oberen Teil des Reaktors wird das Abwasser über Wehre und das gebildete Biogas über Trichter abgezogen.

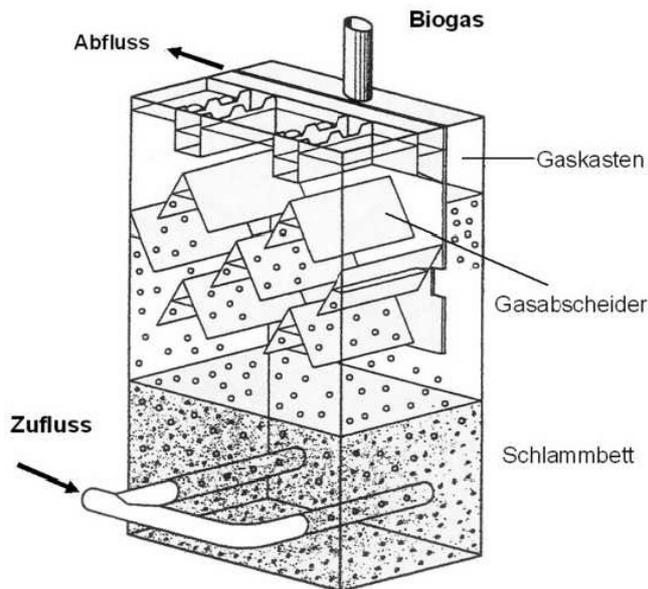


Abbildung 36: UASB-Reaktor [34]

#### 5.2.5.4 Hilfsstoffe

Meist muss der pH-Wert mittels Zugabe von Säuren (Salzsäure, Schwefelsäure) und Laugen (Natronlauge) eingestellt werden.

Da die Abwässer aus chemisch-physikalischen Anlagen in den meisten Fällen nicht genügend Nährstoffe für die Mikroorganismen aufweisen, müssen diese zugeführt werden. Als Nährstoff wird in der Regel bei dem Belebungsverfahren 23-42 kg/Tonne CSB Phosphorsäure ( $H_3PO_4$ ) zugesetzt. Als Flockungshilfsmittel werden bei dem Belebungsverfahren pro Tonne CSB ca. 300-550 kg Eisensulfat zugesetzt. [4]

#### 5.2.5.5 Emissionen

Da bei der chemisch-physikalischen Behandlung vorwiegend die aerobe Behandlung als Nachreinigungsstufe zum Einsatz kommt, wird in den folgenden Kapiteln ausschließlich auf dieses Verfahren eingegangen.

### 5.2.5.5.1 Abluft/Gerüche

Beim biologischen Abbau entstehen Kohlendioxid und Stickstoff. Durch den Lufteintrag können geruchsintensive, leichtflüchtige Stoffe durch Strippvorgänge in der Abluft enthalten sein, wodurch eine Luftabsaugung notwendig ist. Die Behandlung der Luft kann über Biofilter, Abluftwäscher und/oder Aktivkohlefilter erfolgen.

### 5.2.5.5.2 Reststoffe

Die aerobe Behandlung führt zu relativ großen Mengen an Belebtschlamm, wobei ein Teil als Rücklaufschlamm im System bleibt. Der Überschussschlamm muss anschließend eingedickt, entwässert und evtl. getrocknet werden. Eine nachfolgende Verbrennung des entwässerten oder getrockneten Schlammes ist möglich.

### 5.2.5.5.3 Abwasser

Das Abwasser nach einer biologischen Behandlung enthält in der Regel nur mehr wenig biologisch leicht abbaubare Stoffe. Biologisch schwer abbaubare Stoffe befinden sich ebenfalls im Abwasserstrom, falls diese nicht schon vorher abgetrennt wurden. Nachfolgende Tabelle 42 zeigt die erreichbaren Abwasserkonzentrationen einer österreichischen Anlage vor und nach der sequenziellen biologischen Behandlung im Batchverfahren (SBR-Verfahren).

Tabelle 42: Abwasserkonzentrationen vor und nach einer biologischen Behandlung [3]

Parameter	Zufluss (Primärwasser) [mg/L]		Abwasser nach biologischer Behandlung (sequenzielles Batchverfahren) [mg/L]	
	Minimum	Maximum	Minimum	Maximum
CSB	2500	12000	600	1500
NH <sub>4</sub> -N <sup>a)</sup>	25	16000	<1	150
Nitrit	10	300	<1	<1
Nitrat	10	1000	<1	<1
Phenole	10	500	<1	<2
Ölgehalt	--	--	<0,5	--

<sup>a)</sup> Abwasser nach biologischer Behandlung: Oft um 20 mg/L

### 5.2.5.5.4 Restwasser

Das bei der Entwässerung des Belebtschlammes anfallende Wasser wird in der Regel in die biologische Stufe zurückgeführt.

### 5.2.5.6 Input-Output-Bilanz

Nachfolgende Abbildung 37 zeigt die Stoffströme bei einer aeroben biologischen Abwasserbehandlung.

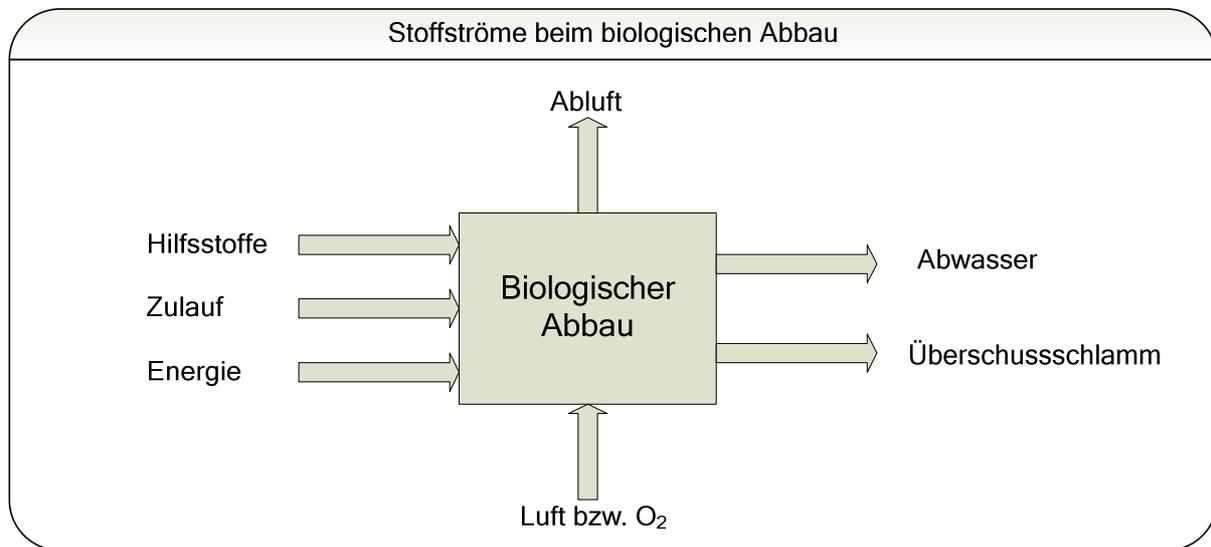


Abbildung 37: Stoffströme beim aeroben biologischen Abbau [2]

### 5.2.5.7 Integration des Verfahrens in die Abfallbehandlung

Die aerobe Abwasserbehandlung wird gewöhnlich als letzte Behandlungsstufe angewendet. Im Allgemeinen kann sie für alle biologisch abbaubaren Abwasserströme eingesetzt werden und gewährleistet gegenüber der anaeroben Behandlung einen höheren CSB-Eliminationsgrad, siehe dazu Tabelle 40.

Die anaerobe Abwasserbehandlung wird meist nur zur Vorbehandlung von Abwasser mit hoher organischer Belastung und mehr oder weniger konstanter Zusammensetzung eingesetzt, weshalb sie hauptsächlich in Bereichen mit gleichmäßig anfallenden Abwasserströmen mit hohen BSB-Belastungen anzufinden ist. Sie erfordert meist eine zusätzliche nachgeschaltete aerobe biologische Behandlung.

## 6 Technologien Abgasbehandlung

In diesem Abschnitt werden diejenigen Techniken zur Abgasbehandlung beschrieben, welche für die chemisch-physikalische Behandlung von Abfällen von Relevanz sind und auch in CP-Anlagen eingesetzt werden. Weitere Abgasbehandlungstechniken finden sich in den BAT-Dokumenten. Auf die Grundlagen der einzelnen Techniken wird in dieser Studie nur begrenzt eingegangen, diese finden sich detailliert in der Literatur wieder.

In den nachfolgenden Kapiteln werden folgende Techniken zur Abgasreinigung näher beschrieben: Zyklone, Elektrofilter, Gewebefilter, Adsorption (z. B. an Aktivkohle), Biofiltration, Gaswäsche (Absorption).

Nachfolgende Abbildung 38 zeigt ein Abgasreinigungssystem, wie es in einer österreichischen chemisch-physikalischen Behandlungsanlage eingesetzt wird. In dieser Anlage erfolgt eine Be- und Entlüftung der gesamten Lager- und Behandlungsbereiche mit anschließender 4- oder 5-stufiger Behandlung des Abgases.

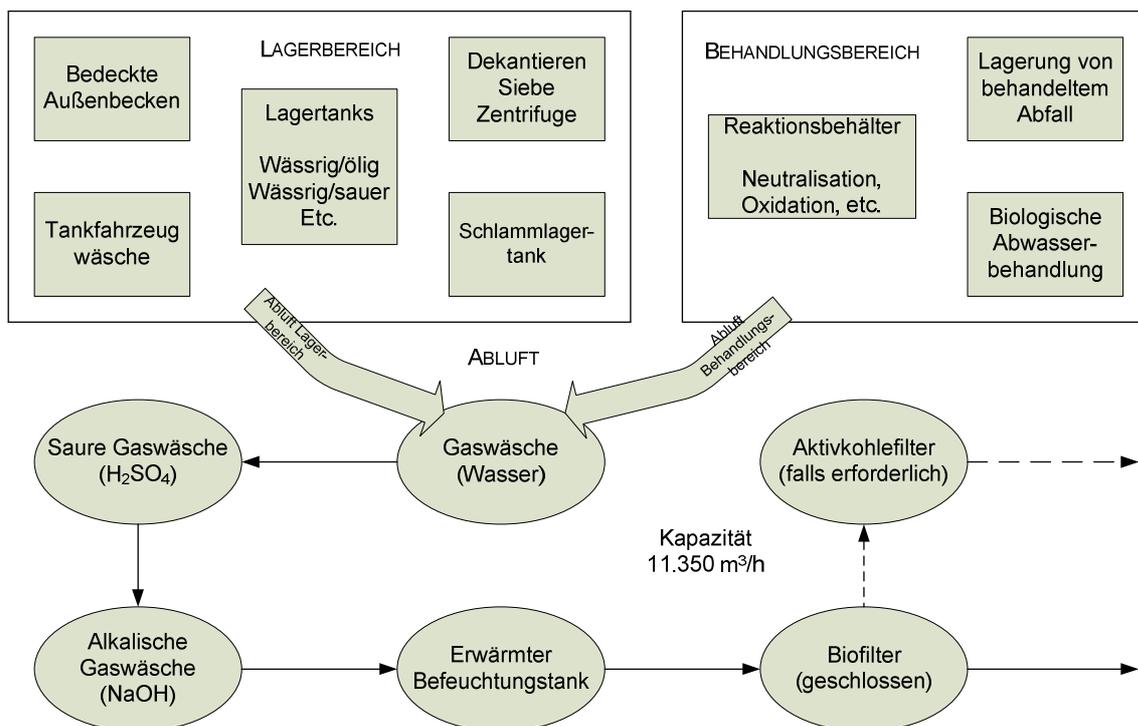


Abbildung 38: Abgasbehandlung einer österreichischen CP-Anlage [3]

## 6.1 Zyklone

Bei Zyklonen werden mittels Zentrifugalkraft feste Partikel oder flüssige Tröpfchen aus Abgasströmen abgeschieden. Große Teilchen werden durch die Rotationsbewegung an die Zyklonwand gedrückt, während die kleinen Teilchen den Zyklon mit dem austretenden Gas verlassen.

Eine Verfahrensvariante sind Nasszyklone. Dabei wird der Abgasstrom mit Wasser besprüht, um das Gewicht der Teilchen zu erhöhen. Vorteil bei dieser Variante ist die höhere Abscheideleistung, da auch kleiner Teilchen entfernt werden können.

### Anwendung

Zyklone werden in der Regel als Vorabscheider für teurere Behandlungsmethoden wie Gewebefilter oder elektrostatische Abscheider verwendet, da sie die Anforderungen an Emissionsgrenzwerte in der Regel alleine nicht erfüllen können.

Mittels konventioneller Zyklone können Teilchen  $>10\ \mu\text{m}$  problemlos abgeschieden werden, bei Teilchen  $<10\ \mu\text{m}$  müssen zusätzliche Techniken verwendet werden, wie z. B. Gewebefilter. Bei der Verwendung von Hochleistungszyklonen ist die Abscheidung von Teilchen  $<2,5\ \mu\text{m}$  möglich. [4]

Bei dieser Technik ist zu beachten, dass der Betrieb sehr lärmintensiv ist. Lärm kann durch eine Einhausung der Anlage verringert werden.

## 6.2 Elektrostatische Abscheider (Elektrofilter)

Elektrofilter werden zur Staubabscheidung aus Gasströmen verwendet. Elektroden erzeugen ein elektrisches Feld, welches die Staubpartikel an die Wände des Filters zieht und sie somit entfernt. Es gibt trocken und nass arbeitende Elektrofilter. Bei trocken arbeitenden Elektrofiltern werden die Kollektoren angestoßen oder abgeklopft, um die partikelförmige Masse abzuschlagen. Bei nassen Verfahren werden sie entweder kontinuierlich oder periodisch mit Sprühwasser gewaschen. [4]

Die Abscheideleistung wird durch die Größe des Elektrofilters maßgebend beeinflusst. Andere Parameter, die die Leistung beeinflussen, sind: spezifischer Widerstand des Staubes, Zusammensetzung des Staubes und des Gases, Temperatur und die Verteilung der Teilchengröße. In Tabelle 43 sind die Abscheideleistungen und Emissionswerte für trockene und nasse Elektrofilter zusammengefasst.

Tabelle 43: Abscheideleistung und Emissionswert von Elektrofiltern [4]

Parameter	Leistung [%]	
	Trockener Elektrofilter	Nasser Elektrofilter
Gesamte Teilchen	99,0 – 99,2	99,0 – 99,2
Teilchen <10 µm	97,1 – 99,4	97,1 – 99,2
Teilchen <2,5 µm	96,0 – 99,2	97,4 – 99,2
Parameter	Emissionswert [mg/Nm <sup>3</sup> ]	
	Trockener Elektrofilter	Nasser Elektrofilter
Staub	5 – 15	

### Anwendung

Elektrofilter werden zur Abscheidung von Partikeln <2,5 µm verwendet. Nass arbeitende Elektrofilter werden in der Regel erst eingesetzt, wenn sich die trockene Variante nicht eignet, z. B.:

- nasses und klebriges Material,
- entflammbar/explosive Mischungen,
- Material mit hohem spezifischem Widerstand,
- wenn höhere Abscheideleistungen erwünscht sind und
- um saure Nebel abzuscheiden [4].

### 6.3 Gewebefilter

In einem Gewebefilter wird der Staub auf fest gewebten oder verfilzten Geweben abgetrennt. Diese Filter können die Form von Tüchern, Patronen oder Taschen/Schläuchen (häufigster Typ) haben, wobei mehrere Gewebefilter zu einer Einheit zusammengefasst werden. Der Abscheidegrad wird durch den sich bildenden Staubkuchen erhöht. [3] Nachfolgende Tabelle 44 zeigt einige allgemein verwendete Gewebe.

Tabelle 44: Verwendete Gewebe für Gewebefilter [4]

Bezeichnung der Gewebe	Chemische Widerstandsfähigkeit gegenüber		Kont. Betriebstemp. in feuchter Hitze [°C]	Kont. Betriebstemp. [°C]	Maximale Spitzentemp. [°C]
	Säure	Lauge			
<b>Polyester</b>	gut	günstig	94	132	150
<b>Copolymeres Acryl</b>	gut	günstig	110	120	130
<b>m-Aramid</b>	gut	gut	177	200	240
<b>Polyphenylen-sulphid</b>	hervorragend	hervorragend	190	190	232
<b>Ethylenchlor-trifluoroethen</b>	hervorragend	hervorragend	177	177	190
<b>Polytetrafluor-ethen (Teflon)</b>	hervorragend	hervorragend	260	260	290
<b>Polyimid</b>	gut	gut	240	260	280
<b>Glas</b>	sehr gut	günstig	260	260	290
<b>Edelstahl</b>	gut	hervorragend	550	550	600
<b>Keramik</b>	sehr gut	gut	760	760	1204

Die Reinigung des Gewebefilters kann in situ mittels Luftimpulse, Gegenstrombelüftung oder mechanischen Klopfens erfolgen. Eine zu häufige oder zu intensive Reinigung führt zu einer geringeren Reinigungsleistung, da der anhaftende Staub die Abscheidung begünstigt. Eine zu selten oder nicht ausreichend durchgeführte Reinigung führt zu einem hohen Druckverlust.

#### Anwendung

Gewebefilter werden zur Abscheidung von groben als auch für kleine Partikel verwendet, wobei die Abscheideleistung bei ca. 99,0 bis 99,9 % liegt [4]. Vorteil bei dieser Technik ist der hohe Abscheidegrad bei hohen Temperaturen, siehe dazu auch Tabelle 44. Verwendung finden sie in der Abgasreinigung als sekundäre oder tertiäre Behandlungseinheit in Kombination mit einem vorgeschalteten Zyklon oder einer vorgeschalteten trockenen Gaswäsche, um die Belastung des Gewebefilters zu verringern.

## 6.4 Adsorption

Bei der Adsorption werden Gasmoleküle auf einer Feststoffoberfläche (Adsorbens) angereichert und können somit vom Abgasstrom entfernt werden. Grundsätzlich besteht die Adsorption, als Verfahren für die Abgasreinigung, aus zwei Behandlungsschritten:

1. Schadstoffminderung durch Adsorption an einem Adsorbens und
2. Regeneration des Adsorbens.

Ist die Oberfläche des Adsorbens vollständig adsorbiert, d. h., die Beladungskapazität des Adsorbens ist erreicht, werden die adsorbierten Schadstoffe desorbiert, um eine Wiederverwendung des Adsorbens zu ermöglichen [3].

Typische Adsorptionsmittel sind, z. B. [3], [4]:

- Aktivkohle,
- Zeolithe,
- Makroporöse Polymerteilchen,
- Silicagel.
- Aluminiumoxid.

In der Abgasbehandlung ist die Aktivkohle das wohl am meisten verwendete Adsorptionsmittel. Nachfolgende Tabelle 45 zeigt Wirkungsgrade für verschiedene Parameter, die bei der Adsorption mit Aktivkohle und Zeolithen erreichbar sind.

Tabelle 45: Wirkungsgrade bei der Adsorption mit Aktivkohle bzw. Zeolithe [4]

Parameter	Leistung [%]	Adsorptionsmittel
VOC	80 – 95	Aktivkohle
Toluen	90	Aktivkohle
Geruch	80 – 95	Aktivkohle, Zeolithe
Schwefelwasserstoff	80 – 95	Aktivkohle

### Anwendung

Die Adsorption wird zur Minderung von VOC, Gerüchen und von flüchtigen Emissionen verwendet. Weiters kann sie auch zur Rückgewinnung von VOC, z. B. nach einer Lösemittelextraktion, angewendet werden [4]. Bei der Anwendung von Aktivkohle ist darauf zu achten, dass die Abluft in einem vorgeschalteten Behandlungsschritt von Staub gereinigt wird, da dieser zu Verstopfungen führen kann, und, dass der Abgasstrom nicht zu feucht ist

(maximal 70 % [4]), da durch die polare Natur des Adsorbens vorzugsweise Wasserdampf adsorbiert wird [3].

Vorteile der Adsorption sind die hohe Wirksamkeit zur Entfernung und Rückgewinnung von VOC, die einfache und robuste Technologie und die einfache Wartung und Installation. Bei der Verwendung von Aktivkohle als Adsorptionsmittel besteht Brandgefahr. Adsorptionsvorgänge sind exotherme Prozesse, bewirken also eine Temperaturerhöhung. Wird das Adsorptionsmittel zu heiß, kann es zu einem Aktivkohle-Bett-Brand kommen, dieser führt zu einer Veränderung der Porengröße des Restbettes oder zur kompletten Zerstörung. Durch gezielte Abkühlung der Aktivkohle oder durch Anfeuchten der Luft kann die Brandgefahr verringert werden. [4]

### Beispielanlagen

Die Adsorption an Aktivkohle wird in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen, zur Entfernung organischer Verbindungen, eingesetzt.

## **6.5 Biofiltration**

Die Biofiltration ist keine Filtration im mechanischen Sinne, da es zu keiner Trennung kommt, sondern zu einer Umwandlung von schädlichen in weniger schädliche Stoffe, d. h., sie werden biologisch oxidiert. Bei der Biofiltration wird der Abgasstrom durch ein Biofiltermedium aus organischem Material wie z. B. Kompost, Rinde und Torf durchgeleitet. Dieses Verfahren ist ein biologisches Oxidationsverfahren, bei welchem das Abgas durch Mikroorganismen in Kohlendioxid, Wasser und Biomasse umgewandelt bzw. oxidiert wird. [3], [4]

Anlagen der Biofiltration sind z. B. Biofilter und Biowäscher. Im Gegensatz zum Biofilter, bei welchem die Mikroorganismen an einem organischen Material fixiert sind, befinden sich bei Biowäschern die Mikroorganismen freischwimmend in einer Suspension, die im Gegenstrom in das Abgas gesprüht wird.

Zur Reinigung der Abluft wird diese durch die Filterschicht des Biofilters geleitet, wobei die abbaubaren Stoffe von den Mikroorganismen zersetzt werden. Um sicherzustellen, dass die Filterschicht luftdurchlässig bleibt, ist gegebenenfalls eine Staubentfernung mittels Wäscher erforderlich. Weiters ist eine Befeuchtung der Abluft und des Filtermaterials notwendig. In Tabelle 46 sind die wichtigsten Eigenschaften und Anwendungsgrenzen und in Tabelle 47 die erreichbaren Emissionswerte und Wirkungsgrade von Biofiltern zusammengefasst.

Tabelle 46: Eigenschaften u. Anwendungsgrenzen von Biofiltern

Parameter	Eigenschaften/Grenzen	Quelle
Gasstrom [ $\text{Nm}^3/\text{h}$ ]	100 – 400 pro $\text{m}^2$ Filteroberfläche, bis zu 200.000	[4]
Temperatur [ $^{\circ}\text{C}$ ]	15 – 40 55, mit thermophilen Bakterien	[4]
Druck	atmosphärisch	[4]
Filtermedium	biologisch aktiv, aber ziemlich stabil Organikgehalt > 60 % porös und krümelig mit 75 – 90 % Hohlraum beständig gegenüber Vernässung und Verdichtung relativ geringer Feinstoffgehalt zur Senkung des Druckabfalls relativ frei von Restgeruch Verwendung von Materialmischung, um die oben angeführten Eigenschaften des Filtermediums zu erreichen	[3]
Feuchtigkeitsgehalt	50 – 80 Gew.-%	[3]
pH-Wert	7 bis 8,5	[3]
Gasvorbehandlung	Befeuchtung, um nahezu 100 % Feuchtigkeit des einströmenden Gases zu erreichen Staubentfernung, um ein Verstopfen des Filtermediums zu verhindern	[3]
Verweilzeit des Gases	30 – 60 Sekunden, je nach Schadstoffkonzentration	[3]
Abscheidekapazität	Abhängig von Filtermedium und Abgas	
Verteilung des Gases	gleichmäßiger Gasfluss ist sicherzustellen	[3]
<b>abbaubare Verbindungen</b>		
Kohlenwasserstoffkonzentration [ $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ]	200 – 2.000	[4]
Ammoniak	kann die Leistung des Abbaus von Kohlenwasserstoffen verringern kann zu $\text{N}_2\text{O}$ abgebaut werden Ammoniakgehalt kann durch Vorbehandlung mittels Gaswäschern gesenkt werden	[4]
Geruchstoff-Konzentration [ $\text{ou}/\text{Nm}^3$ ]	20.000 – 200.000	[4]
Styrolkonzentration [ $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ]	50 – 500	[4]
Verbindungen, die N, S oder Cl enthalten	kann den Biofilter ansäuern und deaktivieren	[4]

Tabelle 47: Emissionswerte und Wirkungsgrade von Biofiltern [4]

Parameter	Leistung [%]	Emissionswert [ $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ]	Bemerkungen
Kohlenwasserstoffe	75 – 95	>5	
Toluol	80 – 95	>5	
Styrol	80 – 90	>10	
Geruch	75 – 95	>5.000 [ $\text{ou}/\text{Nm}^3$ ]	Geruch des Biofilters 200 – 500 [ $\text{ou}/\text{Nm}^3$ ]

### Anwendung

Biofilter werden zur Reduktion von Gerüchen, VOC, aromatischen Verbindungen (z. B. org. Säuren, Alkohole, Kohlenwasserstoffe) verwendet. Weiters können nicht chlorierte Lösemittel, Mercaptane, Amine, Amide, Aldehyde und Ketone abgebaut werden. Die Effizienz eines Biofilters hängt neben dem verwendeten Filtermedium maßgeblich von der Verweilzeit des Gases im Filtermedium ab. Diese liegt bei aerobem Abbau im Bereich von 30 bis 60 Sekunden. [3]

### Beispielanlagen

Biofilter werden in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen zur Entfernung organischer Verbindungen und zur Geruchsminimierung eingesetzt.

## 6.6 Gaswäsche (Absorption)

Unter Abgaswäsche bzw. Absorption wird die Anreicherung von gasförmigen Verbindungen in einer Absorptionsflüssigkeit verstanden; dies kann durch physikalische Kräfte (physikalisches Waschen), chemische Kräfte (chemisches Waschen) oder einer Kombination dieser (physikalisch-chemisches Waschen) erreicht werden. Die physikalische Absorption ist in der Regel ein reversibler Vorgang d. h., dass eine Rückgewinnung der Chemikalien möglich ist, bei der chemischen Absorption (irreversibler Vorgang) werden die gasförmigen Verbindungen aus dem Abgasstrom entfernt und chemisch gebunden. [4]

Gaswäscher werden zur Entfernung folgender Schadstoffe eingesetzt [3], [4]:

- Anorganische gasförmige Emissionen, wie z. B.  $\text{Cl}_2$ ,  $\text{ClCN}$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_x$ ,
- Organische Verbindungen (z. B. VOC),
- Gerüche,
- Staubentfernung mit bestimmten Wäschertypen.

Je nach dem Schadstoff, der entfernt werden soll, werden verschiedene Waschflüssigkeiten verwendet, dies sind [4]:

- Wasser, zur Entfernung, Rückgewinnung von Lösemitteln und Gasen wie Halogenwasserstoffe oder Ammoniak,
- Alkalische Lösungen, um saure Komponenten wie Halogenwasserstoffe, Schwefeldioxid, Phenole, Chlor zu entfernen; oftmals auch als zweite Stufe nach der Absorption mit Wasser, um Reste an Halogenwasserstoffen zu entfernen,
- Alkalische Lösungen von Oxidationsmitteln, z. B. alkalische Lösungen mit Natriumhypochlorit, Chlordioxid, Ozon oder Wasserstoffperoxid, zur Auswaschung von Cyaniden und zur Geruchsminderung [3],

- Lösungen von Natriumhydrogensulfit, um Gerüche zu entfernen,
- Saure Lösungen, um Ammoniak und Amine zu entfernen.

Nachfolgende Tabelle 48 zeigt die erreichbaren Wirkungsgrade von Gaswäschern für verschiedene Verbindungen.

Tabelle 48: Wirkungsgrade von Gaswäschern [4]

Parameter	Leistung <sup>a</sup> [%]	Bemerkungen
Alkohole	bis zu 95	Wasser
Fluorwasserstoff	>99	Wasser
Chlorwasserstoff	>99	Wasser
Ammoniak	>99,9 <sup>b</sup>	Säure
Amine	>99	Säure
Schwefeldioxid	80 – 99 <sup>c</sup>	Lauge
Phenole	>90	Lauge
Schwefelwasserstoff	90 – 95	Lauge
Anorganische Verbindungen	95 – 99 <sup>c, d, e</sup>	
VOC	50 – 95 <sup>c, d</sup>	
	70 – 99 <sup>e, f</sup>	

a...hohe Ausgangskonzentration

b...Ausgangskonzentration 25 g/Nm<sup>3</sup>, Endkonzentration <10 mg/Nm<sup>3</sup>

c...Sprühturm, verschiedenen Reagenzien

d...erreichbar >99 %

e...Festbettwäscher

f...fasergepackter Wäscher

g...Prallplattenwäscher

### Anwendung

Gaswäscher werden vorrangig zur Minderung von VOC, Säuren, Ammoniak, Partikel, usw. eingesetzt. Sie eignen sich für hohe Durchflüsse mit niedrigen Konzentrationen (z. B. 1 – 200 mg/Nm<sup>3</sup> VOC). Nachfolgende Tabelle 49 zeigt die Vor- und Nachteile dieses Verfahrens bei der Abgasbehandlung.

Tabelle 49: Vor- und Nachteile der Gaswäsche [4]

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"><li>• Großer Anwendungsbereich,</li><li>• Hohe Leistung,</li><li>• Einfache Technologie,</li><li>• Kühlung heißer Gasströme möglich.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Wasser oder verdünnte Chemikalien sind für dieses Verfahren notwendig,</li><li>• Aufbereitungsreagenzien (z. B. Säuren, Laugen, Oxidationsmittel, Weichmacher) sind für viele Anwendungen notwendig,</li><li>• Als Schlamm abgeschiedener Staub muss behandelt werden,</li><li>• Abgeschiedene Teilchen können kontaminiert und nicht recycelfähig sein,</li><li>• Abgas kann Wiedererhitzen erfordern, um eine sofortige Kondensation zu verhindern, und um sichtbare Dampffahnen zu vermeiden.</li></ul>

### Beispielanlagen

Gaswäscher werden in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen vermehrt zur Abgasreinigung eingesetzt.

## 7 Spezielle Anforderungen für die Zuordnung von Abfällen zur chemisch-physikalischen Behandlung

Eine Zuordnung von Abfällen zu Behandlungsmethoden allein aufgrund der Abfallbezeichnung (Schlüsselnummer) ist in der Regel nur bedingt möglich. Siehe dazu auch das Kapitel über die Zuordnung von Schlüsselnummern zu den chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren.

Nachfolgende Kapitel zeigen Techniken auf, mit denen eine Charakterisierung des Abfallinputs bestmöglich erreicht werden kann. Die genaue Durchführung dieser Charakterisierung ist essenziell für alle späteren Verfahrensschritte und kann bei unzureichender Genauigkeit zur falschen Behandlung des Abfalles und dadurch zu nicht vorhersehbaren Emissionen führen.

Die ÖNORM S 2110 "Analytische Beurteilungen von Abfällen" kennt den Begriff der Analyse einer Erstanlieferung und der Untersuchung einer Folgeanlieferung. Bei der Erstanlieferung erfolgt eine umfangreiche Untersuchung des Abfalls, während bei der Untersuchung der Folgeanlieferung nur die Identität des Abfalls überprüft wird. Neben den Techniken zur bestmöglichen Charakterisierung des zu behandelnden Abfalls, wird auch auf die Zwischenlagerung gefährlicher Abfälle und die in diesem Zusammenhang stehenden Anforderungen an die Lagerung näher eingegangen.

### 7.1 Verbesserung der Kenntnisse über den Abfallinput

Dieser Abschnitt beschäftigt sich mit Techniken zur Charakterisierung des Abfallinputs, damit dieser anschließend einem geeigneten Abfallbehandlungsverfahren zugeordnet werden kann. Die Erstanalyse ist essenziell für die späteren Verfahrensschritte und wird vor der eigentlichen Anlieferung durchgeführt. Mit der Untersuchung der Folgeanlieferung wird die Identität des Abfalls bei der Annahme untersucht.

#### 7.1.1 Charakterisierung der Abfallzusammensetzung (Voruntersuchung der Erstanlieferung)

In chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen erfolgt die Behandlung einer Vielzahl unterschiedlichster Abfälle, welche aus verschiedenen Industriezweigen stammen, wodurch die Abfallzusammensetzungen der einzelnen Anlieferungen stark variieren können. Aus diesem Grund ist es notwendig, vor der Anlieferung genaue Kenntnisse über physikalische und chemische Eigenschaften der Abfälle zu erhalten, um feststellen zu können, ob die Behandlung in dieser Anlage möglich ist, d. h. eine Zuordnung zu den vorhandenen Behandlungsverfahren möglich ist.

Für den Umfang der Erstanalyse wird auf die ÖNORM S 2110 „Untersuchung von Abfällen für die chemisch-physikalische oder thermische Behandlung“, Kapitel 4, verwiesen. Anhand Tabelle 1 (Abfallbeschreibung) der ÖNORM S 2110 können allgemeine Daten und

Eigenschaften bei der Erstuntersuchung von Abfällen angegeben und kontrolliert werden, dies wären z. B. Angaben über den Abfallbesitzer; Art, Bezeichnung und Abfallschlüsselnummer sowie Masse des Abfalls; Zustandseigenschaften (fest, schlammig, flüssig, gasförmig); gefahrenrelevante Eigenschaften (H-Sätze); Lösungsverhalten gegenüber Wasser und z. B. anderen Lösemitteln. Anschließend an die Abfallbeschreibung erfolgt die Erstanalyse anhand Tabelle 3 (Behandlung in CPA-Anlagen) oder Tabelle 4 (Behandlung in CPO-Anlagen) der ÖNORM S 2110.

Der Umfang der Erstanalyse kann entsprechend der Abfallart, den bekannten Eigenschaften, sowie den Erfordernissen der Behandlungsanlage eingeschränkt oder erweitert werden. Dies ist aber in jedem Fall zu begründen. [37] Nachfolgende Tabelle 50 ist ein Auszug aus den Tabellen 2 und 3 der ÖNORM S 2110 über die zu analysierenden Parameter bei der Erstanalyse für eine anschließende chemisch-physikalische Behandlung.

Tabelle 50: Parameter für die Erstanalyse von Abfällen [37]

Parameter für die Behandlung in CPA-Anlagen	Parameter für die Behandlung in CPO-Anlagen
pH-Wert	Flammpunkt
elektrische Leitfähigkeit (25 °C)	Feststoffgehalt
Flammpunkt	Trockenmasse
Feststoffgehalt	Kohlenwasserstoffe, gesamt
Trockenmasse	schwerflüchtige lipophile Substanzen (z. B. Fettgehalt)
Kohlenwasserstoffe, gesamt	
schwerflüchtige lipophile Substanzen (z. B. Fettgehalt)	Summe der polychlorierten Biphenyle (PCB)
Halogenen	Nitrit (als N)
Nitrit (als N)	Halogene
Ammonium (als N)	Phenole (wasserdampfvlüchtige Phenole; als Phenolindex)
Cyanide, leicht freisetzbar (als CN)	
Cyanide, gesamt (als CN)	
Sulfat (als SO <sub>4</sub> )	
Arsen	
Blei	
Cadmium	
Chrom, gesamt und Chrom (VI)	
Cobalt	
Kupfer	
Nickel	
Quecksilber	
Zink	
Zinn	

### 7.1.2 Annahmeverfahren (Eingangskontrolle)

Anhand eines klar strukturierten Annahmeverfahrens kann verhindert werden, dass Abfälle angenommen werden, die nicht in der Anlage behandelt werden können, oder sich von der Erstanalyse unterscheiden.

Abbildung 39 zeigt ein generelles Schema eines Annahmeverfahrens für chemisch-physikalische Behandlungsanlagen.

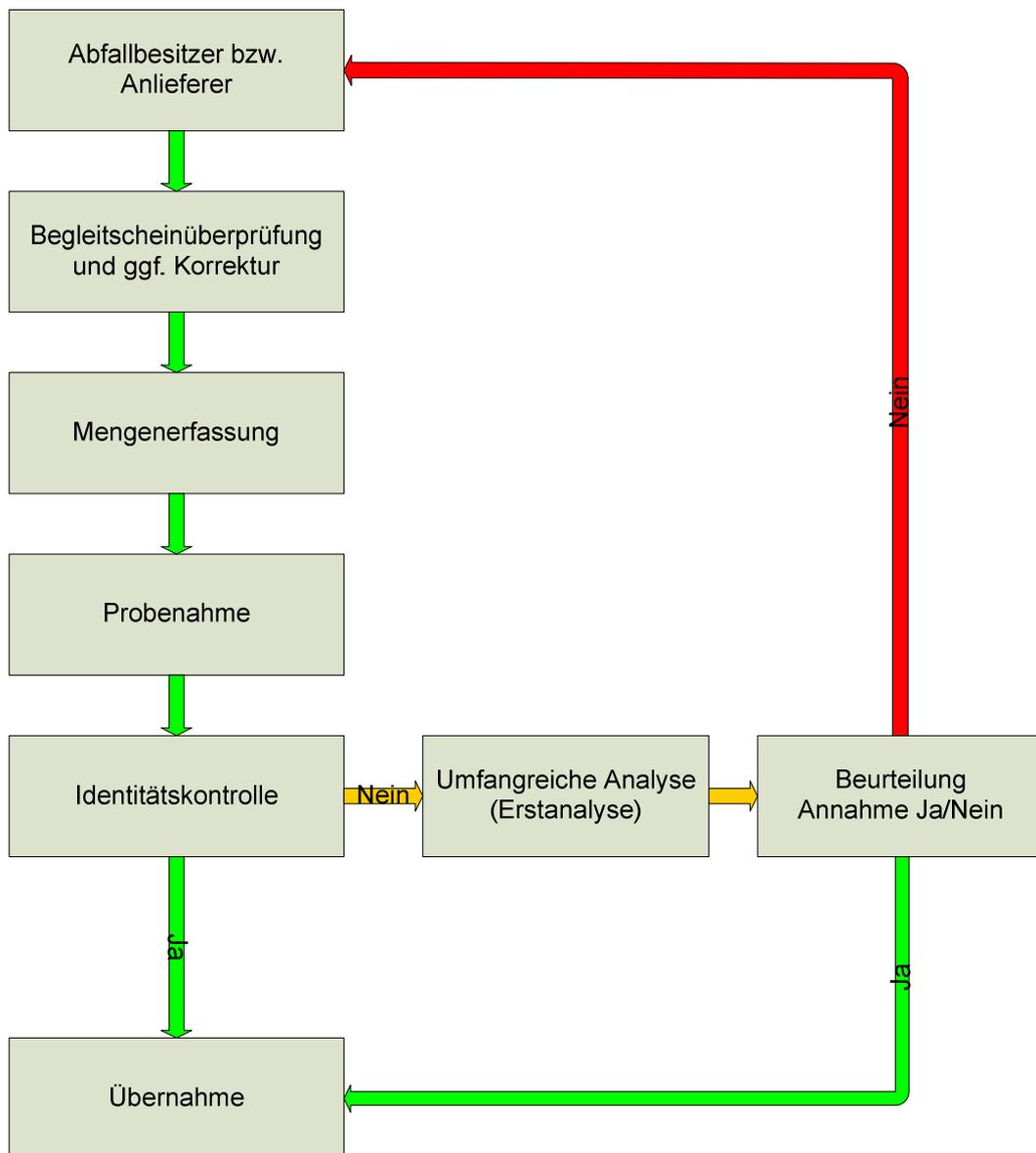


Abbildung 39: Annahmeverfahren, generelles Schema [1]

Für gefährliche Abfälle besteht laut Abfallnachweisverordnung eine Begleitscheinpflicht. Der Begleitschein muss während des Transports mitgeführt und dem Übernehmer übergeben werden. Entsprechen die übernommenen Abfälle nicht den Angaben laut Begleitschein, so ist dieser vom Übernehmer in der Korrekturzeile zu ergänzen oder richtigzustellen.

Die mengenmäßige Erfassung hat getrennt nach Abfallschlüsselnummern und Herkunft zu erfolgen.

Bei der Anlieferung werden mittels einer Analyse der Abfälle (Folgeanlieferung) die Identität des Abfalls, die Beschreibung des Abfalls und die Untersuchungsergebnisse der Voruntersuchung überprüft und bestätigt. Der Umfang der Identitätskontrolle erfolgt auf Basis der Erstanalyse. Tabellen 6 und 7 der ÖNORM S 2110 erläutern den Umfang der Identitätskontrolle in CPA- und CPO-Anlagen und sind in nachfolgender Tabelle angeführt. Die Probenahme hat dabei gemäß ÖNORM S 2111 zu erfolgen.

Tabelle 51: Messgrößen für die Identitätskontrolle in CP-Anlagen [37]

Messgrößen für die Identitätskontrolle in CPA-Anlagen	Messgrößen für die Identitätskontrolle in CPO-Anlagen
pH-Wert	pH-Wert
elektrische Leitfähigkeit (bei 25 °C)	Trockenmasse
Nitrit (als N)	Kohlenwasserstoffe, gesamt
Cyanide, leicht freisetzbar (als CN)	schwerflüchtige lipophile Substanzen (z. B. Fettgehalt)
Cadmium	
Chrom, gesamt	Nitrit (als N)
Chrom (VI)	Halogene
Kupfer	
Zink	

Weicht die Identitätskontrolle von der Erstanalyse ab, ist eine erneute Erstanalyse mit einer neuen Probe des angelieferten Abfalls durchzuführen, um feststellen zu können, ob eine Behandlung in der Anlage möglich ist. Anhand dieser Analyse wird entschieden, ob der Abfall angenommen wird oder nicht.

Das Annahmeverfahren gewährleistet, dass ungeeignete Abfälle in der Anlage nicht übernommen werden. Abfälle sollten ohne Probenahme, Überprüfung und Tests im Labor nicht angenommen werden. Werden schriftliche Informationen des Abfallbesitzers bezüglich der Abfallzusammensetzung mitgeliefert, sind diese Abfälle trotzdem zu untersuchen und zu prüfen.

### 7.1.3 Annahmeeinrichtung

Für eingehende Abfälle sollte ein Annahmehbereich vorhanden sein, in dem die Abfälle von fachkundigem Personal visuell begutachtet, Begleitscheine überprüft und Proben für die Identitätskontrolle gezogen werden können.

Der Annahmehbereich sollte folgende Bereiche umfassen:

- Verkehrsbereich (Zu- und Abfahrt),
- Waage mit Eingangsbüro,
- Manipulationsbereich (Be-, Um- und Entladung),
- Probenahmebereich mit separater Abwassererfassung,
- Tankwagen-Übernahmestation und Waschstation für Tankwägen,
- Labor,
- Lagermöglichkeit für Rückstellproben [1].

Die einzelnen Bereiche (Überprüfungs-, Entladungs- und Probenahmebereiche) sollten auf dem Lageplan des Betriebsgeländes markiert werden und über ein geeignetes abgedichtetes Drainagesystem verfügen. Der Untergrund ist dabei zu versiegeln, um ihn sicher vor den zu behandelnden Abfällen zu sichern. [3] Weiters wird auf die speziellen Techniken zu Annahmehrichtungen gemäß BAT-Dokument „Waste Treatments Industries“ hingewiesen, die hier im Einzelnen nicht angeführt werden.

## 7.2 Zwischenlagerung gefährlicher Abfälle

Gemäß § 2 Abs. 5 Ziffer 1 AWG 2002 umfasst der Begriff „Abfallbehandlung“ die im Anhang 2 genannten Verwertungsverfahren (R-Sätze) und Beseitigungsverfahren (D-Sätze). Laut Anhang 2 AWG 2002 ist die Ansammlung von Abfällen, um sie einem unter R1 bis R12 aufgeführten Verfahren zu unterziehen (R13) und die Lagerung bis zur Anwendung eines in D1 bis D14 aufgeführten Verfahren (D15) ein Verwertungs- bzw. Beseitigungsverfahren. Daraus folgt, dass das Lagern im Sinne des AWG 2002 eine Abfallbehandlung darstellt und dass das Abfalllager gemäß § 37 Abs. 1 AWG 2002 eine genehmigungspflichtige Behandlungsanlage ist.

Für die Zwischenlagerung von gefährlichen Abfällen mit einer Kapazität von weniger als 1.000 Tonnen pro Jahr ist ein vereinfachtes Genehmigungsverfahren nach § 50 AWG 2002 durchzuführen. Ausnahmen von der Bewilligungspflicht nach den Bestimmungen der §§ 37 ff AWG 2002, welche keiner gesonderten Genehmigung laut AWG 2002 bedürfen, sind Lager von Abfällen, die der Genehmigungspflicht gemäß §§ 74 ff GewO 1994, gemäß dem Mineralrohstoffgesetz oder gemäß dem Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen unterliegen. Weiters besteht keine Genehmigungspflicht für Abfalllager für ausschließlich am Entstehungsort entstandene Abfälle.

Für die Zwischenlagerung von gefährlichen Abfällen wurde das ÖWAV-Regelblatt 517 „Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb von Zwischenlagern für gefährliche Abfälle bei Abfallsammlern nach § 25 AWG“ erarbeitet, dessen Inhalte Grundlage für einen österreichweit einheitlichen Vollzug seitens der Anlagengenehmigungs- und

Kontrollbehörden, sowohl auf Bundes-, als auch auf Landesebene bilden. Die nächsten Abschnitte dieses Kapitels beziehen sich auf die Inhalte dieses Regelblattes, für nähere Details zu den einzelnen Punkten wird an dieser Stelle auf das Regelblatt 517 verwiesen.

### 7.2.1 Lagermatrix

Die Zuordnung von Abfällen zu Bezeichnungen und Schlüsselnummern berücksichtigt nur in geringem Ausmaß das Gefährdungspotenzial von gefährlichen Abfällen, wie sie in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen auftreten. Die Anforderungen an die Lagerung von gefährlichen Abfällen, richtet sich nach der Gefährdungseigenschaft (dem Gefährdungspotenzial) der zu lagernden Abfälle.

Das ÖWAV-Regelblatt 517 „Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb von Zwischenlagern für gefährliche Abfälle bei Abfallsammlern nach § 25 AWG“ beinhaltet die baulichen Ausführungen, die Übernahme und Eingangskontrolle, die Lagerdokumentation, verschiedene Sicherheitspläne und eine Lagermatrix, welche das Kernstück dieses Regelblattes darstellt.

Anhand der Lagermatrix, siehe dazu Abbildung 53 in Anhang I, werden ausgehend von den gefahrenrelevanten Eigenschaften und den verschiedenen Lagerarten, konkrete Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb von Zwischenlagern für gefährliche Abfälle definiert. Dabei wird zwischen einer Grundausrüstung und einer Zusatzausrüstung bei bestimmten gefahrenrelevanten Eigenschaften unterschieden. Die Einteilung erfolgt zwischen folgenden Lagerarten: Tanklager für flüssige gefährliche Abfälle; Silos, Becken und Schüttboxen für feste, flüssige und pastöse gefährliche Abfälle; Stückgutlager mit zusätzlichen Lagerbehältnissen für gasförmige, flüssige, feste und pastöse Abfälle; Stückgutlager für lose gefährliche Abfälle.

Zur Ermittlung der technischen und organisatorischen Anforderungen an die Zwischenlagerung, sind bei der Verwendung der Lagermatrix folgende Schritte notwendig:

1. Zuordnung der gefährlichen Abfälle zu Schlüsselnummern,
2. Zuordnung von gefahrenrelevanten Eigenschaften entsprechend den Vorgaben der ÖNORM S 2105, dabei ist eine Zuordnung von mehreren gefahrenrelevanten Eigenschaften möglich,
3. Auswahl der entsprechenden Lagerart mittels Lagermatrix (Tanklager; Silos, Becken und Schüttboxen; Stückgutlager mit zusätzlichen Lagerbehältnissen; Stückgutlager (lose)),
4. Ermittlung der Lageranforderungen (Grundausrüstung, zusätzliche Anforderungen bzw. Erleichterungen) [38].

## 7.2.2 Bauliche Ausführung

Ein Zwischenlager für gefährliche Abfälle kann als Massivbau (Beton- oder Ziegelwände mit Überdachung) oder als Flugdach ausgeführt werden, wobei aufgrund der entsprechenden Normen eine Mindesthöhe von 2,60 m vorzusehen ist.

Die bauliche Ausführung und die erforderlichen Sicherheitseinrichtungen richten sich nach den gefährlichen Eigenschaften der zu lagernden Abfälle (H-Kriterien). Dabei sind folgende bauliche Maßnahmen zu berücksichtigen:

- Schutz gegen Niederschlagswasser und Abdichtung gegenüber dem Boden bei Lagerung wassergefährdender oder bodengefährdender Stoffe,
- Auffangeinrichtungen bei Lagerung flüssiger und wassergefährdender Stoffe,
- Brand- und Explosionsschutz bei der Lagerung explosiver oder entzündbarer Stoffe,
- Be- und Entlüftung bei Lagerung gefährlicher Stoffe (Zulässigkeit gemäß Chemikaliengesetz, BGBl. Nr. 53/1997 idgF, prüfen),
- Schutz vor direkter Sonneneinstrahlung um gefährliche Reaktionen und einen Druckaufbau in geschlossenen Lagerbehältern zu vermeiden [38].

Ein Zwischenlager für gefährliche Abfälle kann in folgende Bereiche eingeteilt werden [38]:

- Verkehrsbereich (Zu- und Abfahrt): Flächen für die Anlieferung von gefährlichen Abfällen (außerhalb des Lagerbereichs) sind gemäß den Vorgaben für Verkehrsflächen (Bau Normen für Straßen und Parkplätze) auszuführen.
- Manipulationsbereich (Be-, Um- und Entladung): Dieser Bereich dient der Be- und Entladung der Transportfahrzeuge und ist mit einer flüssigkeitsdichten und gegen die Abfälle beständigen Betonschicht zu versehen. Eine Schicht aus Asphalt ist nur zulässig, wenn ausschließlich Abfälle manipuliert werden, bei denen Asphalt flüssigkeitsdicht und beständig bleibt. Der gesamte Bereich ist weiters mit einer Auffangeinrichtung zu versehen und nach Möglichkeit zu überdachen. Entstehen in diesem Bereich Geruchs- oder Staubemissionen, sind zusätzliche Absauganlagen und Reinigungseinrichtungen (z. B. Filter, Wäscher) vorzusehen.
- Lagerbereich: Dieser Bereich dient ausschließlich der Lagerung und gegebenenfalls der Beprobung von gefährlichen Abfällen. Er muss mineralöldicht und flüssigkeitsdicht gegenüber pH-neutralen wässrigen Systemen sein und über ein Gefälle (mindestens im Verhältnis 1:100) in Richtung eines oder mehrerer Sammelschächte verfügen. Weiters ist das Zwischenlager ausreichend zu belüften, wobei dies über natürliche oder technische Be- und Entlüftung sichergestellt werden kann. Bei der Lagerung von speziellen Abfällen wird auf das Regelblatt 517 verwiesen.

- Containerreinigung: Die bei der Reinigung der Transportcontainer anfallenden Abfälle, dies sind z. B. Rückstände und Reinigungsmittel, werden als gefährliche Abfälle gesammelt und einem geeigneten Behandlungs- bzw. Beseitigungsverfahren zugeführt.
- Abstellplätze für Transportfahrzeuge und für leere gereinigte Container,
- Sozial- und Bürobereich.

### 7.2.3 Zusammenlagerung von gefährlichen Abfällen

Der Begriff der Zusammenlagerung bezeichnet die Lagerung von verschiedenen gefährlichen Abfällen (unterschiedliche Schlüsselnummern) in einem Lagerbereich. Im Zuge der Abschätzung, ob eine Zusammenlagerung möglich ist, wurden ausgehend von den gefahrenrelevanten Eigenschaften Lagergruppen gebildet. Mittels nachfolgender Tabelle 52 kann überprüft werden, ob und unter welchen Voraussetzungen eine Zusammenlagerung von gefährlichen Abfällen möglich ist.

Tabelle 52: Zusammenlagerung von gefährlichen Abfällen [38]

Lagergruppen (LG)	LG 1	LG 2	LG 3	LG 4	LG 5	LG 6	LG 7	LG 8	LG 9
<b>LG 1:</b> Gasförmige gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H3-A oder H3-B (z. B. Druckgaspackungen)	+	-	-	-	-	-	1)	-	-
<b>LG 2:</b> Flüssige gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H3-A	-	+	-	+	-	3)	3)	-	-
<b>LG 3:</b> Feste gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H3-A	-	-	+	-	+	+	+	-	-
<b>LG 4:</b> Flüssige gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H3-B	-	+	-	+	-	4)	4)	-	-
<b>LG 5:</b> Feste gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H3-B	-	-	+	-	+	+	+	-	-
<b>LG 6:</b> Gesundheitsschädliche / giftige / krebserregende / infektiöse / teratogene / mutagene / Stoffe und Zubereitungen, die bei der Berührung mit Wasser, Luft oder einer Säure ein giftiges oder sehr giftiges Gas abscheiden / gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H5, H6, H7, H9, H10, H11 oder H12	-	3)	+	4)	+	+	-	+	+
<b>LG 7:</b> Ätzende oder reizende gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H4 oder H8	1)	3)	+	4)	+	-	2)	+	+
<b>LG 8:</b> Flüssige gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H2	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<b>LG 9:</b> Feste gefährliche Abfälle mit der gefahrenrelevanten Eigenschaft H2	-	-	-	-	-	+	+	+	+

1) Zusammenlagerung nur mit ätzenden oder reizenden Abfällen, die NICHT brennbar sind!

2) Bei chemischer Unverträglichkeit (z. B. Säuren / Laugen) ist eine Trennung innerhalb des Lagerbereichs notwendig (z. B. getrennte Auffangwannen)!

3) Eine Zusammenlagerung ist nur erlaubt, wenn maximal 1 x 50 l brennbare Flüssigkeiten gelagert werden.

4) Eine Zusammenlagerung ist nur erlaubt, wenn maximal 2 x 200 l brennbare Flüssigkeiten gelagert werden.

+ Zusammenlegung erlaubt!

- Zusammenlegung nicht erlaubt!

## 7.2.4 Lagerbehälter, -kennzeichnung und -dokumentation

Für die Sammlung und Zwischenlagerung wird eine Vielzahl von verschiedenen Behältern (Kunststoff oder Metall) verwendet. Die entsprechende Auswahl, welcher Behälter für welchen gefährlichen Abfall heranzuziehen ist, erfolgt nach den Kriterien [38]:

- Materialbeständigkeit,
- Dichtheit (Verschließbarkeit),
- Wiederverwendbarkeit/Reinigungsaufwand,
- Handhabbarkeit/Manipulationsaufwand.

Für die Beschriftung der einzelnen Behälter werden in der Regel wasserfeste Aufkleber verwendet, die folgende Inhalte aufweisen: Schlüsselnummer, Abfallbezeichnung, Schlüsselnummernspezifizierung (2-stellig), Gefahr- und UN-Nummer, Gefahrensymbol nach den Bestimmungen des ADR, ggf. Abfallerzeuger mit Name und Adresse.

Werden einzelne Abfallarten in eigenen Lagerbereichen gelagert, so ist dieser Bereich eindeutig abzugrenzen und entsprechend zu markieren.

Die einzelnen Lagerbewegungen müssen nachvollziehbar dokumentiert werden. Die Dokumentation erfolgt mittels eines Lagerbuches, welches folgende Mindestanforderungen erfüllen muss:

- Abfallbezeichnung,
- Schlüsselnummer,
- Ggf. die betriebsinterne Abfallbezeichnung,
- Name des Kunden bzw. weitere Daten zum Übergeber,
- Datum der Übernahme bzw. Datum der Ein- und Auslagerung,
- Gebindebezeichnung,
- Anzahl der Gebinde inkl. Volumen in Liter,
- Masse des Abfalls in kg,
- Wiegescheinnummer,
- Ggf. UN-Nummer, Gefahrgutklasse,
- Nummer des Begleitscheins,
- Im Lager zugewiesener Lagerplatz,
- Name des Mitarbeiters, von dem die Eintragung erfolgte.

Mittels Lagerdokumentation muss es jederzeit möglich sein, die aktuell gelagerte Menge für jede Abfallschlüsselnummer zu ermitteln.

### 7.3 Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden

Die Zuordnung der Abfälle zu den einzelnen chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden erfolgte auf Basis des Abfallverzeichnisses gemäß Abfallverzeichnisverordnung. Es wurden nur jene Abfälle beschrieben, die üblicherweise zur Behandlung in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen eingesetzt werden, wobei nicht zwischen gefährlichen und nicht gefährlichen Abfällen unterschieden wird.

Gemäß den Zuordnungskriterien erfolgt die Zuordnung eines Abfalls zu einer Schlüsselnummer nach dessen Herkunft sowie sämtlichen stofflichen Eigenschaften einschließlich gefahrenrelevanter Eigenschaften. Hierbei ist jene Schlüsselnummer zu verwenden, welche den Abfall in seiner Gesamtheit am besten beschreibt, da die zu behandelnden Abfälle nie die gleiche Zusammensetzung aufweisen, ist eine Zuordnung nur bedingt möglich und muss im Regelfall überprüft werden.

#### Voraussetzungen für die Zuordnung:

- In der Regel ist eine Kombination der Behandlungsmethoden notwendig, um die Behandlungsziele erreichen zu können.
- Für die Wahl des geeigneten Behandlungsverfahrens sind genaue Kenntnisse über die chemischen Inhaltsstoffe notwendig,
- Zuordnung erfolgt für nicht gefährliche und gefährliche Abfälle.

#### Behandlungsmethoden

Nachfolgende Behandlungsmethoden wurden in dieser Studie näher untersucht und in Kapitel 5 beschrieben.

1. Verfahren zur Stofftrennung (physikalische Verfahren)
  - Filtration/Entwässerung
  - Sedimentation und Zentrifugieren
  - Eindampfung und Destillation
  - Strippung
  - Membranverfahren (Ultrafiltration, Umkehrosmose)
  - Adsorption
  - Flotation
  - chemische Emulsionsspaltung
  - Ionenaustausch

## 2. Verfahren zur Stoffumwandlung (chemische Verfahren)

- Neutralisation/Fällung
- Entgiftung (Reduktion, Oxidation)
- Elektrolyse
- Nassoxidation
- Biologisch Behandlung

In der Praxis werden auch folgende Behandlungsverfahren eingesetzt, welche aber in dieser Studie nicht näher behandelt werden:

- Extraktion,
- Elektrodialyse
- Immobilisierung,
- Zementation,
- Laugungsprozesse,
- Waschprozesse.

### 7.3.1 Zuordnungstabelle

Nachfolgende Tabelle 53 zeigt die Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden. Für nähere Informationen zu den einzelnen Behandlungsverfahren und zu den zugeordneten Abfallarten siehe Kapitel 5. Die Zuordnung basiert teilweise auf Daten der Tabelle „Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden“ des Umweltbundesamt Report R-138 (1997) „Grundlagen für eine Technische Anleitung zur chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen.“

Eine Zuordnung von Schlüsselnummern zu einzelnen Behandlungsverfahren ist nur bedingt in der Praxis anzuwenden, da die Abfallzusammensetzungen stark schwanken. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die folgende Tabelle 53 nur als Orientierungshilfe anzusehen ist. Im Einzelfall ist eine Überprüfung des Abfalls (Abfallzusammensetzung) und eine Auswahl des geeigneten Behandlungsverfahrens, d. h. Erstellung eines Behandlungsplanes, notwendig.

Tabelle 53: Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe							
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Stripping	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung
11421	Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen		x	x						x							x			x			x	x		x		
12501	Inhalt von Fettabscheidern		x							x											x	x	x			x	x	
12503	Öl-, Fett- und Wachsemissionen		x							x							x								x			
14401	Äschereischlamm						x	x																x		x	x	
14402	Gerbereischlamm						x	x									W							x		x	x	
31205	Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig										0											x		x	x			
31206	Leichtmetallkrätze, magnesiumhaltig										0											x		x	x			
31308	Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen										x													x	x		x	x
31423	ölverunreinigte Böden	W	W					x		W	x						W			x	x			x	x		x	x
31424	sonstige verunreinigte Böden					0	x	W			x			W			W	W		x	x			x	x			x
31437	Asbestabfälle, Asbeststäube										x													x	x			
31441	Brandschutt oder Bauschutt mit schädlichen Verunreinigungen					W			W		x			W							x			x	x			
31610	Emaillenschlamm		0				x			0		W		W			W							x	x			

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe								
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie
31628	Härtereischlamm aus cyanidhaltigen Härtebädern					x	x							0											x	x			
31629	Härtereischlamm aus nitrathaltigen bzw. nitrithaltigen Härtebädern					x	x							0											x	x			
31639	sonstige Schlämme aus Fäll- und Löseprozessen mit schädlichen Beimengungen					x	x			x	W			0				W			x			x	x				
31640	Füll-, Trennmittelsuspensionen (Mineral-, Feststoffanteile)						x				W		W				W							x	x				
31642	Kesselreinigungsrückstände					x	x			x														x	x			x	
35321	sonstige NE-metallhaltige Stäube									x												x		x	x				
39909	sonstige feste Abfälle mineralischen Ursprungs mit produktionsspezifischen schädlichen Beimengungen									x														x	x				
51101	cyanidhaltiger Galvanikschlamm					x	x																	x	x			x	
51102	chrom(VI)haltiger Galvanikschlamm					x	W				W						W							x	x			x	
51103	chrom(III)haltiger Galvanikschlamm						W			x	W						W							x	x				
51104	kupferhaltiger Galvanikschlamm					W	W			x	W						W	W				x		x	x				
51105	zinkhaltiger Galvanikschlamm					W	W			x	W						W							x	x				
51106	cadmiumhaltiger Galvanikschlamm						W			x	W						W					x		x	x				
51107	nickelhaltiger Galvanikschlamm					W	W			x	W						W					x		x	x				

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden															Sonstige			Behandlung der Reststoffe										
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie	
51108	kobalthaltiger Galvanikschlamm				W	x	x		x	W		0				W							x	x				x		
51110	edelmetallhaltiger Galvanikschlamm				W		x		x			W						W					x		x				x	
51112	sonstige Galvanikschlämme				W	x	x				x	W		0				W							x	x				x
51113	sonstige Metallhydroxidschlämme				W	x	x				x	W		0				W							x	x				x
51114	Blei-, Nickel-, Cadmiumhydroxidschlämme				W		x				x	W						W					x		x					
51115	Aluminiumhydroxidschlamm, verunreinigt						x		x		x				x										x					
51509	Salmiak (Ammonchlorid)					0																								
51511	Salzbadabfälle				0																									x
51512	Amoniumfluorid					x																								
51519	Eisenchlorid								x						x									x		x				x
51532	Chlorkalk					x									0									x		x	x			x
51533	Härtesalz, cyanidhaltig												x			x														x
51534	Härtesalz, nitrat-, nitritthaltig u.a.																													x
51543	gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen					x				0		x		x		x		x	x				x	x					x	
52101	Akku-Säuren								x			x		x				0							x	x				

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe							
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nasoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung
52102	Säuren und Säuregemische, anorganisch							x			x		x										x	x				
52103	Säuren u. -gemische mit anwendungsspez. Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher)					x			x		0		x					x					x	x				
52105	Chromschwefelsäure					x			x				0	x														
52201	organische Säuren und -gemische, halogeniert												0								x							
52202	organische Säuren und -gemische, nicht halogeniert	0										x	x							x	x		x	x				
52402	Laugen, Laugengemische												x							0				x				
52403	Ammoniaklösungen (Salmiakgeist)												x		x					0			x	x				
52404	Laugen, -gemische mit abwendungsspezifischen Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher)								x		x		x					x					x	x				
52701	Hypochlorit-Ablauge						x					x	x	x	x							x		x				
52707	Fixierbäder				x	x	x				0	0		0	x				x	0		x						x
52710	Gerbereibrühe				x				x			x						x		x						x		
52712	Konzentrate, chrom(VI)haltig					x							x											x				x
52713	Konzentrate, cyanidhaltig					x	x					x	x	x	x									x				x
52714	Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig				x	x						x	x	x	x			x						x				x

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe								
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie
52715	Bleichbäder				x		x															x							
52716	Konzentrate, metallsalzhaltig (Nitratlösungen, Entrostungsbäder)				x				x			x		x				x						x	x				x
52718	Bleichereiablauge, chlorhaltig	0			x		x																						
52722	Spül-, Waschwässer, metallsalzhaltig				x	x			x			x		x				x	x				x		x				x
52723	Entwicklerbäder				x									x															x
52725	sonstige wässrige Konzentrate				x		x		x			x	x	x	x			x						x	x				x
54101	Öle, säurehaltig																					x							
54102	Altöle																					x	x						
54103	Motor- und Getriebeöle			x					x													x	x				x		
54104	Kraftstoffe (z. B., Benzine), Flammpunkt unter 55 °C			x					x													x	x				x		
54106	Trafoöle, Wärmetragöle, halogenfrei																					x					x		
54108	Heizöle, Kraftstoffe (Dieselöle), Flammpunkt über 55 °C			x					x													x	x				x		
54109	Bohr-, Schleif- und Schneidöle			x				x	x													x	x				x		
54111	sonstige PCB-haltige und PCT-haltige Abfälle						0		x													x					x		
54116	Maschinenöle			x					x													x	x				x		

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe									
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosiose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie	
54117	Turbinenöle			x				x													x	x					x			
54118	Hydrauliköle, halogenfrei																				x									
54401	synthetische Kühl- und Schmiermittel		x	x						x							x				x					x				
54402	Bohr-, Schleifölemulsionen, Emulsionsgemische		x				x			x							x				x		x			x				
54404	Honöle						x										x									x				
54408	sonstige Öl-Wassergemische		x							x							x									x				
54701	Sandfanginhalte, öl- oder kaltreinerhaltig						x			0				W			W	W		x				x		x	x	x		
54702	Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte)		0				x			0				W			W	W		x				x		x	x			
54703	Schlamm aus Ötrennanlagen																				x					x		x		
54704	Schlamm aus der Tankreinigung																				x					x		x		
54710	Schleifschlamm, ölhaltig										x									x	x									
54715	Schlamm aus der Behälterreinigung (z. B. aus Fässern, Tankwagen)		x				x	x		x				x							x									
54802	Säureharz und Säureteer																				x									
54807	Abfallsäure, mineralöhlhaltig	0	x	x						x				x				x								x				
54808	wässrige Rückstände aus der Altölraffination		x		x					x							x													

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe								
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie
54923	cyanidhaltiger Schlamm					x	x						x	x	x						x								x
54924	sonstige Schlämme aus Kokereien und Gaswerken						x																			x			
55224	Lösemittel-Wasser-Gemische mit halogenierten Lösemitteln	x		x									x		x	x											x		
55374	Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierten Lösemitteln	x	x	x			x						x			x						x					x		
55401	lösemittelhaltiger Schlamm mit halogenierten organischen Bestandteilen	0					x								0	0						x					x		
55402	lösemittelhaltiger Schlamm ohne halogenierten organischen Bestandteilen	0		0			x						0			0						x	x				x		
55503	Lack- und Farbschlamm						x															x			x				
55507	Farbstoffrückstände, lösemittelhaltig und/oder schwermetallhaltig																					x							
57303	Kunststoffdispersion (auf Wasserbasis)		x								x													x			x		
57304	Kunststoffemulsionen		x								x													x			x		
57305	Kunststoffschlamm, lösemittelhaltig mit halogenierten organischen Bestandteilen	W					x								0	0													
57306	Kunststoffschlamm, lösemittelhaltig ohne halogenierten organischen Bestandteilen						x						0			0						x	x						
57703	Latex-Emulsionen		x	x							x																	x	
58115	Schlamm aus Textilfärbereien						x																						

Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																Sonstige			Behandlung der Reststoffe								
		Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation	Eindampfung	Elektrolyse **	Entgiftung (Reduktion, Oxidation)	Entwässerung	Extraktion **	Fällung	Flotation	Immobilisierung **	Ionenaustausch	Nassoxidation	Neutralisation	Ozonisierung	Strippung	Ultrafiltration	Umkehrosmose	Zementation **	Biologischer Abbau **	Thermische Behandlung **	Verwertung **	Entwässerung	Deponierung	Immobilisierung	Thermische Behandlung	Verwertung	Untertagedeponie
58116	Schlamm aus der Textilausrüstung						x														x								
58117	Schlamm aus Wollwäschereien						x															x							
58118	Wäschereischlamm						x															x							
59305	Laborabfälle und Chemikalienreste	W				W			W					W			W	W				x							
59405	Wasch- und Reinigungsmittelabfälle																			0	x								
59507	Katalysatoren und Kontaktmassen				W		x			x	W							W				x			x				
59904	organische Peroxide					x																							
94702	Rückstände aus der Kanalreinigung						x														x				x				
94704	Sandfanginhalte																				x		x		x				
94705	Inhalte aus Fettfängen (Öl- und Fettabscheidern)						x			x											x	x				x			
95301	Sickerwasser aus Abfalldeponien	x			x				x						x	x	x	x			x			x	x		x		x
95401	Wasch- und Prozesswässer				x		x		x							x	x	x						x	x				x
95403	Rückstände aus der rauchgasseitigen Kesselreinigung						x				x														x				

x...Der Abfall kann direkt mit der genannten Methode behandelt werden, in vielen Fällen wird aber eine Kombination von Behandlungsmethoden erforderlich sein.

0...Abfall kann nach einer Vorbehandlung mit der genannten Methode behandelt werden bzw. es ist eine Kombination der genannten Methode mit anderen Behandlungsschritten notwendig.

W...Die wässrige Phase kann mit der genannten Methode behandelt werden.

\*\*...Der Abfall kann mit der genannten Methode behandelt werden, diese wird aber im Rahmen der vorliegenden Studie nicht näher beschrieben.

## 8 Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen

### 8.1 Allgemeines

In chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen werden vorwiegend flüssige und pastöse gefährliche Abfälle aus Industrie- und Gewerbebetrieben behandelt. Je nach Herkunft und Schadstoffbelastung der gefährlichen Abfälle können verschiedene Verfahren und Verfahrenskombinationen angewendet werden, um die Schadstoffe in einem Teilstrom zu konzentrieren und das entstehende Abwasser, je nach Anforderungen an die Einleitung, (Direkt- bzw. Indirekteinleitung) zu reinigen.

Die Behandlung von gefährlichen Abfällen mit chemisch-physikalischen Verfahren verfolgt folgende Ziele:

- Chemische Umwandlung bestimmter vorhandener Inhaltsstoffe zum Zweck der Schadstoffzerstörung bzw. der Schadstoffreduktion (Reduktion des Gefährdungspotenzials),
- Chemische Umwandlung bestimmter vorhandener Inhaltsstoffe, um diese mittels physikalischer Methoden abtrennen zu können,
- Trennung von Stoffgemischen mittels physikalischer Methoden,
- Vorbehandlung von Abfällen für die anschließende stoffliche oder thermische Verwertung,
- Reduktion der Masse an zu deponierenden Abfällen,
- Erlangung möglichst reaktionsträger, nicht verwertbarer Reststoffe,
- Schaffung brennbare Reststoffe in möglichst heizwertreicher Form,
- Vermeidung einer Schadstoffverlagerung von Abfällen in andere Medien,
- Geringstmögliche Emissionen und weitestgehende Betriebs- und Störfallsicherheit während des Betriebes.

Von den rund 1 Mio. t an gefährlichen Abfällen, die jährlich in Österreich anfallen, werden ca. 152.000 t einer chemisch-physikalischen Behandlung zugeführt. Gefährliche Abfälle, die aufgrund ihrer Eigenschaften (chemisch, physikalisch oder toxikologisch) einer chemisch-physikalischen Behandlung zuzuordnen sind, lassen sich in folgende Kategorien einteilen [36]:

- Flüssiger und feststoffhaltiger organisch belasteter gefährlicher Abfall, z. B. Emulsionen, feststoff- und ölhaltige Wässer, Öl- und Benzinabscheider, Rückstände aus Tankreinigungen und ähnlich belastete Wässer. Diese Abfälle stammen vorwiegend aus Betrieben der metall- und mineralölverarbeitenden Industrie sowie von Tankstellen und Kraftfahrzeug-Werkstätten.

- Flüssiger und feststoffhaltiger anorganisch belasteter gefährlicher Abfall; z. B. Säuren, Laugen, cyanid-, nitrit-, chromat- und schwermetallhaltige Abwässer und Dünnschlämme aus der metallverarbeitenden, der elektrotechnischen und aus der galvanotechnischen Industrie.
- Flüssiger und feststoffhaltiger organisch und anorganisch belasteter gefährlicher Abfall.

Aus wirtschaftlichen Gründen gehen Abfallerzeuger immer mehr zur betriebsinternen Vorbehandlung der Abfälle über, wodurch es zu einer Abfallmengenreduktion und zu einer Aufkonzentrierung der Schadstoffe kommt. Durch eine sortenreine Übergabe von Abfällen von Abfallerzeugern bzw. Abfallsammlern an Abfallbehandler kann es in der Folge zu einer Effizienzsteigerung der chemisch-physikalischen Behandlung kommen.

## 8.2 Chemisch-physikalische Behandlung von organisch belasteten Abfällen

Abfälle, die vorwiegend organische Schadstoffe enthalten, diese bestehen im Wesentlichen aus Wasser mit Beimischungen aus Ölen und Fetten, werden einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage für organische Abfälle (CPO-Anlage) zugeführt. Dabei handelt es sich um Öl-Wasser-Gemische, Emulsionen, flüssige ölhaltige Betriebsmittel, Rückstände aus Öl-/Benzinabscheidern und ölhaltige Reinigungswässer.

Ziel der Behandlung in CPO-Anlagen ist die Trennung der Feststoff-, Öl- und Wasserphase, sodass im Idealfall ein sauberes Abwasser und eine verwertbare, konzentrierte Ölphase entstehen. Je nach Reinheit der aufkonzentrierten Phase kann diese einer stofflichen oder thermischen Verwertung zugeführt werden.

Abbildung 40 zeigt ein beispielhaftes Verfahrenskonzept einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage für organisch belastete gefährliche Abfälle. Die einzelnen Verfahrensschritte und Verfahrenskombinationen können in Abhängigkeit von den zu behandelnden Abfällen variieren. In einer CPO-Anlage werden Öl-Wasser-Schlammgemische und ölhaltige Schlämme (z. B. Rückstände aus Öl-/Benzinabscheidern) mittels eines Vorbehandlungsschrittes in eine Ölphase, eine Öl-/Wasserphase und eine Schlammphase getrennt. In der Regel werden die Öl- und Schlammphase einer thermischen Verwertung zugeführt, gegebenenfalls kann noch eine Nachbehandlung der Ölphase zur Reduktion des Wassergehaltes stattfinden. Die abgetrennte Öl-/Wasserphase und die Emulsionen werden zur weiteren Behandlung einer Emulsionsspaltung unterzogen. Die abgetrennte Wasserphase aus der Emulsionsspaltung wird je nach anorganischer Schadstoffbelastung einer Nachbehandlung unterzogen, um ein Abwasser zu erhalten, welches in ein öffentliches Kanalsystem eingeleitet werden kann.

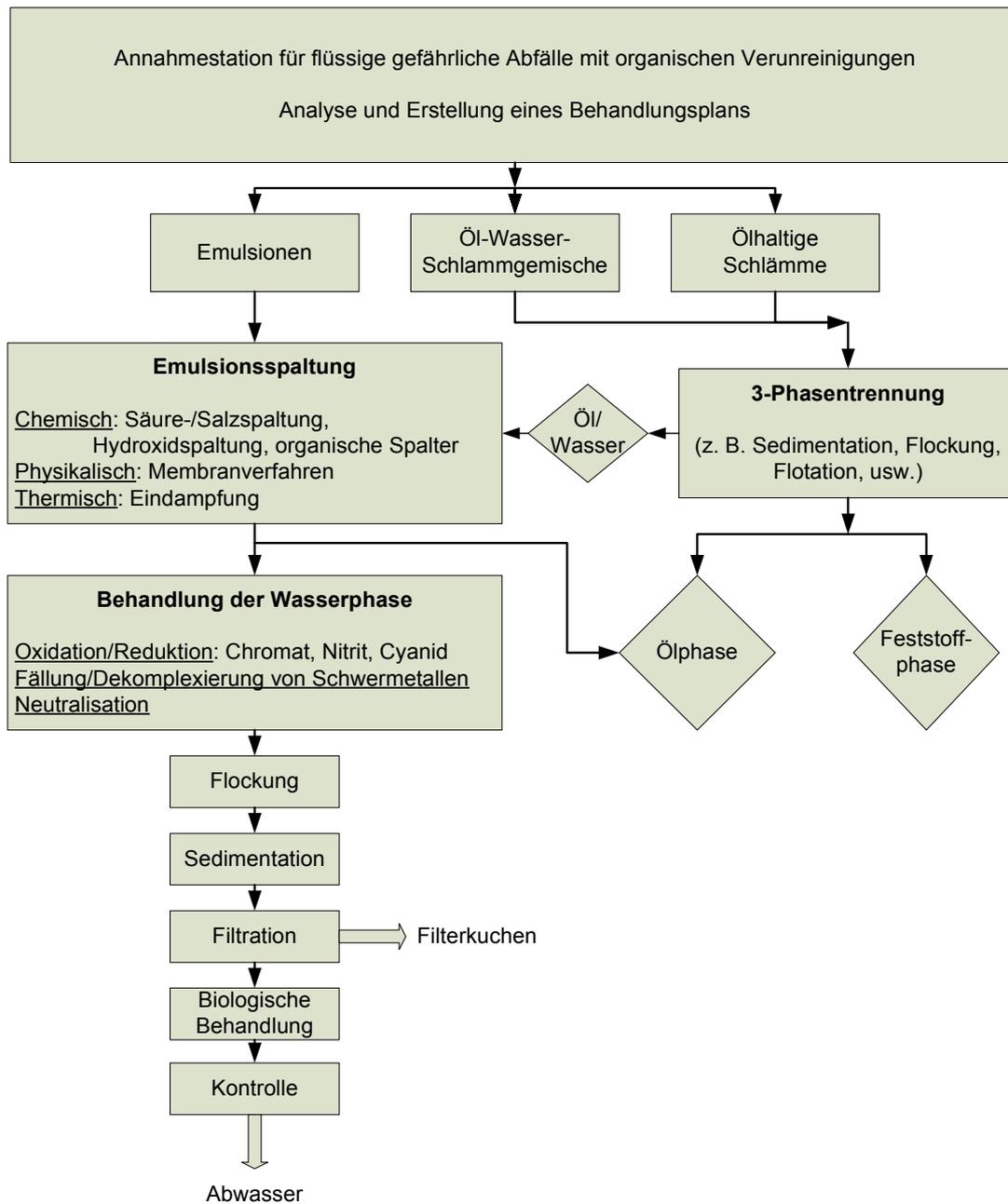


Abbildung 40: Mögliche Behandlungsschritte einer CP-Anlage für organische Abfälle [45]

In Österreich wird als physikalisches Verfahren zur Emulsionsspaltung vermehrt die Ultrafiltration angewendet, wobei die anorganischen Membranen an Bedeutung gewonnen haben. Keramikmembranen weisen im Gegensatz zu organischen Membranen eine Vielzahl von Vorteilen auf, welche Nachteile, wie z. B. höhere Anschaffungskosten, kompensieren, siehe hierzu auch Kapitel 5.1.5.1.

### 8.3 Chemisch-physikalische Behandlung von anorganisch belasteten Abfällen

In chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen für anorganisch belastete Abfälle werden im Wesentlichen Säuren, Laugen, schwermetallhaltige Lösungen, Konzentrate, Dünnschlämme und Flüssigkeiten, Nitrit, Chromat und Cyanid entgiftet. Ziel dieser Behandlung ist die Entgiftung der toxischen Stoffe, die Neutralisation von Säuren und Laugen, die Abtrennung von fällbaren Inhaltsstoffen (insbesondere der Schwermetalle und Metallkomplexe) und die Entwässerung der entstehenden Schlammphase.

Am Ende der Behandlung sollte ein einleitfähiges Abwasser, durch Aufkonzentrierung der Schadstoffe in der Schlammphase, erreicht werden. Neben diesen wesentlichen Zielen einer CPA-Anlage, kann auch die Rückgewinnung von Wertstoffen, wie z. B. Edel- oder Buntmetallen mittels Elektrolyse, Ionenaustausch, Verdampfung u. ä, bei der Behandlung verfolgt werden. Nachfolgend Abbildung 41 zeigt eine mögliche Verfahrenskombination mit den gängigsten Behandlungsschritten für die Behandlung von anorganisch belasteten Abfällen. Die einzelnen Behandlungsverfahren, die in CPA-Anlagen eingesetzt werden, sind in Kapitel 5.2 näher beschrieben.

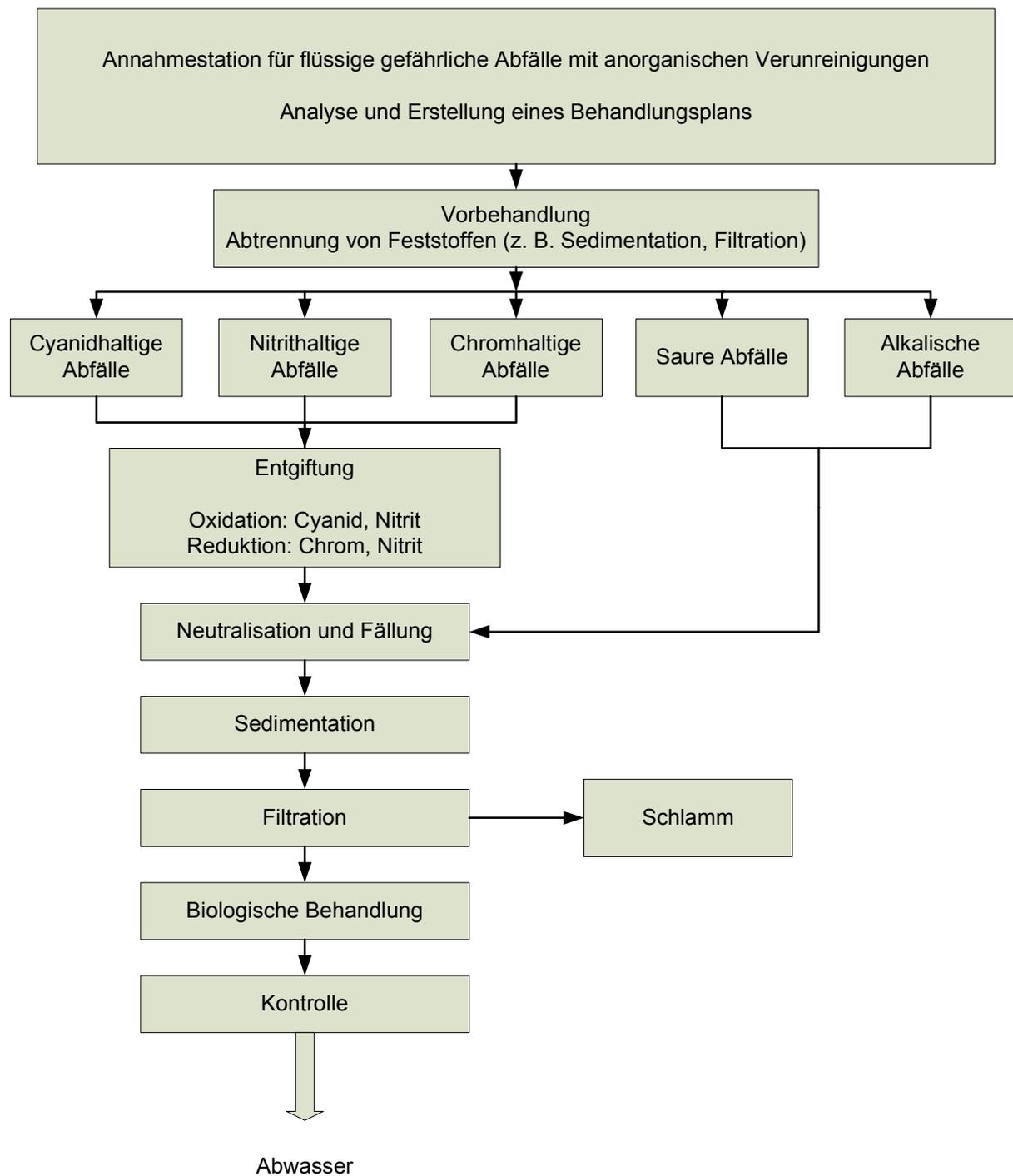


Abbildung 41: Mögliche Behandlungsschritte einer CP-Anlage für anorganische Abfälle [45]

## 8.4 Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich

In Österreich sind derzeit 33 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen für organisch und/oder anorganisch belastete Abfälle in Betrieb. Zusammen weisen sie eine Behandlungskapazität von rund 800.000 t/a auf. [46]

- 24 klassische chemisch-physikalische Behandlungsanlagen,
- 2 mobile chemisch-physikalische Behandlungsanlagen und
- 7 sonstige chemisch-physikalische Behandlungsanlagen (Immobilisierung, Bodenwaschanlagen, CP-Anlagen für spezielle gefährliche Abfälle).

In dieser Studie werden ausschließlich klassische Behandlungsverfahren näher beschrieben, wie sie in der Mehrzahl aller in Österreich betriebenen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen zum Einsatz kommen. Die Verteilung der Behandlungskapazitäten für die klassischen Behandlungsanlagen in den einzelnen Bundesländern ist in Tabelle 54 zusammengefasst.

Insgesamt werden 16 Anlagen als kombinierte Anlagen betrieben, d. h. zugelassen für die Übernahme und Behandlung organisch und anorganisch belasteter gefährlicher Abfälle. Weitere sieben Anlagen sind ausschließlich zur Übernahme und Behandlung organisch belasteter gefährlicher Abfälle bewilligt. Zur Behandlung von ausschließlich anorganisch belasteten gefährlichen Abfällen ist in Österreich eine Anlage in Betrieb.

Tabelle 54: Behandlungskapazitäten nach Bundesländern, Stand 2008 [46]

Bundesland	Standort	Anlagentyp	Kapazität [t/a]
Burgenland			
	Rechnitz	CPO u. CPA	2.900
	Mattersburg	CPO	2.500
Kärnten			
	Feistritz/Drau	CPO u. CPA	3.500
Niederösterreich			
	Leobersdorf	CPO u. CPA	7.800
	Wilhelmsburg	CPO u. CPA	18.400
	Pischelsdorf	CPO u. CPA	keine Angaben
	Krems	CPO	14.000
	Wr. Neustadt	CPA	1.500
	Kilb	CPO	9.900
Oberösterreich			
	Steyr	CPO u. CPA	16.800

	Wels	CPO u. CPA	130.000
	Pinsdorf	CPO u. CPA	50.000
Salzburg			
	Bergheim	CPO u. CPA	20.000
	Pongau	CPO u. CPA	6.000
Steiermark			
	Hartberg	CPO	4.000
	Graz	CPO u. CPA	17.300
	Trofaiach	CPO u. CPA	25.700
Tirol			
	Schwaz	CPO	4.900
	Inzing	CPO u. CPA	24.000
	Ehrwald	CPO u. CPA	1.050
	Rietz	CPO	3.750
Vorarlberg			
	Feldkirch	CPO u. CPA	61.700
	Frastanz	CPO	7.800
Wien			
	1220 Wien	CPO u. CPA	40.000
<b>klassische chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich</b>	<b>7</b>	<b>CPO</b>	<b>Σ rd. 473.500</b>
	<b>1</b>	<b>CPA</b>	
	<b>16</b>	<b>CPO u. CPA</b>	

Nachfolgende Abbildung 42 zeigt die 24 klassischen chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen in Österreich im Jahr 2008.

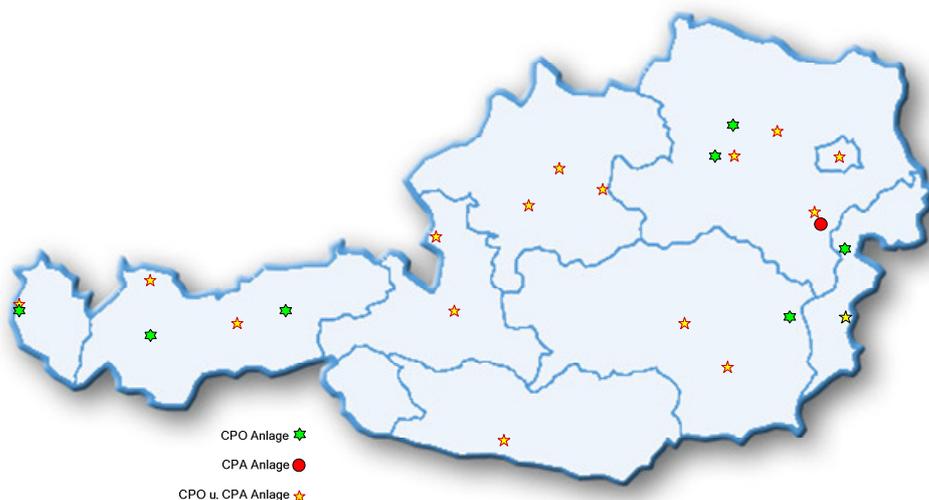


Abbildung 42: Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich

## 9 Beschreibung, Darstellung und Bilanzierung einer chemisch-physikalischen Musteranlage

Bei der betrachteten Musteranlage handelt es sich um eine Anlage zur chemisch-physikalischen Behandlung von organisch und anorganisch belasteten Abfällen. Neben der rein chemisch-physikalischen Behandlung – CPO und CPA – verfügt diese Anlage über eine betriebseigene aerobe biologische Nachreinigungsanlage. In den folgenden Kapiteln werden die einzelnen Aufbereitungsverfahren näher beschrieben und grafisch dargestellt und es wird detailliert auf die Behandlung der Abfälle eingegangen.

### 9.1 Betriebsbeschreibung der Musteranlage

Die zu behandelnden flüssigen Abfälle werden, nach den einzelnen Behandlungsstufen, der biologischen Reinigung in der betriebseigenen Kläranlage zugeführt und anschließend in die öffentliche Kanalisation eingeleitet – Indirekteinleiter. Ein spezielles Abluffterfassungs- und -reinigungssystem ist ebenfalls integriert.

#### 9.1.1 Verfahrensablauf und Funktionsbeschreibung der Schlammbehandlung

Diese Anlage dient der Behandlung von Ölabscheider-, Benzinabscheider- und Sandfanginhalten. Die Abfälle werden in Becken gelagert und mittels Sedimentation in eine flüssige und pastöse Phase getrennt. Die flüssige Phase gelangt zur Weiterbehandlung in die chemisch-physikalische Behandlungsanlage, die pastösen Anteile werden einer Konditionierung/Eindickung unterzogen und je nach Zusammensetzung dann einer geeigneten Entsorgungsanlage zugeführt.

Die anfallenden Schlämme aus der CPB-Anlage – Fällung, Überschussschlamm aus der biologischen Reinigung und den Absetzzyklonen – werden in den Schlammammelbehältern gesammelt. Der Dünnschlamm wird mittels Kammerfilterpresse entwässert und der dabei entstehende Filterkuchen einer thermischen Behandlung in einer externen Anlage unterzogen. Das Filtrat wird in einen Behälter zur Neutralisation weitergeleitet.

#### 9.1.2 Verfahrensablauf und Funktionsbeschreibung der Abwasserbehandlungsanlage (CPB-Anlage)

Das dargestellte Beispiel einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage dient der Behandlung von organisch und anorganisch belasteten Abfällen, weiters werden auch die Abwässer aus der Altölaufbereitung und Schlammbehandlung behandelt. Abbildung 43 zeigt den prinzipiellen Verfahrensablauf der Anlage auf dessen einzelne Prozesse nachfolgend detailliert eingegangen wird.

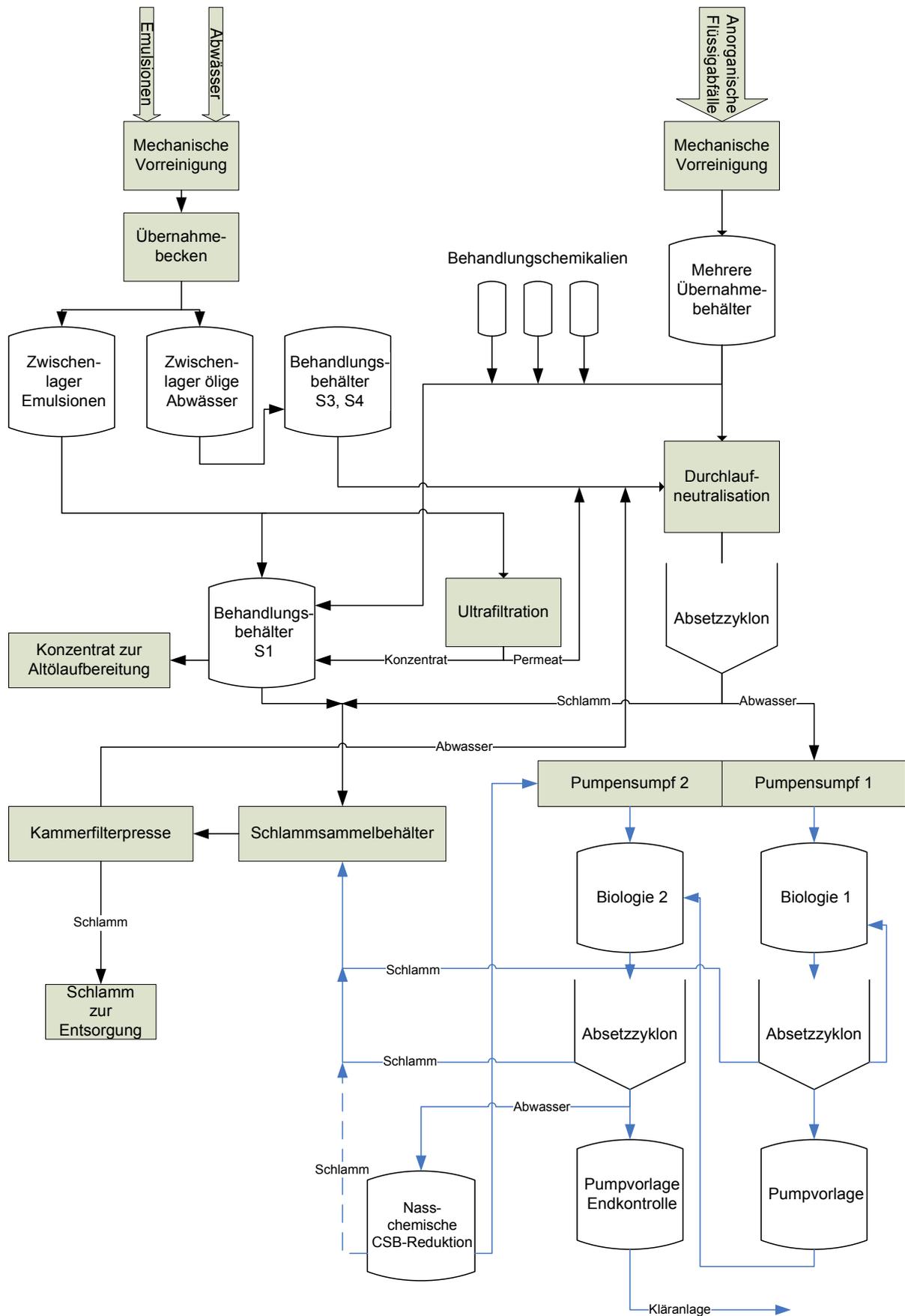


Abbildung 43: Verfahrensfliessbild CPB-Anlage

### 9.1.2.1 Eingangsanalytik, Übernahme und Zwischenlagerung

Alle angelieferten flüssigen Abfälle werden vor der Übernahme im Labor analysiert und auf Basis dieser Analyseergebnisse für die Behandlung freigegeben oder anderen Behandlungswegen (z. B. Verbrennung) zugeführt.

Die freigegebenen Abfälle werden mechanisch über Rüttelsiebe vorgereinigt und in die entsprechenden Übernahmebecken eingelagert. Von den Übernahmebecken erfolgt die Einlagerung von Emulsionen und öligen Abwässern in Lagerbehälter.

Flüssigabfälle, welche einer besonderen Behandlung bedürfen (z. B. Abfallsäuren), werden im Zwischenlager in Gebinden gelagert und chargenweise behandelt (z. B. Spaltbehälter S1).

### 9.1.2.2 Ultrafiltrationsanlage

Emulsionen, bei denen eine Phasentrennung mittels Ultrafiltration möglich ist, werden über Filter zur Feststoffabtrennung in die Modulblöcke der Ultrafiltrationsanlage gefördert. Für die pH-Wert-Einstellung wird Schwefelsäure ( $H_2SO_4$ ) bzw. Natronlauge (NaOH) verwendet. Der Betriebsdruck in den Modulblöcken beträgt 4 bar und der Systemdruck ca. 8 bar. Durch die Rückführung des Retentats in den Arbeitsbehälter, in dem sich Öle, Fette und Verunreinigungen befinden, wird es aufkonzentriert.

Durch die Behandlung von Öl-Wasser-Emulsionen mittels Ultrafiltration wird das Retentat bis zu einem Ölgehalt von ca 15-20 % aufkonzentriert und in die Übernahmebecken der Altölaufbereitungsanlage weitergeleitet.

Das Filtrat der Ultrafiltrationsanlage wird nach einer chemischen Fällung (z. B. mit NaOH,  $Fe(II)SO_4$ ,  $H_2SO_4$ ,  $FeCl_3$ ) auf einen pH-Wert von ca. 7,5-8 eingestellt, bevor es in den Pumpensumpf geleitet wird.

### 9.1.2.3 Chargenbehandlung von Abwässern, Flüssigkonzentraten und Dünnschlämmen

Abwässer und Emulsionen, welche nicht mittels Ultrafiltration aufbereitet werden können, werden chemisch in einem speziellen Reaktionsbehälter (S1) behandelt. Der Behälter S1 ist mit einem Rührwerk ausgestattet, durch die vorhandenen Zusatzchemikalien ist dieser Behälter für die Behandlung verschiedener Abwässer geeignet. Anhand einer im Labor erstellten Rezeptur erfolgt die Behandlung.

Die Behandlung von Emulsionen bzw. Abwässern mit komplexgebundenen Schwermetallen ist ebenfalls möglich.

Durch diese Art der Emulsionsbehandlung kann bei Ausfall der Ultrafiltrationsanlage der Betrieb eingeschränkt weitergeführt werden. Feste Reaktionsprodukte werden in einer Kammerfilterpresse entwässert.

#### 9.1.2.4 Behandlung anorganischer Flüssigabfälle

Die Behandlung der anorganischen Flüssigabfälle erfolgt im Chargenbetrieb. Die wesentlichen Behandlungsmethoden stellen sich wie folgt dar:

- 1) Saure und alkalische Abwässer: Unter bestimmten Voraussetzungen werden Altsäuren und -laugen zur gegenseitigen Neutralisation verwendet, wodurch der Verbrauch von Neuchemikalien reduziert wird. Die pH-Wert-Einstellung erfolgt mittels HCl oder NaOH. Für ein besseres Flockungsverhalten der Feststoffniederschläge in den neutralisierten Abwässern werden in der Regel Flockungshilfsmittel (Polyelektrolyte) und/oder Eisensalze eingesetzt. Wenn notwendig wird  $\text{FeCl}_3$  als zusätzliches Hilfsmittel verwendet. In einem Absetzzyklon erfolgt eine Aufkonzentration der absetzbaren Stoffe auf ca. 4 - 6 % TS mit nachfolgender Entwässerung auf Kammerfilterpressen. Filtrat wie auch feststofffreies, chemisch-physikalisch vorbehandeltes Abwasser, gelangen in die betriebseigene biologische Abwasserbehandlungsanlage.
- 2) Chromhaltige Abwässer: Für die Reduktion vom sechswertigen zum dreiwertigen Chrom wird die zu (entgiftende) Flüssigkeit mittels z. B. Salzsäure auf einen pH-Wert kleiner 2,5 eingestellt. Nach Zudosierung von  $\text{NaHSO}_3$  erfolgt der eigentliche Reduktionsvorgang. Ist der Reduktionsvorgang vollständig abgelaufen, erfolgt die Neutralisation.
- 3) Cyanidhaltige Abwässer: Für die Oxidation wird die zu entgiftende Flüssigkeit auf einen pH-Wert von mindestens 10, mittels Natronlauge, alkalisiert. Für die Oxidation wird  $\text{H}_2\text{O}_2$  zudosiert. Nach vollständig abgelaufenem Oxidationsprozess, erfolgt eine Neutralisation des Abwassers.
- 4) Nitrithaltige Abwässer: Für die Oxidation wird die zu entgiftende Flüssigkeit auf einen pH-Wert von mindestens 10, mit Natronlauge, alkalisiert. Für die Oxidation wird  $\text{H}_2\text{O}_2$  zudosiert. Anschließend wird mit HCl neutralisiert.
- 5) Metallkomplexe: Durch Zugabe von Dekomplexierungsmitteln werden Metallkomplexe gefällt.

Der Neutralschlamm gelangt in die Schlammsammelbehälter und das Abwasser in den Pumpensumpf. Der Schlamm wird über Kammerfilterpressen entwässert.

### 9.1.3 Biologische Abwasserbehandlungsanlage

Das innerbetrieblich vorgereinigte Abwasser gelangt vom Pumpensumpf in die zweistufige biologische Abwasserbehandlungsanlage, in welcher der biologische Abbau der Abwasserinhaltsstoffe erfolgt. Der Ablauf gelangt in einen Absetzzyklon zur Schlammabtrennung. Der Überschussschlamm wird der Kammerfilterpresse zugeleitet. Das Abwasser wird über eine Pumpvorlage der Biologie 2 und anschließend wieder einem Absetzzyklon zugeführt.

Das Abwasser kann entweder über die nasschemische Behandlung mittels Wasserstoffperoxid (weitergehende CSB-Reduktion) weitergeleitet werden, wahlweise in das städtische Kanalsystem abgeleitet oder bei Bedarf einer nochmaligen Behandlung in der betriebseigenen biologischen Abwasserbehandlungsanlage zugeführt werden.

### 9.1.4 Abluftbehandlung

Von sämtlichen Lager- und Behandlungsbehältern wird die Abluft erfasst und mittels Abluftwäscher (sauer/alkalisch) vorgereinigt. Danach erfolgt eine Abluftreinigung in einer Biofilteranlage. Die Menge des erfassten und gereinigten Abluftstromes beträgt ca. 12.000 m<sup>3</sup>/h.

## 9.2 Bilanzierung einer Musteranlage

Im Rahmen der Festlegung des derzeitigen Standes der Technik für die chemisch-physikalische Abfallbehandlung sollte die Bilanzierung einer Musteranlage durchgeführt werden. Hierfür wurden die, aus einer im Rahmen dieser Studie durchgeführten Fragebogenaktion bei 24 österreichischen CP-Anlagen (siehe Anhang II), erhaltenen Daten, herangezogen. Die Bilanzierung wurde über das Softwareprogramm STAN in der Version 2.0 durchgeführt. Hierbei handelt es sich um ein Computerprogramm zur EDV-gestützten Bilanzierung von Stoffströmen, welches von der TU-Wien – unter finanzieller Beteiligung der österreichischen Bundesländer und der VOEST – entwickelt wurde. Aufgrund seiner benutzerfreundlichen Menüführung und der kostenlosen Verfügbarkeit des Programmes stellt es daher ein in der Industrie weitverbreitetes Softwaretool für die Bilanzierung von Abfallströmen dar.

### 9.2.1 Getroffene Annahmen und Vereinfachungen

Im Zuge der Bilanzierung einer Musteranlage mussten – auch im Hinblick auf die vorhandenen Daten – diverse Annahmen und Vereinfachungen getroffen werden. Nachfolgend sollen die getroffenen Vorgaben kurz erläutert werden.

### 9.2.1.1 Abfallimportströme

Die Anzahl der Importströme in die Musteranlage wurde auf sieben Hauptströme zusammengefasst und beschränkt. Diese Gutströme vereinigen jeweils mehrere untergeordnete Ströme, die teilweise in stark schwankenden Anfallsmengen und Zusammensetzungen einer Behandlung in der Anlage zugeführt werden. Eine Auflistung der in das betrachtete System „Musteranlage“ importierten Abfallströme und eine grobe Aufschlüsselung in die jeweils zugeordneten Teilströme ist in der Tabelle 55 ersichtlich.

Tabelle 55: Auflistung der berücksichtigten Importströme

SN	Bezeichnung	Zugeordnete (relevante) Abfallströme
12	Abfälle pflanzlicher und tierischer Fetterzeugnisse	Ziehmittelrückstände / Fettsäurerückstände / Öl-, Fett- und Wachsemlusionen
31	Abfälle mineralischen Ursprungs (ohne Metallabfälle)	Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig / Härtereischlamm aus nitrat- bzw. nitrithaltigen Härtebädern / Härtereischlamm aus cyanidhaltigen Härtebädern / Kesselreinigungsrückstände
51	Oxide, Hydroxide, Salzabfälle	Galvanikschlämme / Eisenchlorid / Härtesalze /
52	Abfälle von Säuren, Laugen und Konzentraten	organische Säuren und Säuregemische / Laugen, Laugengemische / Fixierbäder / Spül- und Waschwässer / Bleichbäder / Entwicklerbäder
54	Abfälle von Mineralöl- und Kohleveredelungsprodukten	Bohr- und Schleifölemulsionen und Emulsionsgemische / sonstige Öl-Wassergemische / Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte) / säurehaltige Öle / Kraftstoffe, Heizöle / Bohr- Schleif- und Schneidöle / synthetische Kühl- und Schmiermittel
55	Abfälle von organischen Lösemitteln, Farben, Lacken	Lösemittel-Wasser-Gemische mit halogenierten Lösungsmitteln / Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierte Lösungsmittel / Lack- und Farbschlämme
94	Abfälle aus der Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung	Schlamm aus der Abwasserbehandlung

Für die getroffene Vereinfachung der Hauptanfallströme mussten mittlere Schwermetallkonzentrationen vorgegeben werden, welche sich aus den Schwermetallfrachten, der den jeweiligen Hauptströmen zugeordneten Chargen, ergeben. Da für die Bilanzierung keine entsprechenden Daten dieser untergeordneten Chargen vorlagen, bzw. diese Chargen eine relativ hohe Schwankungsbreite bei den betrachteten Schwermetallen aufweisen (in Abhängigkeit vom Ort und der Art des Abfallanfalls), wurden für sechs der sieben Abfallströme auf Basis von Abschätzungen Vorgaben zu den betrachteten Schwermetallkonzentrationen getroffen. In der Tabelle 56 sind die Abschätzungen, bzw. je nach Kenntnisstand eine etwaige Schwankungsbreite der Konzentrationen, angegeben.

Tabelle 56: Vorgegebene Schwermetallkonzentrationen in den Abfallfraktionen

SN	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Mn	Ni	Hg	Zn
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]						
12									10
31	0,01	0,5	0,1	5	8	0,1	10	0,01	7
51	0,1	50	0,1	5 %			2 % - 20	0,1	10 %
52	0,1	2	0,1	30	15	20	50	0,1	3 %
54	0,01	3	0,1	2	3	0,1	5	0,01	10
55	0,01	0,1	0,1	4	5	0,1	20	0,01	10
94	0,01	0,1	0,1	2	4	0,1	7	0,01	5

Durch die Zusammenlegung der einzelnen Chargen zu den zuvor genannten Hauptströmen konnte der Datenaufwand für die Bilanzierung stark verringert werden. Zudem wurden die einzelnen Ströme jeweils zu „kritischen Größen“ zusammengefasst. Durch diese getroffene Vereinfachung ergibt sich allerdings die Einschränkung, dass die berechneten Schwermetallfrachten nicht vollständig auf organische und anorganische Stoffströme „heruntergebrochen“ werden, da die Grenzen zwischen diesen zwei Kategorien innerhalb der gewählten Importströme verlaufen.

Eine weitere Vereinfachung betrifft die Abfallübernahme. Da eine chemisch-physikalische Behandlungsanlage oftmals in Kombination mit einer Abfallsammlung betrieben wird (vgl. etwa die Fa. SAB in Bergheim) ist es in der Praxis so, dass die übernommenen Abfallströme zunächst einer Sortierung unterzogen werden. Jene Anteile der Abfälle werden dabei ausgeschleust, bei denen eine chemisch-physikalische Behandlung nicht notwendig/nicht sinnvoll/nicht möglich ist. Als Beispiel seien hier etwa Zellulose-, Papier und Pappeabfälle oder übernommene Metallabfälle angeführt, welche zu 100 % einer stofflichen Verwertung zugeführt werden können.

Da solche Abfallströme für den Betrieb einer chemisch-physikalischen Abfallanlage nicht relevant sind, wurden sie bei der Bilanzierung nicht berücksichtigt. Hierdurch konnte das für die Bilanzierung benötigte Datenaufkommen weiter verringert werden.

### 9.2.1.2 Betriebsmittel

Eine weitere Vereinfachung wurde etwa bei der eingesetzten Menge an Betriebs- und Hilfsstoffen gemacht. So wurde bei diesen Gutströmen jeweils eine Schwermetallkonzentration von 0 mg/L angenommen, da es sich nicht um Abfallströme handelt, welche einer Behandlung unterzogen werden. Generell wurde die Möglichkeit einer Nutzung von Abfallströmen (etwa Altsäuren und -laugen) für die Durchführung von Behandlungsschritten in der Musteranlage (z. B. Neutralisation) nicht berücksichtigt.

Da bei den eingesetzten Betriebsmitteln zwar eine genaue Aussage der pro Jahr benötigten Mengen für die Abfallbehandlung getroffen werden kann (Lageraufzeichnungen), die Mengen letztlich aber mit den behandelten Abfallströmen und deren Zusammensetzungen

variieren, wurden auch bei diesen Strömen, über die zur Bilanzierung eingesetzte Software, Schwankungsbreiten vorgegeben.

### 9.2.1.3 Biologische Stufe – Abwasserexporte

Für die Erstellung der Bilanz wurden weiters die Ablaufwerte der biologischen Nachbehandlung herangezogen. Diese beziehen sich letztlich auf Grenzwertvorgaben aus einer Indirekteinleitung der behandelten Abwässer in eine kommunale Kläranlage.

### 9.2.1.4 Filterkuchen und Altöl

Anhand vom Analysen der Exportströme (Altöl, Filterkuchen) wurde für diese beiden Ströme aus dem betrachteten System, jeweils die durchschnittliche Konzentration der Schwermetalle ermittelt. Auch hier zeigt sich wiederum, dass teilweise extrem hohe Schwankungsbreiten vorliegen. Diese Schwankungen resultieren direkt von den zur Behandlung übernommenen – für Schwermetalleintrag hauptrelevanten – Schlämmen, Säuren und Laugen.

So sind etwa Zn-Konzentrationen bis zu 3 % in den zu behandelnden Säure/Laugen-Konzentraten möglich, falls Medien aus der Zinkbeizerei zur Behandlung übernommen wurden. Werden hingegen Säuren und Laugen aus der Edelstahlproduktion bzw. -verarbeitung übernommen, so tendiert die Zn-Belastung der übernommen Abfallströme gegen 0. Eine ähnliche Situation ergibt sich beim Schwermetall Chrom. Hier resultieren die Schwankungen aufgrund der unterschiedlichen Konzentrationen von z. B. Chromsäuren.

In Tabelle 57 und Tabelle 58 sind jeweils die Konzentrationen der untersuchten Schwermetalle in den Filterkuchen für die zu bilanzierende Musteranlage aufgelistet.

Tabelle 57: Schwermetallkonzentrationen von Filterkuchen

Parameter	FK1 - KW29-08	FK2-KW29-08	FK3-KW29-09	FK1-KW14-08	FK2-KW14-08
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
As	10,60	21,70	9,00	5,30	8,80
Pb	22,90	5,30	41,50	74,50	32,60
Cd	9,80	0,91	9,30	16,00	9,10
Cr	474,00	621,00	7.676,00	772,00	328,00
Co	85,00	23,30	56,00	59,00	46,00
Cu	2.184,00	146,40	1.113,00	276,10	193,90
Ni	1.180,00	737,10	1.962,00	826,00	709,00
Hg	6,00	3,70	8,70	7,20	5,40
Ag	9,80	10,00	11,50	11,00	12,00
Zn	278,90	230,20	6.128,00	102.000,00	39.990,00
Mn	408,00	189,00	1.370,00	352,00	239,00
Sn	255,60	31,80	84,70	47,80	111,50

Tabelle 58: Schwermetallkonzentrationen von Filterkuchen

Parameter	FK3-KW14-08	FK4-KW14-08	A08/512-KW11-08	Säureschlamm KW29-08	Säureschlamm KW23-08
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
As	6,40	4,80	6,20	13,80	19,20
Pb	81,80	21,20	147,40	5,50	6,60
Cd	15,00	9,50	7,40	10,00	9,50
Cr	292,00	704,00	1.357,00	82,00	1.021,00
Co	63,00	29,10	48,00	56,00	53,00
Cu	29,00	340,70	3.846,00	82,30	927,00
Ni	682,70	878,10	581,70	409,20	2.176,00
Hg	9,40	3,80	13,10	4,20	5,20
Ag	16,00	8,80	11,60	11,00	11,00
Zn	178.900,00	10.200,00	10.420,00	19,60	64,80
Mn	453,00	182,00	1.022,00	240,00	237,00
Sn	31,30	136,80	135,70	20,90	111,10

Aus den Probandaten konnten in der Tabelle 59 die statistischen Parameter Minimal- und Maximalwert, sowie der jeweilige Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (STABW) ermittelt werden. Wie aus der Tabelle hervorgeht, zeigen die Parameter Pb, Cd, Cr, Ni und Zn extreme Schwankungen.

Tabelle 59: Schwankungen in den Schwermetallkonzentrationen der beprobten Filterkuchen

Parameter	Minimum	Maximum	MW	STABW
	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]	[mg/kg]
As	4,80	21,70	10,58	5,89
Pb	5,30	147,40	43,93	45,38
Cd	0,91	16,00	9,65	4,10
Cr	82,00	7.676,00	1.332,70	2.259,44
Co	23,30	85,00	51,84	17,29
Cu	29,00	3.846,00	913,84	1.227,81
Ni	409,20	2.176,00	1.014,18	592,78
Hg	3,70	13,10	6,67	2,99
Ag	8,80	16,00	11,27	1,92
Zn	19,60	178.900,00	34.823,15	59.751,52
Mn	182,00	1.370,00	469,20	402,11
Sn	20,90	255,60	96,72	71,16

Für die Abschätzung der Schwermetallkonzentrationen der ausgeschleusten Altöle konnte – wie bei den Filterkuchen – auf vorhandene Daten aus Probenahmen auf einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage zurückgegriffen werden. Hierdurch konnten alle Exportströme der Anlage anhand der von Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellten Daten, vorgegeben werden.

Die Tabelle 60 zeigt einen Ausschnitt an relevanten Schwermetallkonzentrationen für die aus der Musteranlage ausgeschleusten Altöle. Auch hier ergaben sich teilweise wieder deutliche Schwankungen in den Konzentrationen (vgl. etwa die Cr-Konzentrationen).

Tabelle 60: Schwermetallkonzentrationen im Altöl

Parameter	P1	P2	MW
	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Pb	< 100	21	21
Cr	300	12	156
Hg	< 0,1	<0,1	<0,1
Cd	< 0,1	<0,1	<0,1
Th	< 5	<5	<5
Zn	750	403	576,5

Auf Basis der getroffenen Annahmen wurden mittels STAN die Schwermetallfrachten, der in die Musteranlage zur Behandlung importierten Abfallströme, ermittelt. Hierbei traf man für alle Importströme, außer jenen der Abfälle der Schlüsselnummerngruppe 52, Vorgaben für die Schwermetallkonzentrationen. Da das betrachtete System keine Lager aufweist, müssen die Importströme der zu behandelnden Abfälle und die aus dem System exportierten Materialströme (Altöl, Filtrerrückstand, behandeltes Abwasser) in Summe 0 ergeben. Über die Massenerhaltung konnte somit auf die Schwermetallfrachten des unbekanntes Abfallstromes rückgerechnet werden.

### 9.2.1.5 Anlagenkonfiguration

Zur einfacheren Bilanzierung wurde die Musteranlage ohne Lager geplant (vgl. Abbildung 44). D. h., die betrachteten Import- und Exportströme müssen für den betrachteten Zeitraum (ein Jahr) in Summe Null ergeben. Die Berechnung erfolgte für ein übergeordnetes System mit den Import- und Exportströmen. Detaillierte Darstellungen der nachfolgenden Bilanzierungen sind in vergrößerter Form in Anhang I (Abbildung 54, Abbildung 55 und Abbildung 56) enthalten.

## 9.2.2 Bilanzierungen

Für die Berechnung der einzelnen Gut- und Stoffströme wurde das Bilanzierungstool „STAN“ in der Version 2.0 herangezogen. Das Programm ist – wie bereits zuvor erwähnt – frei erhältlich und erlaubt neben einer Berechnung der unbekanntes Größen auch eine Ausgleichsrechnung, sowie eine Visualisierung der berücksichtigten Ströme in Form einer mengenproportionalen Darstellung (Sankey-Diagramme). Das Programm ermöglichte somit eine Bilanzierung/Stoffflussanalyse gemäß ÖNORM S 2096-1 und S 2096-2.

### 9.2.2.1 Bilanzierung der Gutströme

Nachfolgend ist die Bilanzierung der Import- und Exportströme für die Musteranlage dargestellt (vgl. Abbildung 44).

Wie man hierbei erkennen kann (die Werte beziehen sind auf den Gesamtimport in das System), sind von der Größenordnung her neben den Abfällen aus der Mineralölproduktion

vor allem die Abfallsäuren und -laugen relevant. Daneben zeigt sich auch der Bedarf an Chemikalien und Prozesswasser für die Behandlung in Form des Importstromes an Betriebshilfsmittel.

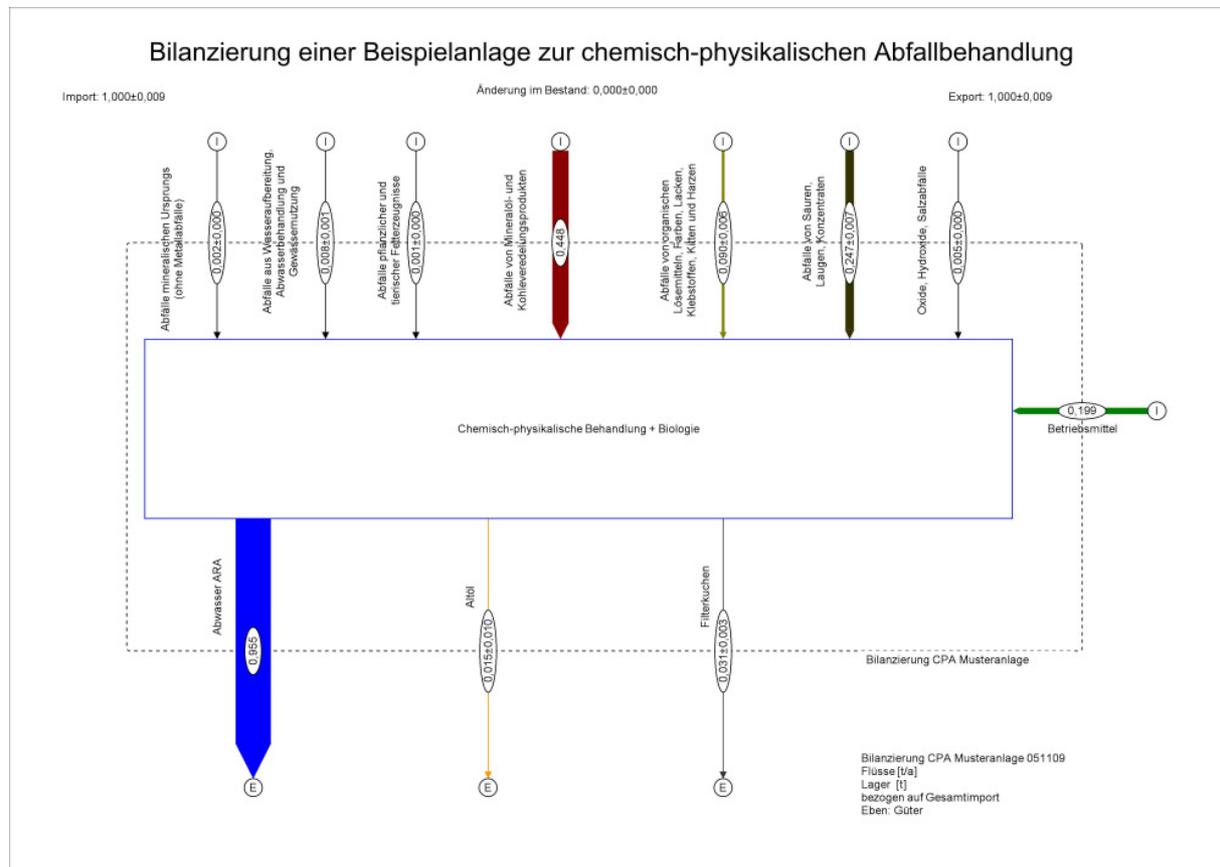


Abbildung 44: Import- und Exportströme der Musteranlage

Die Mengenaufteilung dieser vorwiegend organischen bzw. anorganischen Abfallströme deckt sich somit mit dem Gesamtaufkommen an gefährlichen Abfällen in Österreich (rund 51.000 t anorganische Abfälle, 101.000 t organische Abfälle).

In weiterer Folge wurde die Musteranlage in einer untergeordneten Ebene (Sub-System) weiter bilanziert (vgl. Abbildung 45). In dieser detaillierteren Ausführung der Bilanzierung erfolgte eine Aufspaltung der Betriebsmittel in einzelne Gutströme wie Prozesswasser, Säuren und Laugen für die Neutralisation und Flockungshilfsmittel. Für die prozentuelle Verteilung dieser Ströme wurden Betreiberdaten realer Anlagen als Vorlage herangezogen.

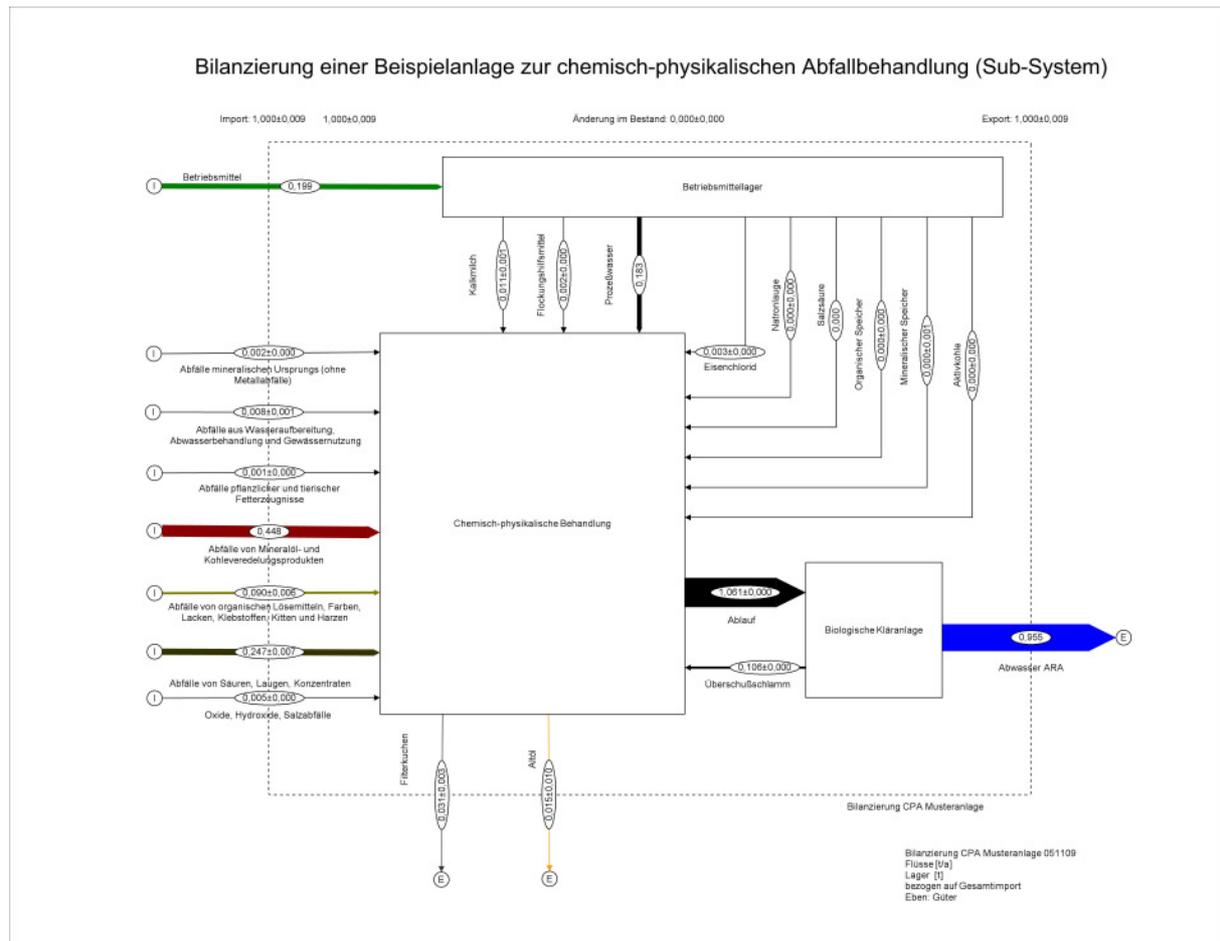


Abbildung 45: Import- und Exportströme in das Sub-System der Musteranlage

Auch bei der Bilanzierung des Sub-Systems erfolgte wiederum eine Normierung einzelner Gutströme auf den Gesamtimport in das betrachtete System. Da bei der Bilanzierung keine Lagerfunktion berücksichtigt wurde, ist der Gesamtimport und -export gleich groß (in Summe 1).

Durch die Bilanzierung zeigte sich, dass die mengenmäßig wichtigste Emissionsquelle der Anlage das produzierte Abwasser darstellt (Emissionen in die Luft fanden bei der Bilanzierung keine Berücksichtigung).

### 9.2.2.2 Bilanzierung der Stoffströme

Auf Basis der vorhandenen Daten wurde die Verteilung der Schwermetallströme in der Musteranlage berechnet. Hierdurch ließen sich beispielsweise die Transferkoeffizienten für die einzelnen Exportströme (Filterkuchen, Abwasser) ermitteln.

Nachfolgend (vgl. Abbildung 46) ist die Bilanzierung für das Element Zink dargestellt.

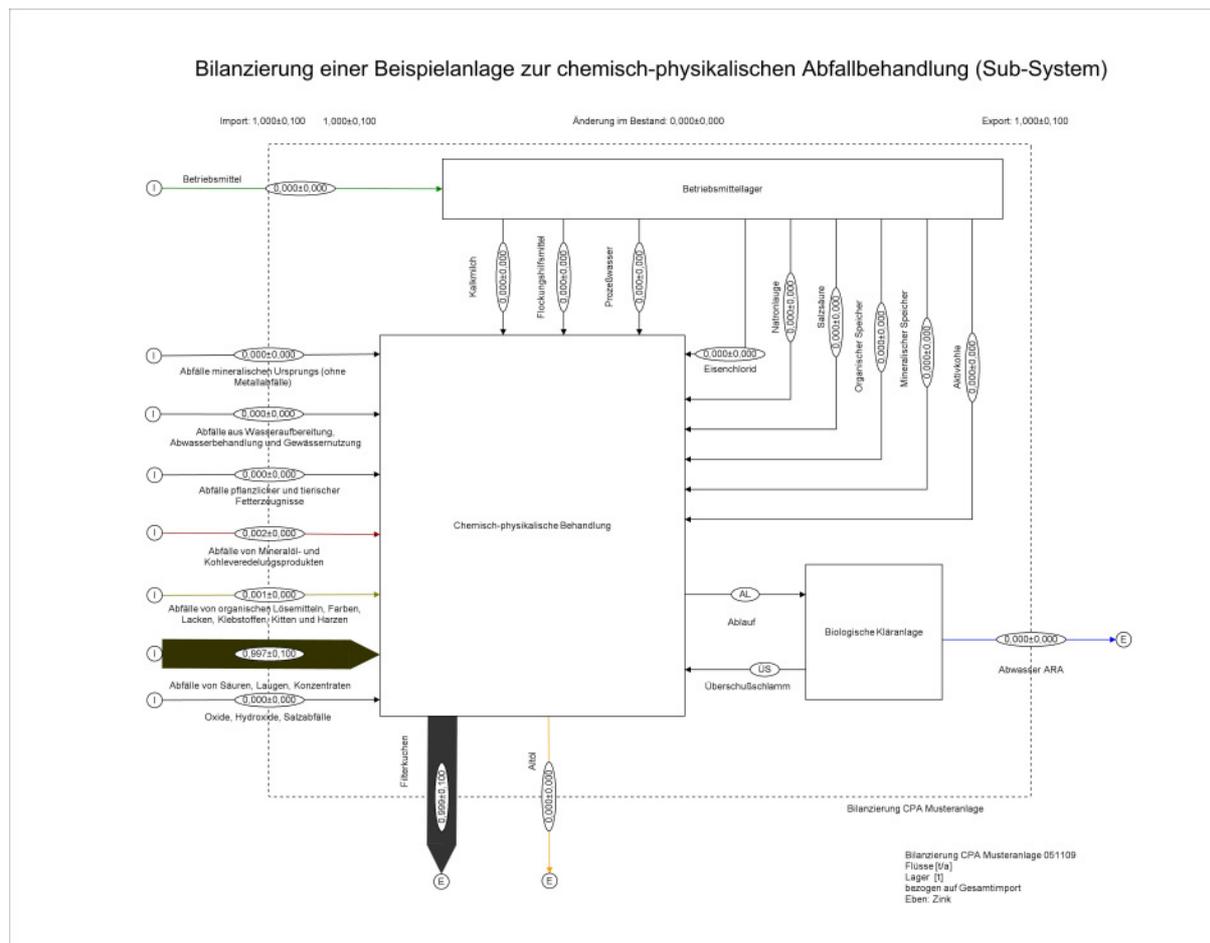


Abbildung 46: Stoffstromdarstellung für den Parameter Zn, Sub-System der Musteranlage

Das Ergebnis der durchgeführten Bilanzierung bestätigte deutlich die Abtrennung des Zinks über eine für die Behandlung herangezogene Fällungsreaktion und die Ausschleusung der Zinkfracht aus dem System über den Filterkuchen. Als Hauptimportstrom für das Zink in das System der Musteranlage fungierte der Abfallstrom SN 52. Dies deckte sich mit den von Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellten Daten und den getroffenen Abschätzungen. In weiterer Folge wurde auch noch für andere Schwermetalle (z. B. As, Hg, Pb, Ni) eine Bilanzierung durchgeführt. Auch hier kam es zu einer Aufkonzentrierung im Filterkuchen.

### 9.2.3 Diskussion

#### Zusammenfassung der einzelnen Abfallchargen:

Für die Zusammenfassung der einzelnen Abfallchargen mussten mittlere Konzentrationen angenommen werden. In den Tabellen, Tabelle 57 bis Tabelle 59 und Tabelle 60, sind die Schwankungsbreiten für einige relevante Ströme dargelegt. Je nachdem ob nun etwa Schlämme aus einer Verzinkung oder diverse Säureschlämme aufbereitet werden, ergeben sich teilweise starke Schwankungen. Eine Berücksichtigung als separater Importstrom in die Anlage würde allerdings einen immensen Mehraufwand bei der Bilanzierung nach sich ziehen, zudem müssten großteils Abschätzungen für die Aufspaltung der Verläufe in den

einzelnen Behandlungsschritten durchgeführt werden, wodurch der Aufwand nicht gerechtfertigt erscheint.

Verlauf der Schwermetallkonzentrationen:

Anhand der durchgeführten Bilanzierung zeigt sich deutlich der Verlauf der Schwermetallkonzentrationen in der Musteranlage. Über die Fällung und nachfolgende Filtrierung (Kammerfilterpresse/Zentrifuge) kommt es zu einer Aufkonzentrierung der Metalle im Filterkuchen. Anhand der für die Bilanzierung herangezogenen Daten kann für die Abwasserfracht gezeigt werden, dass die Grenzwerte – unabhängig von den schwankenden Stoffströmen der Metalle in den Importströmen – eingehalten werden. Höhere Eingangskonzentrationen der Metalle (z. B. bei den Zinkschlämmen) führen über den höheren Verbrauch an Fällungsmittel letztlich immer zu einem korrelierenden Anstieg der betroffenen Metallkonzentrationen im Filterkuchen.

## 10 Innovatives Behandlungsverfahren für Emulsionen – Anodische Oxidation mittels Diamantelektroden

Nachfolgend soll auf mögliche innovative Verfahren zur Aufbereitung von Abfallströmen in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen eingegangen werden. Hierzu sei auf ein Forschungsprojekt verwiesen, welches derzeit am Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik an der Montanuniversität durchgeführt wird.

### 10.1 Problemstellung

In weiten Bereichen von Industrie- und Gewerbebetrieben ist man mit dem Anfall von fetthaltigem Abwasser in Form von Öl-Wasser-Emulsionen und Gemischen konfrontiert. Diese Abfälle (vgl. Kapitel 9.2 Bilanzierung einer Musteranlage) stellen wichtige Importströme für die chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen dar. Diese Abfälle stammen dabei vorwiegend aus den Betrieben der metallverarbeitenden Industrie und fallen dabei in unterschiedlichen Fertigungsprozessen – zumeist in Form von Bohr- und Schleifemulsionen, welche als gefährlicher Abfall einzustufen sind – an.

Für die Einleitung der nach der Behandlung anfallenden Abwässer in die örtliche Kanalisation müssen gesetzliche Rahmenbedingungen hinsichtlich der Grenzwerte für Parameter wie Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB), Temperatur, pH-Wert und lipophile Stoffe eingehalten werden. Betreiber von chemisch-physikalischen Anlagen sind gegebenenfalls nach vertraglicher Vereinbarung mit Kosten, abhängig von der CSB-Fracht, für die Einleitung konfrontiert. Abhängig von der Höhe des Durchsatzes der Anlage ist mit einem dementsprechenden Anfall an CSB-Frachten zu rechnen.

Im Jahr 2002 erfolgte durch die Fachabteilung 17C der steiermärkischen Landesregierung eine Überprüfung von insgesamt 40 Betrieben mit biologischen und chemisch-physikalischen Reinigungsanlagen hinsichtlich des Betriebszustandes und der Qualitätssicherung [52]. Nachfolgend ist eine Übersicht der hierbei überprüften Anlagen (Branchen- und Größenverteilung) dargelegt (vgl. Tabelle 61).

Tabelle 61: Überprüfte Betriebe mit physikalisch-chemischen Reinigungsanlagen

Branche	Anzahl	Abwasseranfall [m <sup>3</sup> /d]
Eisen-Metallindustrie	3	160.453
Nichteisen-Metallindustrie	2	7.500
Betriebe zur Oberflächenbehandlung	4	395
Halbleiterbauelemente	4	8.667
Herstellung von Industriemineralien	3	1.990
Chemische Industrie	1	20

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass bei der Eisen-Metallindustrie mit den anfallenden Öl-Wasser-Emulsionen und Gemischen der größte Bedarf für eine physikalisch-chemische Behandlung gegeben ist. Zusätzlich wurden bei den getätigten Untersuchungen je nach Kontrollparameter folgende Grenzwertüberschreitungen festgestellt (vgl. Tabelle 62).

Tabelle 62: Auflistung der relevanten Kontrollparameter und Ergebnisse

Parameter	Anzahl der Kontrollen	Anzahl der Grenzüberschreitungen
pH-Wert	67	1
BSB5	48	4
CSB	54	11
Feststoffe	40	5
Ammonium-Stickstoff	39	9
Nitrat-Stickstoff	12	2
Gesamtphosphor	39	9
Sulfit	4	2
Sulfid	10	2

Die Analyseergebnisse zeigten, dass der höchste Sanierungsaufwand bei Überschreitung des CSB gegeben ist. Die Hauptursache für den erhöhten CSB-Gehalt ist bei Industrieabwässern das Vorhandensein von schwer abbaubaren Substanzen, welche auch als sogenannte refraktäre Stoffe bezeichnet werden. Von besonderer Bedeutung ist der sogenannte „Rucksackeffekt“. Refraktäre Stoffe können einen Teil der im Wasser vorhandenen Metalle und organische Schadstoffe aufnehmen und transportieren.

Es müssen entsprechende technische Möglichkeiten in der Reinigung gesucht, bzw. Maßnahmen zur Vermeidung dieser schwer abbaubaren Stoffe umgesetzt werden.

Aufgrund dieser Problemstellung wird im Zuge eines Projektes am Institut für nachhaltige Abfallwirtschaft und Entsorgungstechnik ein alternatives Behandlungsverfahren für den Abbau von Öl-Wasser-Emulsionen und Gemischen durchgeführt. Als mögliches Verfahren hierfür, wurden Versuche mit der anodischen Oxidation mittels Diamantelektroden, für den Abbau von organischen Substanzen, durchgeführt.

Aus wissenschaftlich-technischer Sicht sollen hierbei folgende Informationen gewonnen werden:

- Betriebsparameter für maximale Abbauleistungen (z. B. Elektrodenabstand, Stromdichte, Elektrodenfläche),
- Erzielbares Abbauverhalten bei unterschiedlichen Öl-Wasser-Emulsionen hinsichtlich CSB,

- Benötigter Energiebedarf (Energiebilanz),
- Spezifischer Durchsatz (im Hinblick auf eine Technikumsanlage).

Abschließend soll zudem eine Aussage über die anfallenden Investitions- und Betriebskosten für eine wirtschaftliche Betrachtung des angedachten Verfahrens erfolgen. Als Basis hierfür wurden erste Versuche mit diversen Öl-Wasser-Emulsionen mittels anodischer Oxidation im Labormaßstab durchgeführt. Darauf aufbauend werden in weiterer Folge Abbauversuche in einer Technikumsanlage in einer chemisch-physikalischen Anlage durchgeführt.

## 10.2 Zielsetzung

Über das derzeit am Institut durchgeführte Projekt soll die potenzielle Eignung der sogenannten Anodischen Oxidation zur Emulsionsbehandlung nachgewiesen werden. Neben der Ermittlung von erzielbaren Abbauraten bei unterschiedlichen Zusammensetzungen, der Untersuchung des Einflusses der Reihenfolge der Behandlungsstufen auf die erzielbare Abbauleistung, sollen auch Erfahrungswerte zur Lebensdauer der eingesetzten Elektroden ermittelt werden. Im Folgenden werden die verwendeten Elektroden sowie die Ergebnisse einiger Abbauversuche (CSB-Reduktion) beschrieben.

## 10.3 Verwendete Elektroden

Bei sämtlichen Behandlungsversuchen der Projektphase 1 kamen Durchflusszellen der pro aqua Diamantelektroden Produktion GmbH in Niklasdorf zur Anwendung (vgl. Abbildung 47). Für die elektrische Versorgung auf bipolarer Basis sind diese Zellen im Außenbereich mit Kontaktierungselektroden ausgestattet. Zwischen den Kontaktierungselektroden befinden sich je nach Bauweise eine unterschiedliche Anzahl von Diamantelektroden gleicher Fläche. Für die Herstellung dieser Plattenelektroden werden auf einem Trägermaterial aus elektrisch nicht leitfähigem fluorierten Kunststoff, bordotierte Industriediamanten in einer Korngröße von 180 bis 350 µm eingearbeitet.

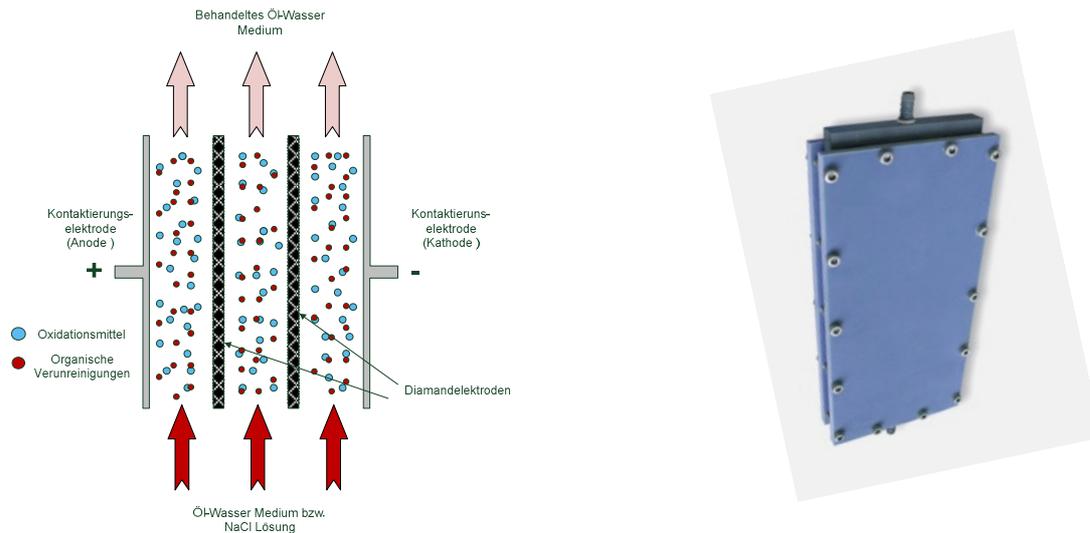


Abbildung 47: Schematischer Aufbau und Wirkungsweise der verwendeten Durchflusszellen

## 10.4 Behandlungsprinzip

Im Gegensatz zu den konventionellen Elektroden arbeiten bordotierte Diamantelektroden mit einer Effizienz von über 90 %. So werden die für die Reinigung benötigten Oxidationsmittel direkt aus der zu behandelnden Matrix heraus gebildet. Inhaltsstoffe werden mineralisiert oder können durch das Verfahren in einfacher strukturierte Verbindungen zerlegt werden, welche zumeist auch leichter biologisch abbaubar sind. Im Gegensatz zu anderen Verfahren fallen hierbei unter idealen Bedingungen keine weiteren Rückstände oder Abfallströme an, die einer weiteren nachgeschalteten Behandlung bedürfen. Die gebildeten OH-Radikale reagieren während der Behandlung mit den Verunreinigungen unter Abspaltung von Wasserstoff. [53]



Wie bereits geschildert, kann unter idealen Betriebsbedingungen durch die Oxidation eine vollständige Mineralisierung erzielt werden, wobei nur noch ungefährliche bzw. biologisch abbaubare Substanzen gebildet werden.

Weil die Oxidationsmittel direkt aus der organischen Matrix des zu behandelnden Fluides gebildet werden, ist eine weitere Zufuhr von Oxidationsmitteln nicht notwendig. Hierdurch kann bei den Betriebskosten gespart werden, da kein Bedarf an Chemikalien besteht. Der Behandlungsprozess kann über die angelegte Elektrodenspannung gesteuert werden. Neben den Investitionskosten für die Diamantelektroden fallen also nur die Kosten für die elektrische Versorgung der Durchflussreaktoren an.

Die elektrochemische Desinfektion von Brauch- und Trinkwasser über die Produktion von Oxidationsmitteln (in diesem Fall vorwiegend aktiven Chlorverbindungen aus natürlich im Wasser gelösten Chlorid-Ionen) während der Elektrolyse, stellt eine weitere

Einsatzmöglichkeit der Anodischen Oxidation dar. So konnten diese bereits für einige Anwendungsfälle (z. B. Desinfektion von Abwässern in entlegenen Regionen) erfolgreich eingesetzt werden.

## 10.5 Laborversuche

Bei den Untersuchungen im Labormaßstab kam es zur Behandlung unterschiedlicher Öl-Wasser-Medien, wobei Prozessparameter wie Durchfluss, Stromdichte und Elektrodenanzahl variiert wurden. Die Elektroden wurden in baugleiche Durchflusszellen, welche sich nur durch die Anzahl der eingesetzten Elektroden unterscheiden, eingebaut.

In der nachfolgenden Abbildung (vgl. Abbildung 48) sind der schematische Aufbau der durchgeführten Versuche im Batch-Betrieb (Kreislaufführung) und im Durchflussbetrieb (kontinuierlicher Betrieb) dargestellt.

Die elektrische Versorgung der eingesetzten Durchflussreaktoren erfolgt über ein Netzgerät mit Gleichspannung. Bei den ersten Versuchsdurchführungen kam eine stufenlos regelbare Schlauchpumpe mit einer maximalen Durchflussrate von 26 L/h zum Einsatz. Im Hinblick auf den Langzeitversuch und um die Versorgung der Reaktoren mit einer höheren Durchflussmenge zu bewerkstelligen, kam eine leistungsstärkere drehzahlverstellbare (0 - 400 rpm) Schlauchpumpe zur Anwendung, die Förderraten bis zu 90 L/h ermöglicht. Der Transport der zu behandelnden Medien erfolgte über chemisch beständige Kunststoff- oder Silikonschläuche. Aus arbeitssicherheitstechnischen Gründen wurde während des Abbauversuchs der Vorlagenbehälter unter einem Abzug positioniert.

Bei sämtlichen Laborversuchen erfolgte eine zeitliche Aufzeichnung der Betriebsgrößen Strom und Spannung sowie Leitfähigkeit, pH-Wert und Temperatur über eine spezielle Software. Beim Batch-Betrieb wurde fallweise, aufgrund des hohen Temperaturanstieges, ein Kühlsystem installiert.

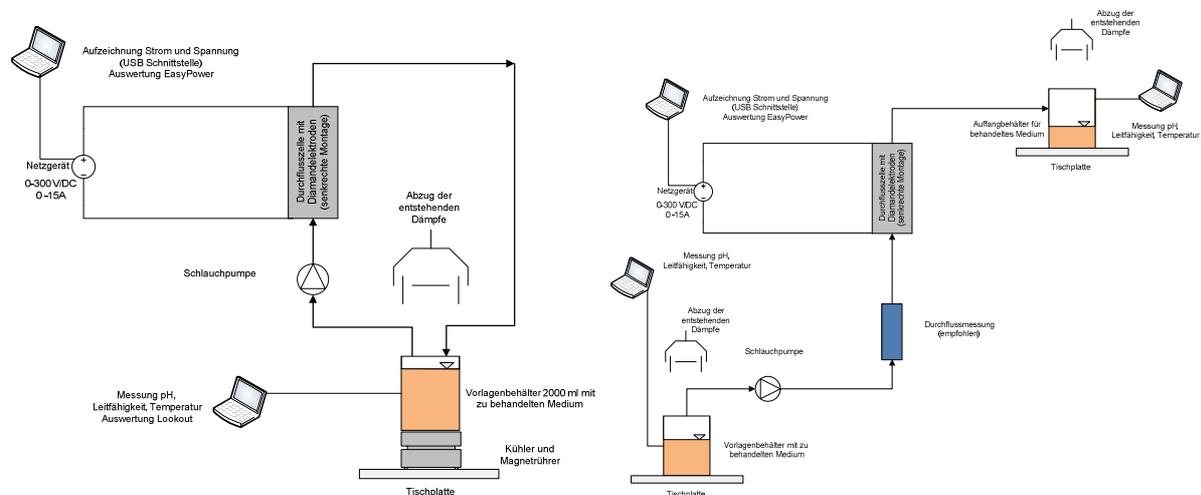


Abbildung 48: Schematischer Aufbau (links Batch-Betrieb und rechts kontinuierlicher Betrieb)

## 10.6 Verwendete Medien

Als Behandlungsmedien für die durchgeführten Laborversuche dienten Öl-Wasser-Emulsionen aus einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage. Die vorwiegend aus der metallverarbeitenden Industrie stammenden Emulsionen weisen hinsichtlich des Chemischen Sauerstoffbedarfs enorme Tagesschwankungen auf. Um einen möglichst umfangreichen Überblick zu bekommen, erfolgten Probenahmen zeitlich versetzt nach drei unterschiedlichen Behandlungsstufen (vor der Ultrafiltration, nach der Ultrafiltration und nach einer biologischen Stufe). In folgender Darstellung (vgl. Abbildung 49) sind die einzelnen Stufen dieser CP-Anlage ersichtlich.

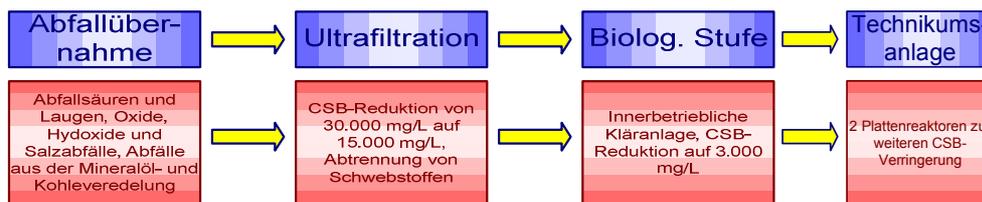


Abbildung 49: Schematischer Aufbau der Emulsionsbehandlung in der CP-Anlage

## 10.7 Ergebnisse

Nachfolgend werden Ergebnisse von durchgeführten Abbauversuchen mit unterschiedlichen Behandlungsmedien in Projektphase 1 dargestellt und dokumentiert. Als Bewertungsgrundlage für den Abbau wurde der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) herangezogen.

Nachfolgende Abbildung 50 zeigt die Ergebnisse eines Laborversuches, bei dem als Behandlungsmedium eine Probe nach dem Ultrafiltrationsprozess verwendet wurde. Dabei wurden zwei Liter der entnommenen Flüssigkeit in einen Vorlagenbehälter gegeben und über einen Zeitraum von rund 5 Stunden mit einer konstanten Stromdichte von 83 mA/cm<sup>2</sup> im Batch-Betrieb behandelt. Nach jeder Stunde wurde eine 50 ml Probe entnommen und anschließend im Labor hinsichtlich des CSB analysiert und ausgewertet. Hierbei konnte ein kontinuierlicher Abbau des CSB über die Zeit mit einer Abbaurate von 40 % erzielt werden.

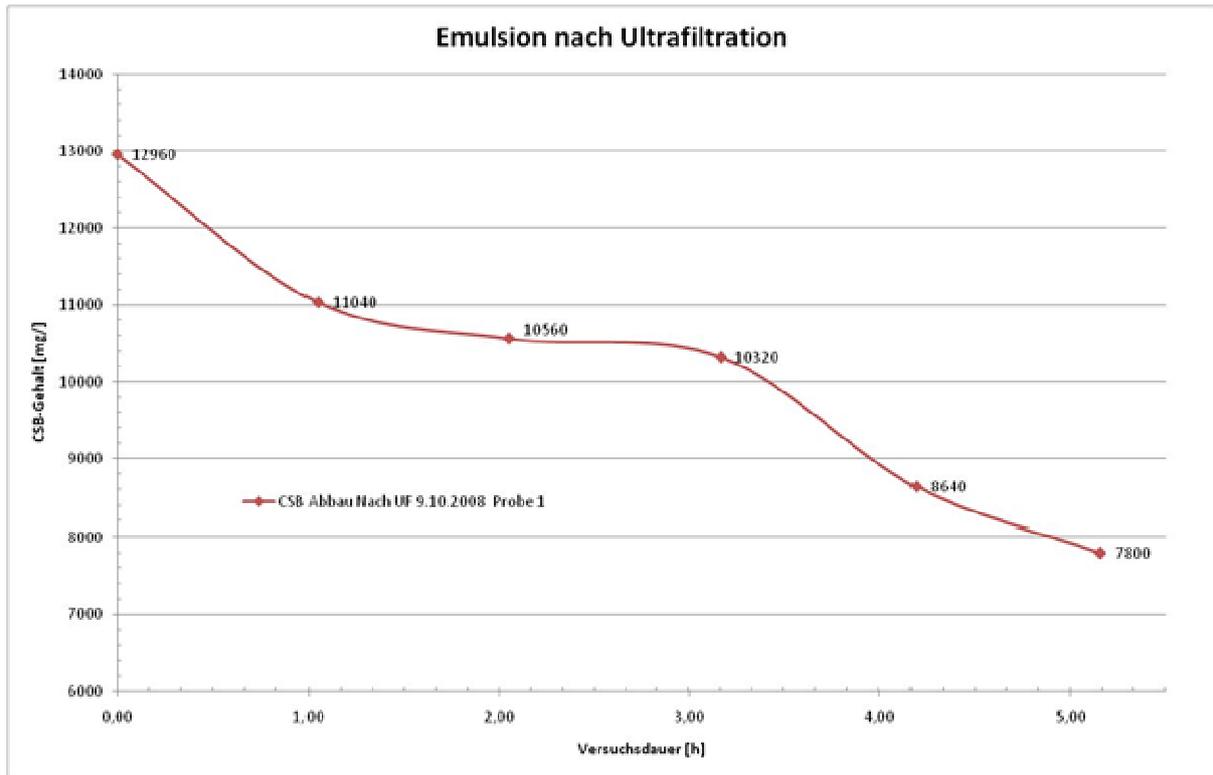


Abbildung 50: CSB Änderung über die Zeit mit Behandlungsmedium nach Ultrafiltration

In einem weiteren Laborversuch diente als Vorlage eine Emulsion vor der Ultrafiltration. In folgender Abbildung (vgl. Abbildung 51) sind wiederum die Analyseergebnisse hinsichtlich des CSB dargelegt. Dabei zeigt sich ein kontinuierlicher Abbau des CSB über die Zeit. Um Erkenntnisse über die Auswirkung der Stromstärke zu bekommen, wurde dieser Versuch mit einer geringeren Stromdichte von  $66,7 \text{ mA/cm}^2$  durchgeführt. Bei einer Behandlungsdauer von drei Stunden wurde eine Abbaurate von ca. 20 % erreicht. Der Versuch wurde mit einem Vorlagevolumen von 2 Litern im Batch-Betrieb durchgeführt.

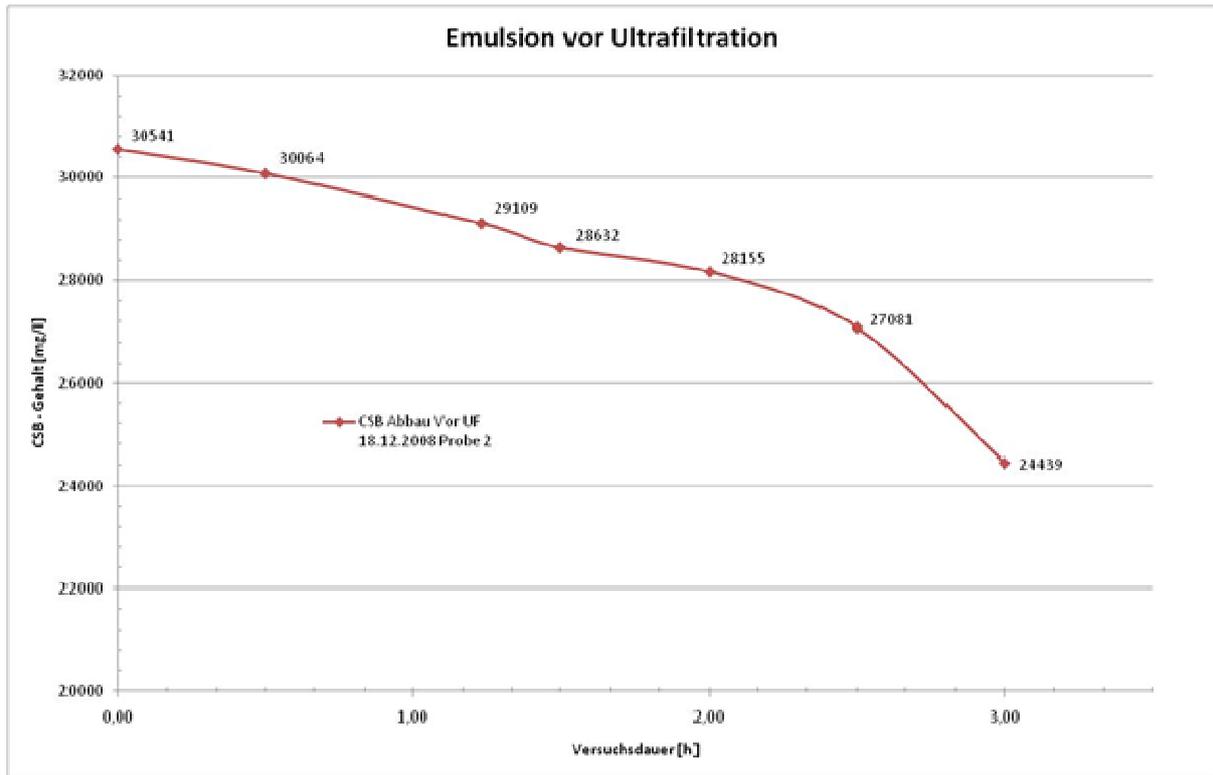


Abbildung 51: CSB-Änderung über die Zeit mit einer Probenvorlage vor Ultrafiltration

Die folgenden Versuchsreihen in Abbildung 52 zeigen die Auswirkung von variiertem Durchfluss und unterschiedlicher Stromdichte auf die Behandlung einer Vorlage nach der biologischen Stufe der CP-Anlage. Dabei kamen Stromdichten mit 50 und 100 mA/cm<sup>2</sup> und Durchflussraten von 20-50 L/h zur Anwendung. Ausgehend von einer unbehandelten Vorlage wurde für jeden Versuch (V1 – V8) jeweils eine Probe nach dem kontinuierlichen Betrieb sowie jeweils eine Probe nach einer halben Stunde und nach einer Stunde im Batch-Betrieb (Kreislauflührung bei 950 ml Vorlage) gezogen und analysiert.

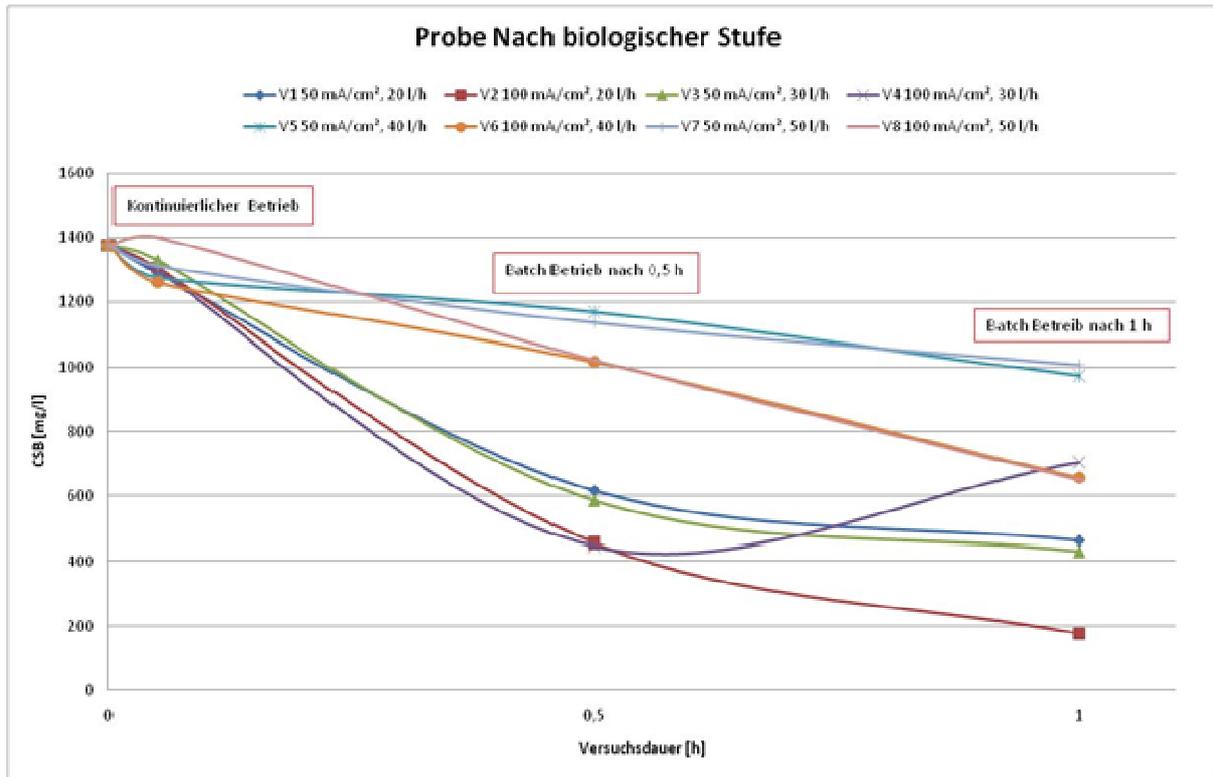


Abbildung 52: CSB-Änderung bei Variation von Stromdichte und Durchfluss mit einer Vorlage nach der biologischen Stufe der CP-Anlage.

## 10.8 Ausblick

Bei mehreren Versuchsdurchführungen im Labormaßstab mit unterschiedlichen Emulsionen, konnte die prinzipielle Eignung der anodischen Oxidation mittels Diamantelektroden für den Abbau organischer Substanzen nachgewiesen werden. Jedoch weisen die einzelnen Öl-Wasser-Emulsionen hinsichtlich ihrer Schweb- und Feststoffanteile enorme Unterschiede auf. Durch die enthaltenen Feststoffe kann es zu einer Zerstörung der Elektrodenoberfläche und somit zu einer eingeschränkten Abbauleistung kommen. Um einen ordnungsgemäßen Betrieb über einen längeren Zeitraum zu ermöglichen, ist eine Vorfiltration der behandelten Medien notwendig.

## 11 Abschließende Betrachtung und Ausblick

Die Behandlung von flüssigen, gefährlichen Abfällen ist ein wichtiger Aspekt der nationalen Abfallwirtschaft und stellt an diese ständig neue Herausforderungen. Um bei der Vielzahl an verschiedenen Abfällen eine optimale Behandlung erzielen zu können, müssen die zur Verfügung stehenden Verfahren – je nach Anforderung – kombiniert und optimiert werden.

Im Zuge dieser Studie wurde der aktuelle Stand der Technik bei der chemisch-physikalischen Behandlung von flüssigen, gefährlichen Abfällen definiert. Diesbezüglich wurde zur Erhebung des österreichischen IST-Standes an alle Betreiber klassischer chemisch-physikalischer Behandlungsanlagen ein Fragebogen versendet (siehe dazu Anhang II). Dieser beinhaltete neben allgemeinen Punkten wie Menge und Art der übernommenen Abfälle, Eingangskontrolle und Behandlungskapazität, auch Fragen bezüglich der verwendeten Behandlungs- und Abluftreinigungsverfahren. Die Rücklaufquote betrug dabei ca. 40 %. Um eine bestmögliche und praxisnahe Darstellung der österreichischen Situation wiedergeben zu können, wurden von den Autoren der Arbeit zusätzlich fünf Anlagen besichtigt.

Zur Erreichung der gesetzlich vorgeschriebenen Abwassergrenzwerte ist in der Regel eine Kombination der verschiedensten Technologien notwendig. Aus gesetzlicher Sicht werden keine Techniken, wie sie derzeit in Österreich eingesetzt werden, ausgeschlossen. Die Studie zeigt, dass für einzelne Abfälle mehrere Behandlungsvarianten – einzeln oder in Kombination – zielführend sind. Betrachtet man hierbei z. B. Öl/Wasser-Emulsionen, können diese mittels chemischer Spaltung, Ultrafiltration oder Verdampfung effizient behandelt werden. Bei der Auswahl sind die Vor- und Nachteile der einzelnen Behandlungsvarianten zu berücksichtigen.

Einzelne Behandlungsverfahren verursachen Abluftemissionen, wodurch gegebenenfalls eine Abgasbehandlung notwendig ist. Durch die ständig verbesserten Techniken in diesem Bereich ist – je nach Anforderung – die Umsetzung bzw. der Einsatz dieser Techniken in CP-Anlagen notwendig, um dem Stand der Technik zu entsprechen. Im Bereich der Abluffterfassung und Abgasbehandlung besteht nach derzeitigem Wissensstand bei einigen österreichischen Anlagen Verbesserungspotenzial.

Hinsichtlich der Abfallbilanzierung bei chemisch-physikalischen Anlagen wird auf die Anforderungen des V.EFB (Verein zur Verleihung des Zertifikates eines Entsorgungsfachbetriebes) zur Zertifizierung als Entsorgungsfachbetrieb verwiesen, welche als ausreichend und praktikabel, auch für Überwachungsbehörden, erachtet werden können. Eine derartige Bilanzierung wurde beispielhaft in Kapitel 10.2.2.1 dargestellt. Eine tiefergehende Bilanzierung wäre aufgrund der Komplexität der Abfälle und der Behandlungsverfahren mit großem Aufwand verbunden.

Aus Sicht der Behörde genügt eine Bilanzierung der Input- und Outputströme – unter Angabe der jeweiligen Abfallschlüsselnummern [55]. Die Betriebsanlage ist also bei der Bilanzierung als Black Box (ggf. mit Lagerfunktion) auszustatten.

## 12 Verzeichnisse

### 12.1 Literatur

- [1] Begert, Axel; Dreier, Patricia; Leiler, Walter et al: Grundlagen für eine Technische Anleitung zur chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen – Report 138. Wien: Umweltbundesamt, 1997. – ISBN 3-85457-361-8.
- [2] Lahmeyer: Stand der Technik bei chemisch-physikalischen Verfahren in der Abfallbehandlung – Forschungsbericht 103 02 121, Texte 23/91. Berlin: Umweltbundesamt Berlin, 1991.
- [3] European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries, August 2006.
- [4] European Commission: Integrated Pollution Prevention and Control – Reference Document on Best Available Techniques in Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, Februar 2003.
- [5] Tabasaren, Oktay (Hrsg.): Abfallwirtschaft Abfalltechnik – Sonderabfälle. Berlin: Ernst, 1997. – ISBN 3-433-01168-0.
- [6] Richter, Franz: Die Entwicklung von Methoden zur Behandlung von mineralöhlhaltigen Abfällen und Emulsionen (Dissertation). Wien: BOKU1993.
- [7] Pschera, S.: Abwasserbehandlung mit Ozon – Klassifizierung von Abwasser zur optimierten Verfahrensgestaltung in der Kreislaufwirtschaft. Karlsruhe: Oldenbourg Verlag, 1997. – ISBN 3-486-26404-4.
- [8] Hiersig, Heinz M.: Lexikon Produktionstechnik, Verfahrenstechnik. Springer Verlag, 1995. – ISBN 3-184-01373-1.
- [9] Zitzmann: Vor- und Nachbehandlung von emulsionsartigen Abwässern. „Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe“. Schriftenreihe „Praxis Forum“ 13/94.
- [10] Draxler, Josef: Skriptum zur Vorlesung Waste Water Treatment, Montanuniversität Leoben, Institut für Verfahrenstechnik, Leoben 2006.
- [11] Kepplinger, Werner: Skriptum zur Vorlesung Industrierwasserversorgung, Montanuniversität Leoben, Institut für Verfahrenstechnik, Leoben 2007.
- [12] [www.wasser-wissen.de](http://www.wasser-wissen.de), Stand: 26.9.09.

- [13] [www.mikroskopie.de](http://www.mikroskopie.de), Stand: 26.9.09.
- [14] [www.mekana.com](http://www.mekana.com), Stand: 28.9.09.
- [15] Wappel, Daniela; et al.: Leitfaden für die Durchführung de PRTR-Berichtspflicht, Report 0164. Wien: Umweltbundesamt, 2008.
- [16] BGBl. I 102/2002 idF v. BGBl. I 54/2008: Bundesgesetz über eine nachhaltige Abfallwirtschaft (Abfallwirtschaftsgesetz 2002 – AWG 2002).
- [17] Richtlinie des Rates 96/61/EG über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IPPC-Richtlinie).
- [18] BGBl. II 618/2003: Abfallnachweisverordnung.
- [19] BGBl. II Nr. 570/2003 idF v. BGBl. II Nr. 498/2008: Abfallverzeichnisverordnung.
- [20] BGBl. II Nr. 227/1997 idF v. BGBl. II Nr. 178/2000: Verordnung über die Festsetzung von gefährlichen Abfällen und Problemstoffen.
- [21] BGBl. II Nr. 497/2008: Jahresabfallbilanzenverordnung (AbfallbilanzV).
- [22] Rosenberger, Eva: EDM kompakt: Elektronisches Datenmanagement in der Umwelt und Abfallwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2007
- [23] Internetportal Elektronischen Datenmanagement:  
[https://secure.umweltbundesamt.at/test/t1/edm\\_portal/home.do?wfjs\\_enabled=true&wfjs\\_orig\\_req=/home.do](https://secure.umweltbundesamt.at/test/t1/edm_portal/home.do?wfjs_enabled=true&wfjs_orig_req=/home.do), Stand 2009.
- [24] [edm.gv.at](http://edm.gv.at) Elektronisches Datenmanagement in der Umwelt- und Abfallwirtschaft, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2009.
- [25] BGBl. I Nr. 215/1959 idF v. BGBl. I Nr. 123/2006: Wasserrechtsgesetz 1959 (WRG 1959).
- [26] BGBl. II Nr. 186/1996: Allgemeine Begrenzung von Abwasseremissionen in Fließgewässer und öffentliche Kanalisationen (AAEV).
- [27] BGBl. II Nr. 9/1999: Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung (AEV Abfallbehandlung).
- [28] BGBl. II Nr. 222/1998: Verordnung betreffend Abwasserleitungen in wasserrechtlich bewilligte Kanalisationen (Indirekteinleiterverordnung – IEV)

- [29] Verordnung des Rates 166/2006/EG über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters EG-PRTR-V 166/2006.
- [30] [www.wko.at](http://www.wko.at), Stand: 13.9.2009.
- [31] EmRegV Chemie OG: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Inhalt und Umfang des elektronischen Registers, in dem alle wesentlichen Belastungen der Oberflächenwasserkörper durch Stoffe aus Punktquellen erfasst werden (EmRegV Chemie OG). Entwurf.
- [32] EmRegV Chemie OG: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über Inhalt und Umfang des elektronischen Registers, in dem alle wesentlichen Belastungen der Oberflächenwasserkörper durch Stoffe aus Punktquellen erfasst werden (EmRegV Chemie OG). Erläuterungen zum Entwurf.
- [33] [www.lfu.bayern.de](http://www.lfu.bayern.de), Stand: 10.8.09
- [34] [www.vsa.ch](http://www.vsa.ch), Stand: 14.9.2009.
- [35] [www.umweltbundesamt.at](http://www.umweltbundesamt.at), Stand: 21.9.2009.
- [36] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Bundesabfallwirtschaftsplan 2006. Wien: BMLUFW, 2006. – ISBN 3-902 010-70-3. – Downloadbar unter: [www.bundesabfallwirtschaftsplan.at](http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at).
- [37] Norm ÖNORM S 2110: 2001. Untersuchung von Abfällen für die chemisch-physikalische oder thermische Behandlung.
- [38] Österreichischer Wasser- und Abwasserverband (Hrsg.): ÖWAV-Regelblatt 517 – Anforderungen an die Ausstattung und den Betrieb von Zwischenlagern für gefährliche Abfälle bei Abfallsammlern nach § 25 AWG. Wien: ÖWAV, 2008.
- [39] Hartinger, L.: Handbuch der Abwasser- und Recyclingtechnik für die metallverarbeitende Industrie. 2. Aufl., Hanser Verlag 1991. – ISBN 3-446 156-15-1.
- [40] [www.uni-saarland.de](http://www.uni-saarland.de), Stand: 10.7.09.
- [41] [www.flottweg.com](http://www.flottweg.com), Stand: 15.7.09.
- [42] [www.acs-water.de](http://www.acs-water.de), Stand: 21.6.09.
- [43] Richtlinie des Rates RL 91/689/EWG geändert durch RL 94/31/EG über gefährliche Abfälle.
- [44] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft (Hrsg.): Bundesabfallwirtschaftsplan 2006, geänderte Kapitel 1-3 (Stand März 2009).

- Wien: BMLUFW, 2006. – ISBN 3-902 010-70-3. – Downloadbar unter: [www.bundesabfallwirtschaftsplan.at](http://www.bundesabfallwirtschaftsplan.at).
- [45] [www.abfall-nrw.de](http://www.abfall-nrw.de), Stand 28.7.2008.
- [46] zur Verfügung gestellte Daten des Umweltbundesamtes (DI Thomas Weißenbach).
- [47] Menapace, Hannes: Skriptum zur Vorlesung Behandlung von gefährlichen Abfällen, Leoben: IAE, 2007.
- [48] BGBl. I Nr. 450/1994 idF v. BGBl. I Nr. 159/2001: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz.
- [49] BGBl. II Nr. 280/2007: Verordnung über begleitende Regelungen im Zusammenhang mit der Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (E-PRTR-Begleitverordnung – EG-PRTR-BV).
- [50] Zur Verfügung gestellte Daten des Umweltbundesamtes, 10.1.2006.
- [51] Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, Abteilung VI/3: „Bundesabfallwirtschaftsplan 2006“, Wien, ISBN 3-902 010-70-3.
- [52] Umweltschutzbericht 2003 des Landes Steiermark. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Fachabteilung 13A - Umwelt- und Anlagenrecht, 2003.
- [53] Tröster, I.; et.al.: Electrochemical advanced oxidation process for water treatment using DiaChem electrodes. *Diamond and Related Materials*. 11, 2002; 640-645.
- [54] Dreier, Patricia; Perz, Karin: Analyse von Massenangaben für ausgewählte gefährliche Abfälle – BE-088. Wien: Umweltbundesamt, 1997. – ISBN 3-85457-378-2.
- [55] Gespräch mit Herrn MR. Mag. Franz Mochty (Lebensministerium, Leiter der Abteilung VI/4: Abfallerfassung und Abfallbeurteilung) am 14.12.2009.

## 12.2 Abkürzungsverzeichnis

-COOH	Caroxylsäuregruppen
-SO <sub>3</sub> H	Sulfosäuregruppen
%	Prozent
§	Paragraf
°C	Grad Celsius
a	Jahr
AAEV	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung
AbfallbilanzV	Abfallbilanzverordnung
Abs.	Absatz
ACR	anaerober Kontaktreaktor
ADR	Accord européen relatif au transport international des marchandises Dangereuses par Route deutsch: Europäisches Übereinkommen über die internationale Beförderung gefährlicher Güter auf der Straße
AEV	Abwasseremissionsverordnung
Ag	Silber
Al	Aluminium
Al(OH) <sub>3</sub>	Aluminiumhydroxid
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Aluminiumoxid
AOPs	advanced oxidation processes
AOX	adsorbierbare organische Halogenverbindungen
As	Arsen
Aufl.	Auflage
AVV	Abfallverbrennungsverordnung
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz
Ba	Barium
BAT	best available technique
ber.	berechnet
BGBI	Bundesgesetzblatt
Bi	Wismut
BMLFUW	Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft
BMWA	Bundesministerium für Wirtschaft und Arbeit
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
BTXE	Summenparameter (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol)
BV	Begleitverordnung
BVT	beste verfügbare Technik
bzw.	beziehungsweise
C	Kohlenstoff
Ca(OH) <sub>2</sub>	Kalkmilch
ca.	circa

CaO	Kalk
Cd	Cadmium
Cd(OH) <sub>2</sub>	Cadmiumhydroxid
CdS	Cadmiumsulfid
CKW	Kohlenwasserstoffe
Cl	Chlor
Cl <sup>-</sup>	Chloridion
ClCN	Chlorcyan
ClO <sup>3-</sup>	Chloration
cm <sup>3</sup>	Kubikzentimeter
CN	Cyanid
CN <sup>-</sup>	Cyanidion
Co	Cobalt
CO	Kohlenmonoxid
CO <sub>2</sub>	Kohlendioxid
COS	Kohlenoxidsulfid
CP	chemisch-physikalisch
CPA	chemisch-physikalische Behandlung anorganischer Stoffe
CPB	chemisch-physikalische Behandlung
CPO	chemisch-physikalische Behandlung organischer Stoffe
Cr	Chrom
Cr(OH) <sub>3</sub>	Chromhydroxid
Cr <sup>3+</sup>	Chrom(III)ion
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Chromation
CS <sub>2</sub>	Schwefelkohlenstoff
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
Cu	Kupfer
Cu(OH) <sub>2</sub>	Kupferhydroxid
CuS	Kupfersulfid
CX	Cellulosexanthogenat
d. h.	das heißt
DDT	1,1,1-Trichlor-2,2-bis(4-chlorphenyle)-than)
DEHP	Di(2-ethylhexyl) phthalate
EAG-VO	Elektroaltgeräteverordnung
EDM	elektronisches Datenmanagement
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure
EE-V	Emissionserklärungsverordnung
EG	Europäische Gemeinschaft
EG-K	Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen
EG-POP-V	Verordnung über persistente organische Schadstoffe
EG-PRTR-VO	Verordnung über die Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzung- und -verbringungsregister

EmRegV Chemie OG	Emissionsregisterverordnung Oberflächengewässer	Chemie
EPER	European Pollutant Emission Register	
E-PRTR-BV	Verordnung über begleitende Regelungen im Zusammenhang mit der Schaffung eines Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters	
eRAS	elektronisches Register für Anlagen- und Personen- Stammdaten	
etc.	et cetera	
evtl.	eventuell	
EW <sub>60</sub>		
EZG	Emissionszertifikatgesetz	
F	Fluor	
Fe	Eisen	
Fe(OH) <sub>3</sub>	Eisenhydroxid	
FeCl <sub>3</sub>	Eisen-II-Chlorid	
FeS	Eisensulfid	
g/d	Gramm pro Tag	
g/mol	Gramm pro Mol	
GA	Algentoxizität	
GAK	Aktivkohlegranulat	
GD	Daphnientoxizität	
GewO	Gewerbeordnung	
GF	Fischtoxizität	
ggf.	gegebenenfalls	
GIS	Geoinformationssystem	
GL	Bakterientoxizität	
GLN	Global Location Number	
h	Stunde	
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Wasserstoffperoxid	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Schwefelsäure	
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	Borsäure	
HBr	Bromwasserstoff	
HCHO	Formaldehyd	
HCl	Salzsäure	
HCl	Chlorwasserstoff	
HCN	Cyanwasserstoff	
HF	Fluorwasserstoff	
HFKW	teilhalogenierte Fluor-Kohlenwasserstoffe	
Hg	Quecksilber	
Hg	Quecksilber	
HNO <sub>3</sub>	Salpetersäure	

idF.	in der Fassung
idgF.	in der geltenden Fassung
IEV	Indirekteinleiterverordnung
IPPC	Integrated Pollution Prevention and Control
IUV	Industrieunfallverordnung
KCN	Kaliumcyanid
kg	Kilogramm
kg/a	Kilogramm pro Jahr
KHSO <sub>5</sub>	Feroxomonosulfate
L	Liter
LG	Lagergruppen
m <sup>2</sup>	Quadratmeter
m <sup>3</sup>	Kubikmeter
MF	Mikrofiltration
mg	Milligramm
mg/L	Milligramm pro Liter
MinroG	Mineralrohstoffgesetz
mm	Millimeter
Mo	Molybdän
MOE	Mischoxidelektrode
MPa	Megapascal
MUL	Montanuniversität Leoben
MW	Mittelwert
N	Stickstoff
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Natriumcarbonat, Soda
NACE	Nomenclature of economic activities
NaClO <sub>3</sub>	Natriumchlorat
NaCN	Natriumcyanid
NaHCO <sub>3</sub>	Natriumhydrogencarbonat, -bicarbonat
NaHSO <sub>3</sub>	Natriumhydrogensulfit, -bisulfit
NaOCl	Natriumhypochlorit
NaOH	Natronlauge
NF	Nanofiltration
Nges	gesamt Stickstoff
NH <sub>2</sub> CN	Cyanamid
NH <sub>3</sub>	Ammoniak
NH <sup>4+</sup>	Ammoniumion
Ni	Nickel
Ni(OH) <sub>2</sub>	Nickelhydroxid
NiS	Nickelsulfid
Nm <sup>3</sup>	Normkubikmeter
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sup>2-</sup>	Nitrition

$\text{NO}^{3-}$	Nitration
Nr.	Nummer
NTA	Nitrilotriessigsäure
$\text{O}_2$	Sauerstoff
$\text{O}_3$	Ozon
OG	Oberflächengewässer
$\text{OH}^-$	Hydroxylion
ÖNACE	nationale Aktivitätsklassifikation
ÖNORM	österreichische Norm
org.	organisch
$\text{ou}/\text{Nm}^3$	Olfactory units (Geruchseinheiten)
ÖWAV	Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband
Oxid.	Oxidation
P	Phosphor
PAK	polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe
PAK	Aktivkohlepulver
Pb	Blei
$\text{Pb}(\text{OH})_2$	Bleihydroxid
PbS	Bleisulfid
PCB	polychlorierte Biphenyle
PCDD/PCDF	polychlorierte Dibenzo-p-dionine und Dibenzofurane
PCT	polychlorierte Terphenyle
PIE	Platinelektroden
$\text{PO}^{4-}$	Phosphat (berechnet als P)
$\text{PO}_4^{3-}$	Phosphation
POP	persistente organische Schadstoffe
POX	ausblasbare (flüchtige) organische Hologenverbindungen
ppb	parts per billion
ppm	parts per million
PRTR	Pollutant Release and Transfer Register
Red.	Reduktion
RL	Richtlinie
S	Schwefel
$\text{S}^{2-}$	Sulfidion
Sb	Antimon
SBR	sequencing batch reactor
Se	Selen
Sn	Zinn
SNr	Schlüsselnummer
SnS	Zinnsulfid
$\text{SO}_2$	Schwefeldioxid
$\text{SO}_3$	Sulfit
$\text{SO}_3^{2-}$	Sulfition

SO <sub>4</sub>	Sulfat
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Sulfation
STABW	Standardabweichung
SW	Schwellenwerte
SX	Stärkexanthogenat
t/a	Tonne pro Jahr
t/d	Tonne pro Tag
t/h	Tonne pro Stunde
Te	Thallium
TMT 15	Trimercaptotriazin
TOC	Total Organic Carbon
TS	Trockensubstanz
u. ä.	und ähnliche
UASB	Upflow Anaerobic Sludge Blanket
UF	Ultrafiltration
UNECE	United Nations Economic Commission for Europe
UN-Nummer	Stoffnummer, Kennnummer für alle gefährlichen Stoffe und Güter
UO	Umkehrosmose
UV	ultraviolett
UVE	Umweltverträglichkeitserklärung
UVP-G 2000	Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz 2000
V	Vandadium
V.EFB	Verein zur Verleihung des Zertifikates eines Entsorgungsfachbetriebes
vgl.	vergleiche
VO	Verordnung
VOC	Flüchtige organische Verbindungen
Vol-%	Volumprozent
W	Wolfram
WRG	Wasserrechtsgesetz
Z.	Ziffer
z. B.	zum Beispiel
Zn	Zink
ZnS	Zink(II)-sulfid
µg/l	Mikrogramm pro Liter
µm	Mikrometer

## 12.3 Tabellen

Tabelle 1: Emissionsbegrenzungen für CP-Anlagen gemäß AEV Abfallbehandlung .....	27
Tabelle 2: Schwellenwerte für Tagesfrachten gef. Abwasserinhaltsstoffe Anlage B IEV .....	30
Tabelle 3: Ausgewählte Tätigkeiten Anhang 1 EG-PRTR-V .....	32
Tabelle 4: Überblick über PRTR-relevante Emissionen in die Umweltmedien Luft und Wasser von CPO/CPA Anlagen zur Beseitigung/Verwertung von gefährlichen Abfällen .....	33
Tabelle 5: Grenzwerte für Abwässer aus CP-Anlagen (Direkteinleiter) und Abwassermengen, ab denen die PRTR-Schwellenwerte erreicht werden könnten .....	34
Tabelle 6: Grenzwerte für Abwässer aus CP-Anlagen (Indirekteinleiter) und Abwassermengen, ab denen die PRTR-Schwellenwerte erreicht werden könnten .....	35
Tabelle 7: Abwasserinhaltsstoffe (Parameter), die laut Entwurf für CP-Anlagen meldepflichtig sind .....	37
Tabelle 8: gefährliche Abfälle 2007 .....	39
Tabelle 9: Vergleich Primärabfallaufkommen der vier massenmäßig größten gefährlichen Abfallarten in t/a für die Jahre 2002, 2003, 2005 und 2007.....	40
Tabelle 10: In diesem Dokument enthaltene Abfallbehandlungsverfahren.....	52
Tabelle 11: Wirkungsgrade bei der Entwässerung.....	58
Tabelle 12: Daten wichtiger Industriezentrifugen .....	60
Tabelle 13: Auswirkungen verschiedenen Stoffgruppen auf das Trennungsergebnis .....	67
Tabelle 14: Vor- und Nachteile von Eindampfungs- und Destillationsverfahren .....	70
Tabelle 15: Verfahren und zugehörige Einsatzgebiete .....	70
Tabelle 16: Hilfsstoffe bei der Strippung .....	73
Tabelle 17: Vor- und Nachteile der Strippung .....	74
Tabelle 18: Mögliche Behandlungsverfahren für Kondensat und Abluft (Strippung).....	75
Tabelle 19: Mögliche Störungen bei der Ultrafiltration .....	79
Tabelle 20: Vor- und Nachteile der Membrantechnologien .....	81
Tabelle 21: Mögliche Störungen bei der Umkehrosmose.....	85
Tabelle 22: Vor- und Nachteile bei der Umkehrosmose.....	87
Tabelle 23: Erreichbare Emissionswerte/Wirkungsgrade.....	87
Tabelle 24: Hilfsstoffe beim Einsatz der Umkehrosmose .....	88
Tabelle 25: Verwendete Adsorbentien und deren Eigenschaften.....	91
Tabelle 26: Vor- und Nachteile der Adsorption .....	95
Tabelle 27: Vor- und Nachteile der Flotation.....	101

Tabelle 28: Beeinträchtigung des Ionenaustausches.....	103
Tabelle 29: Vor- und Nachteile einer Ionenaustauschanlage.....	107
Tabelle 30: Eingesetzte Chemikalien bei der Fällung.....	111
Tabelle 31: Gegenüberstellung d. Löslichkeitsprodukte v. Metallhydroxiden und -sulfiden .	112
Tabelle 32: Gegenüberstellung der Reduktionsmittel für die Chromatreduktion.....	120
Tabelle 33: Vor- und Nachteile der Chemischen Oxidation.....	122
Tabelle 34: Bevorzugte Oxidationsmittel in der Abwasserbehandlung.....	123
Tabelle 35: Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserbehandlung.....	128
Tabelle 36: Vor- und Nachteile verschiedener Oxidationsmittel für die Cyanidentgiftung....	131
Tabelle 37: Vor- und Nachteile der Nitritoxidation.....	133
Tabelle 38: Verfahrensbedingungen der Nassoxydationsvarianten.....	136
Tabelle 39: Vor- und Nachteile der Nassoxydation.....	138
Tabelle 40: Prozessparameter der aeroben und anaeroben biologischen Behandlung.....	141
Tabelle 41: Hemmende Abwasserinhaltsstoffe für die biologische Behandlung.....	142
Tabelle 42: Abwasserkonzentrationen vor und nach einer biologischen Behandlung.....	147
Tabelle 43: Abscheideleistung und Emissionswert von Elektrofiltern.....	151
Tabelle 44: Verwendete Gewebe für Gewebefilter.....	152
Tabelle 45: Wirkungsgrade bei der Adsorption mit Aktivkohle bzw. Zeolithe.....	153
Tabelle 46: Eigenschaften u. Anwendungsgrenzen von Biofiltern.....	155
Tabelle 47: Emissionswerte und Wirkungsgrade von Biofiltern.....	155
Tabelle 48: Wirkungsgrade von Gaswäschern.....	157
Tabelle 49: Vor- und Nachteile der Gaswäsche.....	158
Tabelle 50: Parameter für die Erstanalyse von Abfällen.....	160
Tabelle 51: Messgrößen für die Identitätskontrolle in CP-Anlagen.....	162
Tabelle 52: Zusammenlagerung von gefährlichen Abfällen.....	166
Tabelle 53: Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren..	170
Tabelle 54: Behandlungskapazitäten nach Bundesländern, Stand 2008.....	183
Tabelle 55: Auflistung der berücksichtigten Importströme.....	190
Tabelle 56: Vorgegebene Schwermetallkonzentrationen in den Abfallfraktionen.....	191
Tabelle 57: Schwermetallkonzentrationen von Filterkuchen.....	192
Tabelle 58: Schwermetallkonzentrationen von Filterkuchen.....	192

Tabelle 59: Schwankungen in den Schwermetallkonzentrationen der beprobten Filterkuchen .....	193
Tabelle 60: Schwermetallkonzentrationen im Altöl.....	194
Tabelle 61: Überprüfte Betriebe mit physikalisch-chemischen Reinigungsanlagen.....	199
Tabelle 62: Auflistung der relevanten Kontrollparameter und Ergebnisse .....	200
Tabelle 63: Emissionsbegrenzungen gemäß § 4 AAEV (Anlage A).....	I
Tabelle 64: Gef. Abwasserinhaltsstoffe mit befristeter Bewilligung (Anlage B AAEV) .....	IV
Tabelle 65: Eigenschaften der Membranfiltration.....	IV
Tabelle 66: Erreichbare Emissionswerte/Wirkungsgrade bei der Strippung .....	V
Tabelle 67: Eliminationsgrad der verschiedenen Adsorptionsmittel .....	VI
Tabelle 68: Eliminationsraten Niederdrucknassoxidation.....	VII
Tabelle 69: Eliminationsraten Hochdrucknassoxidation .....	VII
Tabelle 69: Gefahrenrelevante Eigenschaften der Abfälle .....	VIII
Tabelle 71: Aufkommen an Abfällen in t im Jahr 2007 gegliedert nach Gruppen .....	IX
Tabelle 71: Übersicht über die Behandlungsverfahren am Standort A.....	XXXII

## 12.4 Abbildungen

Abbildung 1: Verwertung und Beseitigung gefährlicher Abfälle 2003.....	42
Abbildung 2: Bandfilterpresse.....	56
Abbildung 3: Kammerfilterpresse.....	57
Abbildung 4: Stoffströme bei der Filtration .....	59
Abbildung 5: Dekanter zur Abscheidung von Feststoffen aus Flüssigkeiten .....	61
Abbildung 6: Dreiphasen-Dekanter.....	62
Abbildung 7: Stoffströme bei der Sedimentation und Zentrifugierung .....	63
Abbildung 8: Darstellung einer Schlammbehandlung .....	64
Abbildung 9: Umlaufverdampfer .....	68
Abbildung 10: Dünnschichtverdampfer .....	69
Abbildung 11: Verfahrenskombination mit Dampfstrippanlage.....	75
Abbildung 12: Trenngrenzen verschiedener Membranverfahren .....	76
Abbildung 13: Trennprinzip Rohrmembran .....	77
Abbildung 14: Schematische Darstellung einer Ultrafiltrationsanlage .....	80

Abbildung 15: Stoffströme bei der Ultrafiltrationsanlage .....	83
Abbildung 16: Ultrafiltration in der Abfallbehandlung .....	83
Abbildung 17: Schematische Darstellung einer Umkehrosmoseanlage mit optionaler Darstellung einer 2. Stufe zur Permeat-Reinigung.....	86
Abbildung 18: Stoffströme bei der Umkehrosmose mit Angaben der Volumenreduktion.....	89
Abbildung 19: Darstellung einer Verfahrenskombination mit Umkehrosmose .....	89
Abbildung 20: Schematischer Aufbau der Adsorption mittels Mischverfahren.....	93
Abbildung 21: Verfahrensschritte von zwei in Reihe geschalteten Adsorptionssäulen .....	93
Abbildung 22: Integration der Adsorption in eine Abfallbehandlung .....	96
Abbildung 23: Modellvorstellung einer Phasengrenzfläche mit Emulgatoren .....	98
Abbildung 24: Druckentspannungsflotation.....	99
Abbildung 25: Einbindung der Flotation in die Abfallbehandlung .....	101
Abbildung 26: Integration eines Ionenaustauschers in die Abfallbehandlung .....	107
Abbildung 27: Darstellung einer Chargenneutralisationsanlage.....	110
Abbildung 28: pH-Wert-Bereiche für die Fällung verschiedener Metalle .....	113
Abbildung 29: Stoffströme bei der Neutralisation .....	116
Abbildung 30: Darstellung einer Verfahrenskombination mit Neutralisation, Fällung und Entgiftung.....	117
Abbildung 31: Schematische Darstellung eines Niederdrucknassoxidiationsverfahrens .....	136
Abbildung 32: Verfahrenskombination mit der Nassoxidation .....	139
Abbildung 33: Konventionelles Belebtschlammverfahren .....	143
Abbildung 34: Fließschema einer Tropfkörperanlage .....	144
Abbildung 35: Tauchkörperanlage .....	144
Abbildung 36: UASB-Reaktor .....	146
Abbildung 37: Stoffströme beim aeroben biologischen Abbau .....	148
Abbildung 38: Abgasbehandlung einer österreichischen CP-Anlage .....	149
Abbildung 39: Annahmeverfahren, generelles Schema .....	161
Abbildung 40: Mögliche Behandlungsschritte einer CP-Anlage für organische Abfälle .....	180
Abbildung 41: Mögliche Behandlungsschritte einer CP-Anlage für anorganische Abfälle ...	182
Abbildung 42: Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich .....	184
Abbildung 43: Verfahrensflißbild CPB-Anlage .....	186
Abbildung 44: Import- und Exportströme der Musteranlage .....	195
Abbildung 45: Import- und Exportströme in das Sub-System der Musteranlage .....	196

Abbildung 46: Stoffstromdarstellung für den Parameter Zn, Sub-System der Musteranlage .....	197
Abbildung 47: Schematischer Aufbau und Wirkungsweise der verwendeten Durchflusszellen .....	202
Abbildung 48: Schematischer Aufbau (links Batch-Betrieb und rechts kontinuierlicher Betrieb) .....	203
Abbildung 49: Schematischer Aufbau der Emulsionsbehandlung in der CP-Anlage .....	204
Abbildung 50: CSB Änderung über die Zeit mit Behandlungsmedium nach Ultrafiltration ...	205
Abbildung 51: CSB-Änderung über die Zeit mit einer Probenvorlage vor Ultrafiltration .....	206
Abbildung 52: CSB-Änderung bei Variation von Stromdichte und Durchfluss mit einer Vorlage nach der biologischen Stufe der CP-Anlage .....	207
Abbildung 53: Lagermatrix.....	X
Abbildung 54: Import- und Exportströme der Musteranlage .....	XI
Abbildung 55: Import- und Exportströme in das Sub-System der Musteranlage .....	XII
Abbildung 56: Stoffstromdarstellung für den Parameter Zn, Sub-System der Musteranlage	XIII
Abbildung 57: Organigramm der Abfallbehandlung MUL .....	XXI
Abbildung 58: Anmeldung im EDM .....	XXII
Abbildung 59: Übersicht des EDM Startportals .....	XXII
Abbildung 60: Identifikation des Unternehmens.....	XXIII
Abbildung 61: Weitergehende Charakterisierung des Unternehmens.....	XXIV
Abbildung 62: Datenfeld Freigeben .....	XXV
Abbildung 63: Meldepflichten des Unternehmens.....	XXV
Abbildung 64: Rolle der Batterien im Unternehmen .....	XXV
Abbildung 65: Übersicht im EDM.....	XXVI
Abbildung 66: Eingabe des Staates und der Postleitzahl.....	XXVI
Abbildung 67: Eingabe der Adresse und des Internetkontaktes .....	XXVII
Abbildung 68: Eingabe des Telefonkontaktes.....	XXVII
Abbildung 69: Festlegen einer Nebenkontaktperson .....	XXVIII
Abbildung 70: Festlegen der Rolle der Nebenkontaktperson .....	XXIX
Abbildung 71: Übersicht der Kontaktpersonen im EDM .....	XXIX
Abbildung 72: Beschreibung des Standortes A.....	XXX
Abbildung 73: Kontaktdaten und Öffnungszeiten des Standortes A.....	XXX
Abbildung 74: Staat und Postleitzahl des Standortes A .....	XXXI

Abbildung 75: Adresse des Standortes A .....	XXXI
Abbildung 76: Festlegen des Grundstücks über die Katastralgemeinde bzw. Grundstücksnummer .....	XXXI
Abbildung 77: Behandlungs- und Verwertungsverfahren am Standort A .....	XXXII
Abbildung 78: Zusammenfassung des Standortes A Seite 1 .....	XXXIII
Abbildung 79: Zusammenfassung des Standortes Seite 2.....	XXXIII
Abbildung 80: Übersicht der Anlagen im EDM vor der Registrierung.....	XXXIV
Abbildung 81: Anlagenbeschreibung für die gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben ..	XXXIV
Abbildung 82: Anlagenstatus der Anlage „Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben“ ....	XXXV
Abbildung 83: Anlagenbeschreibung für die Anlage AB MUA L cp .....	XXXVI
Abbildung 84: Anlagenbeschreibung für die Anlage AB MUA L Batterie.....	XXXVI
Abbildung 85: Anlagenstatus der Anlagen AB MUA L cp und AB MUA L Batterie .....	XXXVII
Abbildung 86: Übersicht der Anlagen im EDM nach der Registrierung .....	XXXVII
Abbildung 87: Unterordnen der Anlagen AB MUA L cp und AB MUA L Batterie .....	XXXVIII
Abbildung 88: Übersicht der Anlagen im EDM nach der Registrierung .....	XXXVIII
Abbildung 89: Zusammenfassung des Standortes A Seite 1 nach der Registrierung.....	XXXIX
Abbildung 90: Berichtseinheitentyp für die Anlage AB MUA L cp.....	XXXIX
Abbildung 91: Abfallbehandlung kategorisiert.....	XL

## Anhang I

Tabelle 63: Emissionsbegrenzungen gemäß § 4 AAEV (Anlage A) [26]

		<b>Spalte I</b>	<b>Spalte II</b>
		<b>Anforderungen an Einleitungen in ein Fließgewässer</b>	<b>Anforderungen an Einleitungen in eine öffentliche Kanalisation</b>
<b>A.1</b>	<b>Allgemeine Parameter</b>		
1.	Temperatur	30 °C	35 °C
2.	Toxizität		
2.1	Algtoxizität $G_A$	a)	-
2.2	Bakterientoxizität $G_L$	a)	-
2.3	Daphnientoxizität $G_D$	a)	-
2.4	Fischtoxizität $G_F$	< 2 b)	-
2.5	Beeinträchtigung der biologischen Abbauvorgänge	-	c)
3.	Abfiltrierbare Stoffe	30 mg/L 50 mg/L bei betrieblichen Abwässern mit vorwiegend ungelösten anorganischen Stoffen	keine Beeinträchtigung des Betriebes von Kanalisations- und Abwasserreinigungsanlagen
4.	Absetzbare Stoffe	0,3 ml/L	10 ml/L oder keine den Kanalisationsbetrieb beeinträchtigende Ablagerungen
5.	pH-Wert	6,5 – 8,5	6,5 – 9,5
<b>A.2</b>	<b>Anorganische Parameter</b>		
6.	Aluminium ber. als Al	2 mg/L	durch absetzbare Stoffe begrenzt
7.	Arsen ber. als As	0,1 mg/L	0,1 mg/L
8.	Barium ber. als Ba	5 mg/L	5 mg/L
9.	Blei ber. als Pb	0,5 mg/L	0,5 mg/L
10.	Cadmium ber. als Cd	0,1 mg/L	0,1 mg/L
11.	Chrom-gesamt ber. als Cr	0,5 mg/L	0,5 mg/L
12.	Chrom-VI ber. als Cr	0,1 mg/L	0,1 mg/L
13.	Cobalt ber. als Co	1,0 mg/L	1,0 mg/L
14.	Eisen als Fe	2,0 mg/L	durch absetzbare Stoffe begrenzt

15.	Kupfer ber. als Cu	0,5 mg/L	0,5 mg/L
16.	Nickel ber. als Ni	0,5 mg/L	0,5 mg/L
17.	Quecksilber ber. als Hg	0,01 mg/L	0,01 mg/L
18.	Silber ber. als Ag	0,1 mg/L	0,1 mg/L
19.	Zink ber. als Zn	2,0 mg/L	2,0 mg/L
20.	Zinn ber. als Sn	2,0 mg/L	2,0 mg/L
21.	Freies Chlor ber. als Cl <sub>2</sub>	0,2 mg/L	0,2 mg/L
22.	Gesamtchlor ber. als Cl <sub>2</sub>	0,2 mg/L	0,4 mg/L
23.	Ammonium ber. als N	10 mg/L	d)
24.	Chlorid ber. als Cl	durch G <sub>A</sub> , G <sub>D</sub> oder G <sub>F</sub> begrenzt	-
25.	Cyanid, leicht freisetzbar, ber. als CN	0,1 mg/L	0,1 mg/L
26.	Fluorid ber. als F	10 mg/L	20 mg/L
27.	Nitrat ber. als N	a)	-
28.	Nitrit ber. als N	1,0 mg/L	10 mg/L
29.	Gesamt-Phosphor ber. als P	2,0 mg/L e)	-
30.	Sulfat ber. als SO <sub>4</sub>	a)	200 mg/L, im Einzelfall nach Baustoffen und Mischungsverhältnissen im Kanal höhere Werte zulässig (ÖNORM B 2503, Sept. 1992)
31.	Sulfid ber. als S	0,1 mg/L	1,0 mg/L
32.	Sulfit ber. als SO <sub>3</sub>	1,0 mg/L	10 mg/L
<b>A.3 Organische Parameter</b>			
33.	Ges. org. geb. Kohlenstoff, TOC ber. als C	25 mg/L	-
34.	Chem. Sauerstoffbedarf, ber. als O <sub>2</sub>	75 mg/L	-
35.	Biochem. Sauerstoffbedarf, BSB <sub>5</sub> , ber. Als O <sub>2</sub>	20 mg/L	-
36.	Adsorb. org. geb. Halogene, (AOX) ber. als Cl	0,5 mg/L	0,5 mg/L
37.	Schwerflüchtige lipophile Stoffe	20 mg/L	100 mg/L

38.	Summe der Kohlenwasserstoffe	10 mg/L	20 mg/L
39.	Ausblasbare org. geb. Halogene (POX) ber. als Cl	0,1 mg/L	0,1 mg/L
40.	Phenolindex	0,1 mg/L	10 mg/L
41.	Summe anionische und nichtionische Tenside	1,0 mg/L	keine nachteilige Beeinflussung des Kanal- und Klärbetriebes
42.	Summe d. flücht. aromat. Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol und Xylole (BTX)	0,1 mg/L	0,1 mg/L
a)	im Bedarfsfall festlegen.		
b)	im Rahmen der Fremdüberwachung gemäß § 7 Abs. 3 bei begründetem Verdacht oder konkretem Hinweis der fließgewässerschädigenden Wirkung einer Abwasserleitung, nicht jedoch im Rahmen der Eigenüberwachung gemäß § 7 Abs. 2 einzusetzen.		
c)	<p>Eine Abwassereinleitung in eine öffentliche Kanalisation darf keine Beeinträchtigungen der biologischen Abbauvorgänge in der öffentlichen Abwasserreinigungsanlage hervorrufen. Eine Beeinträchtigung biologischer Abbauvorgänge ist gegeben, wenn</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. das Abwasser im Sauerstoffverbrauchshemmtest nach ÖNORM EN ISO 8192 Methode B eine Hemmung des Sauerstoffverbrauches von größer als 50 % aufweist oder</li> <li>2. das Abwasser im Nitrifikationshemmtest nach ÖNORM En ISO 9509 eine Hemmung der Nitrifikationsvorgänge von größer als 50 % aufweist.</li> </ol> <p>Liegt bei einem Versuch gemäß Z 1 oder 2 das Versuchsergebnis unter dem jeweils genannten Kriterium, ohne dass der Verdacht der Beeinträchtigung der biologischen Abbauvorgänge in der Abwasserreinigungsanlage ausgeräumt werden kann, so ist mittels Bestätigungstest das Ergebnis des Versuches gemäß Z 1 oder 2 abzusichern. Die Einzelheiten dieses Bestätigungstestes sind vor der Wasserrechtsbehörde unter Berücksichtigung der Gegebenheiten der Abwassereinleitung derart festzulegen, dass Aussagen über die langfristige Beeinträchtigung des Abbauvermögens und der Wachstumsverhältnisse der von der Einleitung betroffenen Biozönose der öffentlichen Abwasserreinigungsanlage gewonnen werden können.</p>		
d)	Im Einzelfall bei Gefahr von Geruchsbelästigungen oder bei Korrosionsgefahr für zementgebundene Werkstoffe im Kanalisations- und Kläranlagenbereich (ÖNORM B 2503, Sept. 1992) festlegen.		
e)	Im Einzugsgebiet von nationalen oder internationalen Seen ist die Anforderung auf wenigstens 1 mg/L zu verschärfen.		

Tabelle 64: Gef. Abwasserinhaltsstoffe mit befristeter Bewilligung (Anlage B AAEV) [26]

Nr.	Parameter	Nr.	Parameter
7	Arsen	20	Zinn
8	Barium	21	Freies Chlor
9	Blei	22	Gesamt-Chlor
10	Cadmium	23	Ammonium
11	Chrom-gesamt	25	Cyanid leicht freisetzbar
12	Chrom-VI	28	Nitrit
13	Cobalt	31	Sulfid
15	Kupfer	36	Adsorb. org. geb. Halogene
16	Nickel	38	Summe der Kohlenwasserstoffe
17	Quecksilber	39	Ausblasb. org. geb. Hologene
18	Silber	40	Phenolindex
19	Zink	42	Summe der flücht. aromatischen Kohlenwasserstoffe Benzol, Toluol und Xylole (BTX)

Tabelle 65: Eigenschaften der Membranfiltration [4]

Parameter	Mikrofiltration	Ultrafiltration	Nanofiltration	Umkehrosrose
Porendurchmesser [µm]	0,1-1	0,001-0,1	0,01-0,001	<0,001
Betriebsdruck [MPa]	0,02-0,5	0,2-1	0,5-3	2-100
Permeatfluss [L/m <sup>2</sup> h]	50-1000	<100	<100	10-35
Querstrom-geschwindigkeit [m/s]	2-6	1-6	1-2	<2
Membrantyp	symmetrische polymere oder keramische, 10-150 µm dick	Polymere oder keramische asymmetrisch	polymer asymmetrisch oder Verbundwerkstoff	polymer asymmetrisch oder Verbundwerkstoff
Membrankonfiguration	spiralförmige Hohlfaser, rohrförmig	spiralförmige Hohlfaser, rohrförmig	spiralförmig, rohrförmig	spiralförmig, rohrförmig

Tabelle 66: Erreichbare Emissionswerte/Wirkungsgrade bei der Strippung [4]

Parameter	Eliminationsgrad [%]		Emissionswert [mg/L]		Bemerkung
	Luft	Dampf	Luft	Dampf	
Ammoniak			<5 <sup>1</sup>		Raffinerie: geringe Zulaufkonzentration und optimale Bedingungen (Beispiel: Sauerwasserstrippung)
		99 <sup>2</sup>		<50 <sup>2</sup>	Zulauf 10 g/L
	>92 <sup>4</sup>		70 <sup>4</sup>		Filtrat aus der Behandlung von Belebtschlamm, Zulauf 500-1200 mg/l, Zulaufmenge 19-24 m <sup>3</sup> /h
NH <sub>4</sub> -N				5 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 1372 mg/L NH <sub>4</sub> -N <sup>a</sup>
Anorganischer Gesamt-N				7 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 1373 mg/L anorganischer Gesamt-N
Flüchtige organische Stoffe	99 <sup>1</sup>				Zulaufmenge 1 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 2 g/L (Dichlormethan, Trichlormethan, Benzol, Toluol, Xylol, Ester, Ether)
Methanol		97			Zulaufmenge 3,4 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 36 g/L
Chlormethan				<1 <sup>1</sup>	Zulaufmenge 6 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 5 g/L
Tetrachlormethan	90-98 <sup>2</sup>				Füllkörperperkolonne, Luft/Wasser 5-35:1
1,2-Dichlorethan	65 <sup>2</sup>				Füllkörperperkolonne, Luft/Wasser 35:1
Trichlorethen	69-92 <sup>2</sup>				Füllkörperperkolonne, Luft/Wasser 4-30:1
	90 <sup>2</sup>				Sprüh-Belüftung
Perchlorethen	95 <sup>2</sup>				Füllkörperperkolonne, Luft/Wasser 5:1
	90 <sup>2</sup>				Sprüh-Belüftung
Methylal		99 <sup>1</sup>			Zulaufmenge 4 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 30 g/L
Kohlenwasserstoffe				1,1 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 98 mg/L Kohlenwasserstoffe
BTX		>99 <sup>1</sup>			Zulauf 400 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 500-1000 mg/L BTX
Schwefelwasserstoff			<20		Raffinerie: Strippung saurer Gase
Merkaptane			<20		Raffinerie: Strippung saurer Gase
Phenole		99-99,6 <sup>5</sup>		50-200 <sup>5</sup>	Zulauf 7-8 m <sup>3</sup> /h, Konzentration 20-40 g/L
				0,1 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 182 mg/L Phenol
Sulfid				0,5 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 1323 mg/L Sulfid
CSB				37 <sup>3</sup>	Raffinerie: 2-stufiges Verfahren, Zulauf 14400 mg/L CSB
<sup>a</sup> gestrippter Ammoniak wird zu einer 10%igen Lösung aufkonzentriert und bei DeNO <sub>x</sub> -Verfahren in anderen Anlagen eingesetzt <sup>1</sup> cww/tm/82 <sup>2</sup> cww/tm/27 <sup>3</sup> cww/tm/149 <sup>4</sup> cww/tm/146 <sup>5</sup> cww/tm/96					

Tabelle 67: Eliminationsgrad der verschiedenen Adsorptionsmittel [4]

Parameter	Eliminationsgrad [%]						Bemerkungen
	GAK	PAK	Braun- kohle	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Harze	Zeolite	
Anorg. Hg	80 <sup>1</sup>						Zulauf 29 µg/L
Org. Hg	80 <sup>1</sup>						niedriger Zulauf
γ-Hexa-chlor- cyclo-hexan	93 <sup>1</sup>						Zulauf 7,7 µg/L
		99 <sup>1</sup>					Zulauf 10 µg/L mit PAK 85 mg/L
DDT	97 <sup>1</sup> -99,9						
Adrin	88-93 <sup>1</sup>						
		90-99 <sup>1</sup>					PAK 5-20 mg/L
Dieldrin	86-98 <sup>1</sup>						
		99 <sup>1</sup> [0,1 µg/L]					Zulauf 10 µg/L mit PAK 126 mg/L
Atrazin	84 <sup>1</sup>						Zulauf 0,61 µg/L
Endrin		<0,1 <sup>1</sup> µg/L					Zulauf 10 µg/L, PAK 70 mg/L
Dichlorvos		99 <sup>1</sup>					
TCB		70-93 <sup>1</sup>					Zulauf 200 µg/L, PAK 20 mg/L
Fenitrothion		99 <sup>1</sup>					
Azinphos- methyl		99 <sup>1</sup>					
Ammoniak						98 <sup>1</sup> [0,5 mg/L]	Zulauf 25 mg/L
CSB	50 <sup>2</sup>						Fließbett, Zulauf 5 g/L
	67-75 <sup>3</sup> [<100 mg/L]						Zulaufkonzentration 300-400 mg/L
Phenole	75 <sup>2</sup>						Fließbett, Zulauf 70 mg/L
	60-80 <sup>3</sup> [1- 2 mg/L]						Zulaufkonzentration 5 mg/L
AOX	>90 <sup>2</sup>						Fließbett, Zulauf 60 mg/L
1 [cww/tm/27] 2 [cww/tm/82] 3 [cww/tm/96]							

Tabelle 68: Eliminationsraten Niederdrucknassoxidation [4]

Parameter	Elimination	Bemerkungen
CSB	60-90 %	z. B.: 85 % Minderung durch Nassoxidation (190 °C, 2 MPa), gefolgt durch 90 % Minderung in der biologischen Klärstufe, insgesamt 98 % CSB-Minderung
	50 %	90 % nach biologischer Behandlung
AOX	60 - >90	Reaktionstemperatur von 190 °C
BSB/CSB	Erhöhung 0,1 auf 0,5	Reaktionstemperatur von 190 °C
Natriumsulfid	< 1 mg/L	anfängliche Konzentration 30 g/L, 160 °C, 0,9 MPa

Tabelle 69: Eliminationsraten Hochdrucknassoxidation [4]

Parameter	Elimination [%]	Bemerkungen
CSB	99	anfängliche Konzentration 30 g/L, 250 °C, 7 MPa
TOC	95	280 °C, 12 MPa
AOX	80	280 °C, 12 MPa
Aromatische Amine	76 – 83	anfänglich TOC 14,6 g/L, pH 1,1-10, 280-300 °C
Stickstoffhaltige Heterozyklen	77 – 92	anfänglich TOC 1,1-14,3 g/L, pH 1,1-10, 280-300 °C
Azo-Verbindungen	97 – 99	anfänglich TOC 13,1 g/L, pH 1,5-10, 280-300 °C
Nitrosulfonsäuren	76 – 84	anfänglich TOC 14,0 g/L, pH 1,5-10, 280-300 °C
Sauerstoffhaltige Heterozyklen	80 – 87	anfänglich TOC 52 g/L, pH 11,5, 280-300 °C
Cl-haltige Sulfonsäuren	90 – 93	anfänglich TOC 3,5 g/L, pH 1,6, 280-300 °C
Aminosulfonsäuren	80 - 88	anfänglich TOC 20-24 g/L, pH 1,4-2,2, 280-300 °C
Aminopolysulfonsäuren	64 – 64	anfänglich TOC 47,6 g/L, pH 0,5, 280-300 °C
Nitro-Verbindungen	93 – 94	anfänglich TOC 6 g/L, pH 9,3, 280-300 °C
Sauerstoffhaltige Verbindungen	75 – 81	anfänglich TOC 9,2 g/L, pH 2,2, 280-300 °C
Mischabwasser	77 – 81	anfänglich TOC 11,4 g/L, pH 1,9, 280-300 °C

Tabelle 70: Gefahrenrelevante Eigenschaften der Abfälle [43]

<b>Gefahrenrelevante Eigenschaften der Abfälle (Anhang III)</b>	
<b>H1</b>	explosiv
<b>H2</b>	brandfördernd
<b>H3-A</b>	leicht entzündbar
<b>H3-B</b>	entzündbar
<b>H4</b>	reizend
<b>H5</b>	gesundheitsschädlich
<b>H6</b>	giftig
<b>H7</b>	krebserzeugend
<b>H8</b>	ätzend
<b>H9</b>	infektiös
<b>H10</b>	teratogen
<b>H11</b>	mutagen
<b>H12</b>	Stoffe und Zubereitungen, die bei der Berührung mit Wasser, Luft oder einer Säure ein giftiges oder sehr giftiges Gas abscheiden
<b>H13</b>	Stoffe und Zubereitungen, die nach einer Beseitigung auf irgendeine Art die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z. B. ein Auslaugprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist
<b>H14</b>	Ökotoxisch – Gefahren für einen oder mehrere Umweltbereiche

Tabelle 71: Aufkommen an Abfällen in t im Jahr 2007 gegliedert nach Gruppen [44]

Gruppenbezeichnungen gemäß ÖNORM S 2100 (2005)		Aufkommen gesamt
11	Nahrungs- und Genussmittelabfälle	836.000
12	Abfälle pflanzlicher und tierischer Fetterzeugnisse	299.000
13	Abfälle aus der Tierhaltung und Schlachtung	331.000
14	Häute und Lederabfälle	119.000
17	Holzabfälle	6.111.000
18	Zellulose-, Papier- und Pappeabfälle	1.665.000
19	Andere Abfälle aus der Verarbeitung und Veredelung tierischer und pflanzlicher Produkte	302.000
31	Abfälle mineralischen Ursprungs (ohne Metallabfälle)	37.871.000
35	Metallabfälle	1.847.000
39	Andere Abfälle mineralischen Ursprungs sowie Abfälle von Veredelungsprozessen	10.000
51	Oxide, Hydroxide, Salzabfälle	115.000
52	Abfälle von Säuren, Laugen, Konzentraten	70.000
53	Abfälle von Pflanzenbehandlungs- und Schädlingsbekämpfungsmitteln sowie von pharmazeutischen Erzeugnissen und Desinfektionsmitteln	< 1.000
54	Abfälle von Mineralöl- und Kohleveredelungsprodukten	1.305.000
55	Abfälle von organischen Lösemitteln, Farben, Lacken, Klebstoffen, Kitten und Harzen	54.000
57	Kunststoff- und Gummiabfälle	611.000
58	Textilabfälle (Natur- und Chemiefaserprodukte)	48.000
59	Andere Abfälle chemischer Umwandlungs- und Syntheseprodukte	22.000
91	Feste Siedlungsabfälle einschließlich ähnlicher Gewerbeabfälle	3.716.000
92	Abfälle zur biologischen Verwertung	1.422.000
94	Abfälle aus Wasseraufbereitung, Abwasserbehandlung und Gewässernutzung	965.000
95	Flüssige Abfälle aus Abfallbehandlungsanlagen	< 1.000
97	Abfälle aus dem medizinischen Bereich	71.000
	Problemstoffe, sonstige Altstoffe aus Haushalten und ähnlichen Einrichtungen, 250 gefährliche Abfälle in Kleinmengen	209.000
	<b>Gesamt (gerundet)</b>	<b>57.999.000</b>

"Lagermatrix" (für die Zwischenlagerung von gefährlichen Abfällen)		LAGERART								
		Tanklager für flüssige Abfälle	Silos, Becken und Schüttboxen für feste, flüssige und pastöse Abfälle	Stückgutlager mit zusätzlichen Lagerbehältnissen						Stückgutlager (lose)
				gasförmige Abfälle		für flüssige Abfälle		feste und pastöse Abfälle		
				Klein(st)mengen	Mengen über ...	Klein(st)mengen	Mengen über ...	Klein(st)mengen	Mengen über ...	
„Gefährlichkeitskategorie“ Eigenschaften (H1 bis H 14) entsprechend Anhang III der Richtlinie des Rates über gefährliche Abfälle vom 12.12.1991 bzw. Abfallverzeichnisverordnung 2003 (EGGBl. II Nr.: 570/2003)	H1: explosiv (E)...*									
	H2: brandfördernd (O)									
	H3-A: leicht entzündbar (F+)...*									
	H3-B: entzündbar (F)...*		★	Spraydosen, sonstige Druckgaspackungen bis maximal 2 [l] je Einzelgebilde (max. 1 x 200 [l])		max. 1 x 50 [l] max. 2 x 200 [l]	⊘	max. 1000 [l]		
	H4: reizend (Xi)									
	H5: gesundheitsschädlich (Xn)									
	H8: ätzend (C)									
	H7: krebserzeugend (T+)									
	H10: teratogen									
	H11: mutagen									
	H6: sehr giftig (T+), giftig (T)									
	H12: Stoffe und Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser, Luft oder einer Säure ein giftiges oder sehr giftiges Gas abscheiden.									
	H9: infektiös...)**									
	H13: Stoffe oder Zubereitungen, die nach einer Beseitigung auf irgendeine Art die Entstehung eines anderen Stoffes bewirken können, z.B. ein Auslaugprodukt, das eine der oben genannten Eigenschaften aufweist.									
H14: ökotoxisch										

...)\* Erstellung eine Explosionsschutzdokuments nach der Verordnung explosionsfähige Atmosphären - VEXAT

...)\*\* Umfüllen NICHT zulässig!

- ...Grundausrüstung
- ...Grundausrüstung (explosionsschutzgeübte Ausführung nach den Vorgaben der Zone 2)
- ...Auffangeinrichtung
- ...Zusätzlicher Explosionsschutz (Explosionsschutzdokument erforderlich)
- ...Besondere Bestimmungen für infektiöse Abfälle
- ...getrennte Lagerung
- ...Lagerung ausgeschlossen
- ...besondere Anforderungen zur Lagerung von explosiven gefährlichen Abfällen
- ...Keine Be- und Entlüftung (Abweichung von der Grundausrüstung)
- ...Besondere Bestimmungen für Löschwasserrückhalteinrichtungen
- ★ ...Brandbeständige Ausführung der Trennwände
- ⚡ ...zusätzliche Anforderungen nach der VbF
- ⊘ ...Mengenbegrenzung aus der VbF

Abbildung 53: Lagermatrix

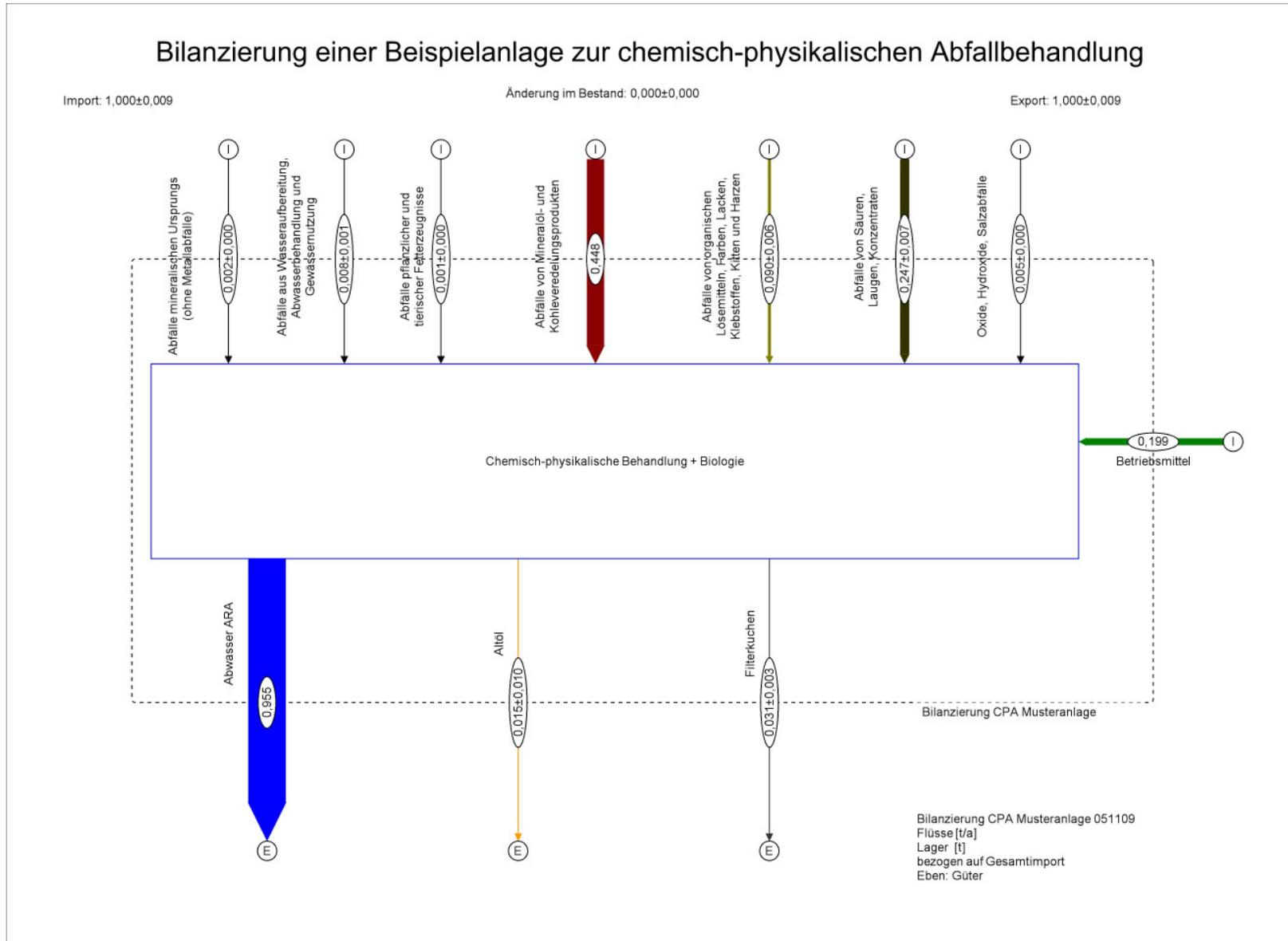


Abbildung 54: Import- und Exportströme der Musteranlage

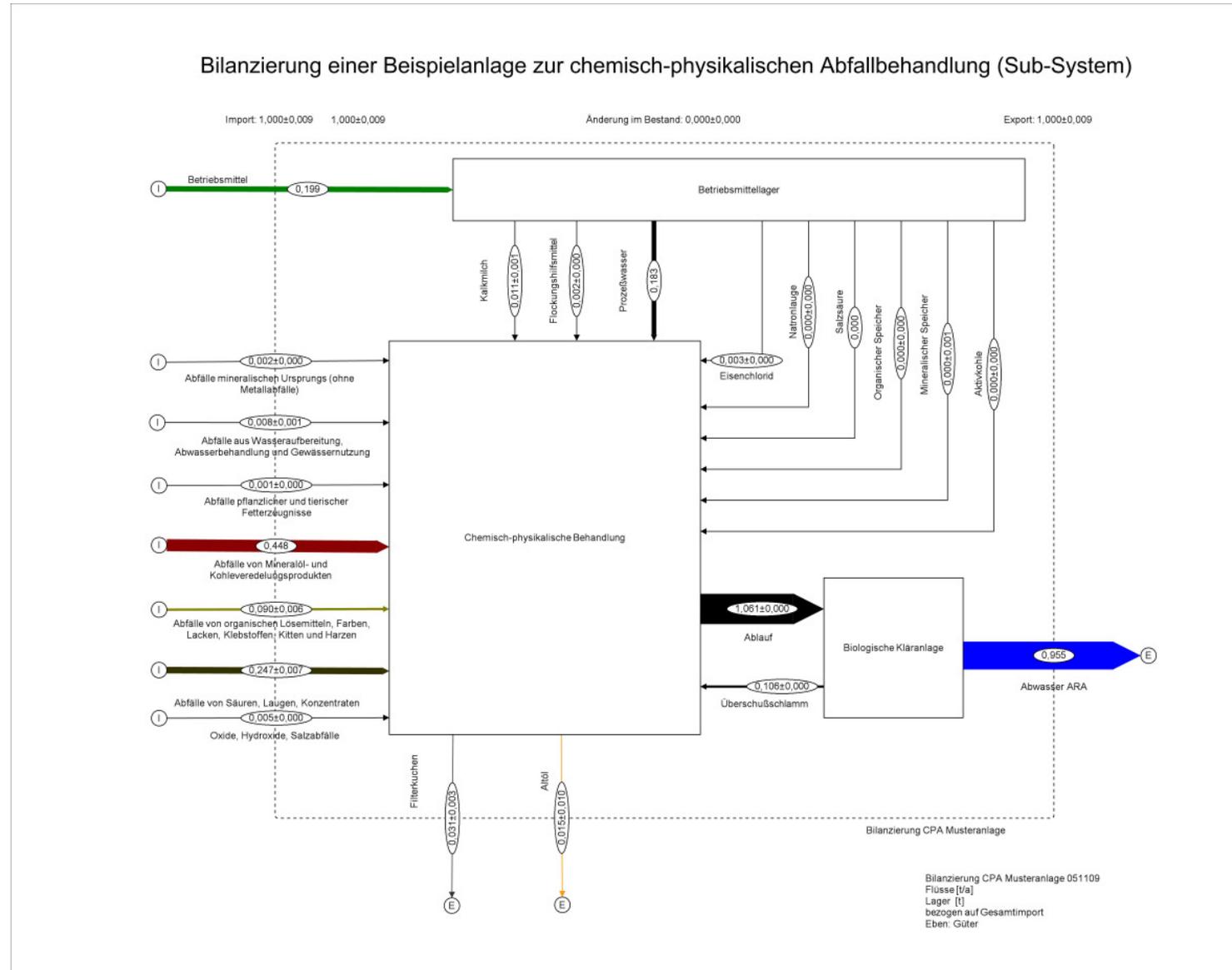


Abbildung 55: Import- und Exportströme in das Sub-System der Musteranlage

Bilanzierung einer Beispielanlage zur chemisch-physikalischen Abfallbehandlung (Sub-System)

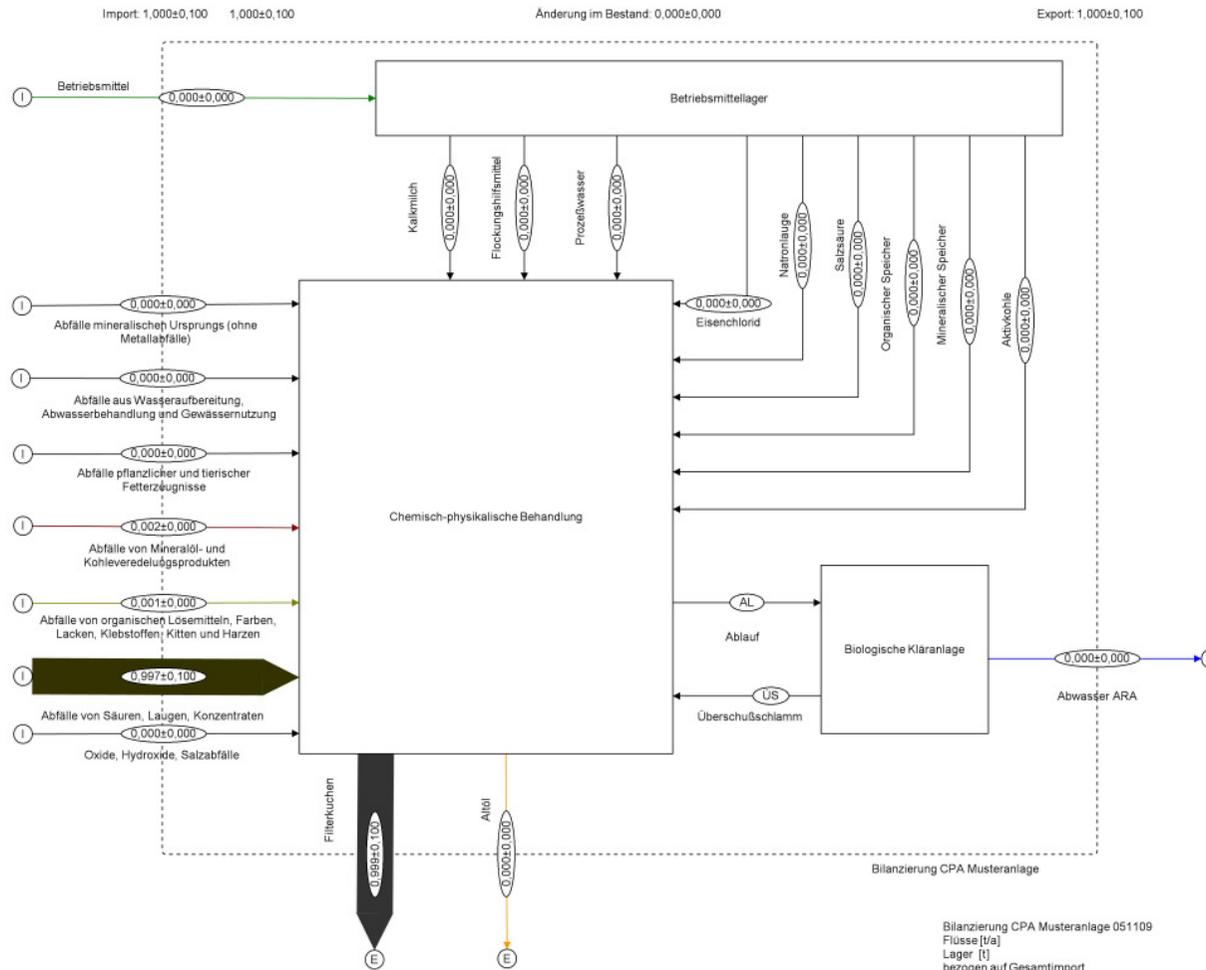


Abbildung 56: Stoffstromdarstellung für den Parameter Zn, Sub-System der Musteranlage

## Anhang II

### Fragebogen zur Erhebung des Standes der Technik in der chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen

#### 1) Allgemein

Anlagenbetreiber		
Anlagenstandort		
Ansprechperson	Name:	
	E-Mail:	Tel.:

Behandlung		Gesamtkapazität [t/a]	Genehmigte Abfallarten
Organisch belastete Abfälle	<input type="checkbox"/>		Bitte übersenden Sie uns eine vollständige Liste Ihrer genehmigten Abfallarten – Schlüsselnummer.
Anorganisch belastete Abfälle	<input type="checkbox"/>		
Kombination	<input type="checkbox"/>		
Sonstige: _____	<input type="checkbox"/>		

Betrieb der Anlage	
Einschichtbetrieb	<input type="checkbox"/>
Mehrschichtbetrieb	<input type="checkbox"/>
Anzahl der Schichten	

Ist Ihre Anlage an die IPPC-Richtlinie angepasst?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
---	-----------------------------	-------------------------------

Die 5 wichtigsten Schlüsselnummern	Schlüsselnummer	Menge [t/a]
Geben Sie hier bitte die 5 mengenmäßig größten Fraktionen in Form ihrer Schlüsselnummer in Prozent oder Menge an.  z. B.: 54102 (Altöle)....1,5 t/a	1)	
	2)	
	3)	
	4)	
	5)	

## 2) Welche Abfallgruppen werden in Ihrer Anlage vorwiegend behandelt?

Abfallgruppen	Behandelte Menge in	
Öl-Wasser-Gemische		Abfallgruppen, die für Ihre Anlage nicht zutreffend sind bitte streichen
Emulsionen		
Sandfanginhalte / Ölabscheider		
Nitrihaltige Abfälle		
Cyanidhaltige Abfälle		
Sonstige alkalische Abfälle		
Chromhaltige Abfälle		
Salpetersäurehaltige Abfälle		
Flusssäurehaltige Abfälle		
Sonstige saure Abfälle		
Komplexbildnerhaltige Abfälle		
Schwermetallhaltige Abfälle		
Abfälle mit organischen		
Sonstige		Prozent- oder Mengenangaben möglich

## 3) Wie erfolgt die Lagerung der angelieferten Abfälle?

Lagerbehälter	
Lagertanks aus Kunststoff	<input type="checkbox"/>
Lagertanks aus Metall	<input type="checkbox"/>
Kunststoffcontainer mit Deckel	<input type="checkbox"/>
Kunststofffässer	<input type="checkbox"/>
Metallfässer	<input type="checkbox"/>
ASP/ASF – Metallcontainer	<input type="checkbox"/>
BBU – Box	<input type="checkbox"/>
Kunststoffbehälter in Metallgitterbox (IBC – Container)	<input type="checkbox"/>
Absetz- oder Abrollcontainer aus Metall mit Klapptüren	<input type="checkbox"/>
Doppelwandige Lagertanks aus Metall	<input type="checkbox"/>

	Lagerkapazität [m <sup>3</sup> ]
Zwischenlager	
Chemikalienlager	
Gesamtes Tanklager	

#### 4) Eingangskontrolle / Analytik

Messverfahren		
Sensorik	pH-Wert	<input type="checkbox"/>
	Leitfähigkeit	<input type="checkbox"/>
	Redox	<input type="checkbox"/>
	TOC-Messgerät	<input type="checkbox"/>
	Sonstige	
Spektroskopie	Flammen-AAS	<input type="checkbox"/>
	Graphitrohr-AAS	<input type="checkbox"/>
	AAS nach Extinktion	<input type="checkbox"/>
Fotometrie	UV / VIS	<input type="checkbox"/>
	IR	<input type="checkbox"/>
Diverse Schnelltests		
GC / MS	HPLC	<input type="checkbox"/>
	ICP-OES	<input type="checkbox"/>
	ICP-MS	<input type="checkbox"/>
	GC	<input type="checkbox"/>
Sonstige Analytik	RFA	<input type="checkbox"/>

#### 5) Behandlungsverfahren Abfälle

Verfahren			Verwendete Chemikalien
Emulsionsspaltung	Chemisch	<input type="checkbox"/>	
	Elektrochemisch	<input type="checkbox"/>	
	Physikalisch	<input type="checkbox"/>	
	Thermisch	<input type="checkbox"/>	
Entgiftung	Reduktion	<input type="checkbox"/>	
	Oxidation	<input type="checkbox"/>	
Neutralisation		<input type="checkbox"/>	
Fällung	Hydroxidfällung	<input type="checkbox"/>	
	Sulfidfällung	<input type="checkbox"/>	
	Organosulfidfällung	<input type="checkbox"/>	
Ionenaustauscher		<input type="checkbox"/>	

Feststoffabtrennung	Sedimentation	<input type="checkbox"/>	
	Filtration	<input type="checkbox"/>	
	Flotation	<input type="checkbox"/>	
	Zentrifuge	<input type="checkbox"/>	
	Schlammrocknung	<input type="checkbox"/>	
Membranverfahren	Mikrofiltration	<input type="checkbox"/>	
	Ultrafiltration	<input type="checkbox"/>	
	Nanofiltration	<input type="checkbox"/>	
	Umkehrosmose	<input type="checkbox"/>	
Sonstige Verfahren			

## 6) Behandlungsverfahren Abwasser

Bestehen Abweichungen zur Abwasseremissionsverordnung bezüglich der Abwassergrenzwerte für Ihre Anlage?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wenn Ja, welche?		

Abwassermenge [m <sup>3</sup> /a]	
-----------------------------------	--

Indirekt Einleiter (Kläranlage)	<input type="checkbox"/>
Direkt Einleiter (Vorfluter)	<input type="checkbox"/>

Behandlungsverfahren		Anmerkungen
Biologische Verfahren	<input type="checkbox"/>	
Oxidation	Nassoxidation	<input type="checkbox"/>
	UV	<input type="checkbox"/>
	Ozon	<input type="checkbox"/>
Umkehrosmose	<input type="checkbox"/>	
Sonstige:	<input type="checkbox"/>	<hr/> <hr/> <hr/> <hr/>

**7) Behandlungsverfahren Abluft**

Verfügt Ihre Anlage über eine Ablufferfassung?	<input type="checkbox"/> Ja	<input type="checkbox"/> Nein
Wenn Ja, wie wird diese umgesetzt?		
Abluftanfall [m³/h]		

Behandlungsverfahren		Anmerkungen
Nasswäscher	<input type="checkbox"/>	
Biofilter	<input type="checkbox"/>	
Aktivkohlefilter	<input type="checkbox"/>	
Thermische Nachverbrennung	<input type="checkbox"/>	
Sonstige:	<input type="checkbox"/>	_____ _____

**8) Rückstände**

Bitte geben Sie in der Spalte Verbringung folgende Ziffern an – Mehrfacheintragungen möglich.

- 1 für Untertagedeponie**
- 2 für Deponie**
- 3 für Thermische Behandlung (Verbrennung)**
- 4 für Verwertung**
- 5 für Verfestigung**
- 6 für Immobilisierung**

Bezeichnung / Herkunft der Rückstände	Menge/Jahr	Verbringung	Nähere Angaben

**9) Sind für Ihre Anlage in den nächsten Jahren Änderungen bezüglich der verwendeten Verfahren geplant?**

**10) Anregungen/Bemerkungen**

## Anhang III

### I Elektronisches Datenmanagement in der Umwelt und Abfallwirtschaft

Laut Information des Lebensministeriums, wird im Rahmen der eGovernment Offensive der Bundesregierung am Aufbau eines elektronischen Datenmanagements gearbeitet. Dabei wird versucht, die Registrierungs- und Meldepflichten auf elektronische Übermittlung und Bearbeitung umzustellen. Neben der Abfallwirtschaft werden auch Meldungen zum Europäischen Schadstofffreisetzungs- und -verbringungsregisters (E-PRTR), zum Emissionszertifikatgesetz (EZG), sowie zur Inverkehrsetzung fluorierter Industriegase (HFKW) berücksichtigt.

Das Zentrum des EDM bildet das elektronische Register für Anlagen- und Personen-Stammdaten (eRAS). Es ermöglicht eine rechtsübergreifende Erfassung der angegebenen Stammdaten und eine strukturierte Abbildung personen- und anlagenbezogener Berechtigungen. [24]

Die Ziele des elektronischen Datenmanagements umfassen dabei laut EDM kompakt:

- „Umsetzen des e-Government: elektronische Übermittlung und unmittelbare Verarbeitung von Anträgen und Meldungen sowie die einmalige Erfassung und Wartung von Stammdaten für alle Bereiche in einem zentralen Register,
- Beitrag zur Verwaltungsreform: einfache Übermittlung von Meldungen und raschere Abwicklung der Bearbeitung über ein zentrales Portal,
- Effiziente Aufgabenerfüllung durch Rationalisierung in Wirtschaft und Verwaltung: erhöhte Datenqualität und unmittelbare Verfügbarkeit der Daten für die zuständigen Behörden, Einsparungen durch Einmalverwaltung der Stammdaten für Unternehmen und einfache und rasche Meldungsabwicklung,
- Zentrale Erfassung und Verwaltung von vielfach genutzten Stammdaten durch verschiedene Behörden: bessere Datenqualität durch Erfassung am Entstehungsort und Anbindung an andere Register (z. B. Firmenbuch), Nutzung durch verschiedene EDM-Bewegungsdatenregister,
- Internationale und nationale Abstimmung: Einbindung von Behörden, Interessenvertretungen von Betroffenen, international genormte Nachrichten und Prozesse durch Mitarbeit in der internationalen Standardisierungsorganisation.“ [22]

Neben dem eRAS wird aber auch ein WebGIS Programm eingerichtet, mit dessen Hilfe man erfasste Anlagen und Betriebseinrichtungen geografisch verorten kann.

## I.1 Registrierung einer Anlage im EDM

Vom Lebensministerium wurde für die Registrierung ein Testzugang zur Verfügung gestellt. Dabei handelt es sich um die EDM-Version: eRAS-8.0.12. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass es sich um eine Testversion handelt und Abweichungen zur endgültigen Benutzerversion auftreten können.

### I.1.1 Firmenbeschreibung „Abfallbehandlung Montanuniversität“

Zur Darstellung des Registrierungsablaufs im EDM wird ein virtuelles Unternehmen „Abfallbehandlung Montanuniversität“ als Beispiel herangezogen, welches gefährliche Abfälle an insgesamt zwei Standorten behandeln soll. Dieses Unternehmen ist auf drei Standorte aufgeteilt und gliedert sich in die zentrale Verwaltung und zwei chemisch-physikalische Behandlungsanlagen. Der zentrale Verwaltungsapparat umfasst die Bereiche Forschung und Entwicklung, Finanzen und Vertrieb und befindet sich in Leoben. Die Abfallbehandlungsanlagen sind aufgeteilt in Standort A und Standort B, welche sich in Leoben bzw. in Feldbach befinden. Hierbei handelt es sich um chemisch-physikalische Behandlungsanlagen, welche sowohl für organische als auch für anorganische Abfälle geeignet sind. Der Standort A in Leoben hat noch ein zusätzliches Lager für Batterien (Sortierung und Lagerung). Für die Registrierung im EDM ist Herr Hannes Menapace verantwortlich, der im Vertrieb tätig ist. Er gilt als Hauptansprechpartner für die Behörde und ist somit als Hauptkontakt zu nennen.

Um sich die Struktur des Unternehmens besser vorstellen zu können, wurde ein Organigramm erstellt, wie in Abbildung 57 dargestellt.

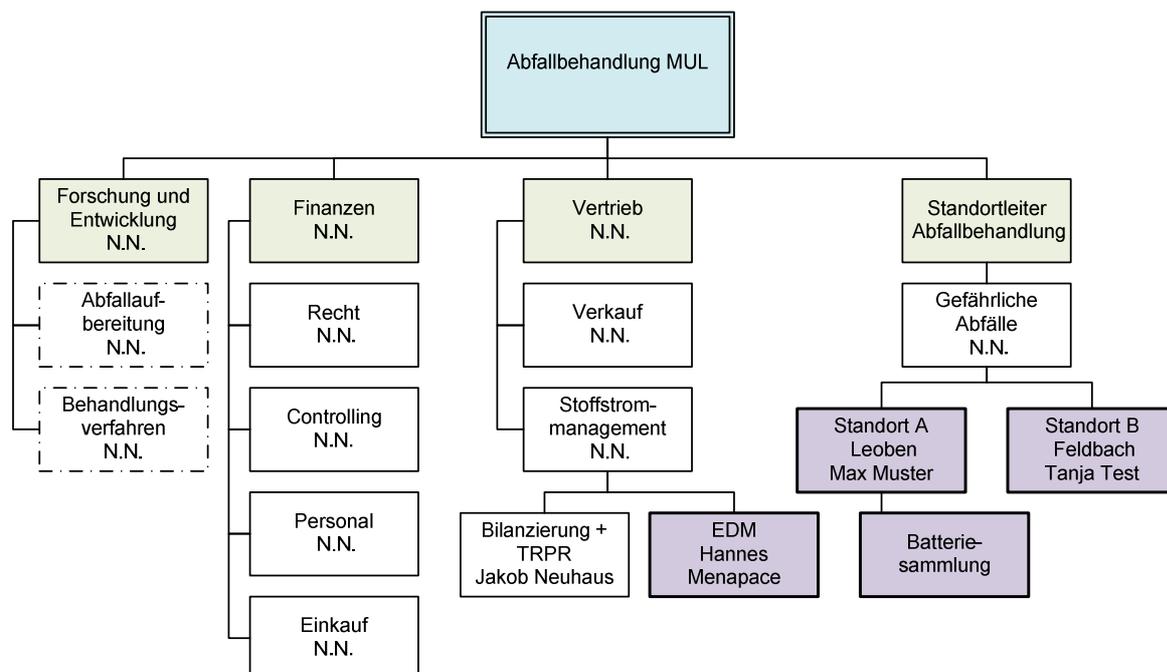


Abbildung 57: Organigramm der Abfallbehandlung MUL

## I.I.II Anmelden und Registrieren der Firma Abfallbehandlung Montanuniversität im EDM – eRAS

Über die Homepage des Umweltbundesamtes erfolgt eine Weiterleitung zum EDM. Als erster Schritt erfolgt die Anmeldung im System als Haupt- oder Nebenbenutzer, wie in Abbildung 58 veranschaulicht.

**Anmelden**

Hier können Sie sich mit Ihrem von der Registrierungsstelle übermittelten Benutzernamen und Passwort anmelden und erhalten damit Zugang zum Stammdatenregister und den weiteren Anwendungen.

Alle Felder für den Zugang als Haupt- oder Nebenbenutzer zum Stammdatenregister und weiteren Anwendungen sind Pflichtfelder und müssen ausgefüllt werden.

Wenn Sie noch keine persönlichen Zugangsdaten haben, dann führen Sie bitte zuerst eine **Registrierung** durch. Haben Sie Ihr Passwort oder Benutzernamen vergessen? Bitte wenden Sie sich an den **EDM-Helpdesk!**

<p><b>Als Hauptbenutzer anmelden</b></p> <p>Hauptbenutzername * <input type="text"/></p> <p>Passwort * <input type="password"/></p> <p style="text-align: center;"><b>Anmelden als Hauptbenutzer</b></p>	<p><b>Als Nebenbenutzer anmelden</b></p> <p>Hauptbenutzername * <input type="text"/></p> <p>Nebenbenutzername * <input type="text"/></p> <p>Passwort * <input type="password"/></p> <p style="text-align: center;"><b>Anmelden als Nebenbenutzer</b></p>
--	--

Abbildung 58: Anmeldung im EDM [23]

Nach erfolgreicher Anmeldung im System erscheint die persönliche Startseite des EDM-Portals. Für die Anlagenregistrierung klickt man auf Stammdatenpflege. Gemäß Abfallwirtschaftsgesetz 2002 müssen alle angegebenen Daten aktuell gehalten werden. Abbildung 59 veranschaulicht die Auswahlmöglichkeiten auf der Startseite.

**Stammdatenpflege**

Erfassung auf Anregung eines S/B

Auswertungen

Meldewesen

- Altfahrzeuge
- HFKW-FKW-SF 6
- eBegleitschein
- eBilanzen
- eBatterien

Benutzer verwalten

Extras

Registerabfrage

Benutzerinformationen

Rechtsgrundlagen und aktuelles Abfallverzeichnis

Informationen zu Anwendungen / Downloads

Zuordnungstabellen

Formular Abfallinformation

Abbildung 59: Übersicht des EDM Startportals [23]

Im nächsten Schritt wird das Unternehmen identifiziert und allgemeine Daten angelegt. Dazu wird eine Personen-GLN bzw. GLN GS1 Nummer verwendet. In der Hilfe zur Stammdatenverwaltung wird jedes Menü und jeder Begriff erklärt. Als Beispiel werden die Begriffe Personen-GLN und GLN GS1 aus der Hilfefunktion im EDM übernommen und angeführt.

Personen-GLN: Die GLN (Global Location Number) dient zur Identifizierung der Organisation. Diese wurde vom BMLFUW zugewiesen und kann nicht verändert werden.

GLN GS1: Falls Sie bereits eine GLN zur Identifizierung Ihrer Anlage verwenden, können Sie diese angeben.

In Abbildung 60 wird mit der Identifikation des Beispielunternehmens „Abfallbehandlung Montanuniversität“ gestartet. Hierbei können nur Pflichtfelder ausgefüllt werden, da keine Firmenbuchnummer, etc. existiert.

Abbildung 60: Identifikation des Unternehmens [23]

Ein Absturz des Computers, des Browsers oder ein Wechseln in einen anderen Ordner des EDM führt zu einem Datenverlust. Es wird daher empfohlen, nach dem Ausfüllen eines Fensters über den Button „Zwischenspeichern“, die Eingaben am Bildschirm abzuspeichern. Mit dem Button „Weiter“ gelangt man in den nächsten Abschnitt der Eingabemaske. Da die Bedienelemente im unteren Abschnitt der Abbildung 60 in jedem Fenster gleich aufgebaut sind, werden sie in den nächsten Abbildungen nicht mehr dargestellt, sondern nur noch mit dem Kommentar Zwischenspeichern und Weiter angeführt.

Das Feld Branche (00.00) bezieht sich auf den 4-stelligen Branchenschlüssel (ÖNACE-Code), der für das Unternehmen von der Statistik Austria GmbH (01/71128-7426) mitgeteilt wurde (Klassifikationsmitteilung). Nach dem Speichern ändert sich das Textfeld Bezeichnung auf den eingegebenen NACE-Code: Behandlung und Beseitigung gefährlicher Abfälle. Mit dem Button „Weiter“ wird das nächste Fenster angezeigt.

**Rollen (Teil 1)**

Bitte markieren Sie alle zutreffenden Angaben (Mehrfachnennungen möglich):

Bitte beachten Sie bei Angabe der Rollen den Hilfetext.

**Registrierungs- oder Aufzeichnungspflicht**

-  Abfall-Sammler oder -Behandler lt. AWG 2002   geprüft (TT.MM.JJJJ)
-  Erlaubnis zur Sammlung gefährlicher Abfälle eingeschränkt auf Problemstoffsammlung
-  Hersteller (einschließlich Importeure) von Elektrogeräten lt. AWG 2002
-  Sonstige Registrierung nach AWG 2002 (z.B. Notifizierender) und anderen Rechtsvorschriften (AltfahrzeugeV, VerpackungsV, BatterienV, EG-K, EZG, ChemG 1996, E-PRTR-BV, ...)

**Registrierungspflicht als Ersterzeuger von gefährlichen Abfällen**

-  Ersterzeuger von gefährlichen Abfällen lt. AWG 2002

**Freiwillige Erfassung**

-  Erlaubnisfreier Rücknehmer
-  Ersterzeuger von nicht gefährlichen Abfällen lt. AWG 2002
-  Gutachter und Aufsichtsorgane

Abbildung 61: Weitergehende Charakterisierung des Unternehmens [23]

Die Beispielanlage „Abfallbehandlung Montanuniversität“ ist eine chemisch-physikalische Behandlungsanlage und sammelt an einem Standort Batterien (Standort A vgl. Abbildung 57). Sie unterliegt daher als Sammler und Behandler gemäß AWG 2002 der Registrierungs- und Aufzeichnungspflicht. Da auf dem Standort A zusätzlich Batterien gesammelt werden, unterliegt die Anlage dem Punkt sonstige Registrierung nach AWG 2002.

#### *Zwischenspeichern und Weiter*

Durch das Auswählen der Option „Sonstige Registrierung“ in Abbildung 61 wird nach dem Klick auf den Button „Weiter“ eine Detailauswahl geöffnet, wie Abbildung 63 veranschaulicht.

Da das Unternehmen noch weitere PRTR Tätigkeiten ausübt, ist diese Option zusätzlich auszuwählen. Wird das Feld ausgewählt und zwischengespeichert, wirft das System sofort eine Fehlermeldung aus. Es wird der Name der Muttergesellschaft gefordert, der im Fenster „Allgemeine Daten“ siehe Abbildung 60 einzugeben ist. In unserem Fall ist die Muttergesellschaft die „Abfallbehandlung Montanuniversität“. Nach Eingabe der entsprechenden Daten wird im Feld „Daten sind noch nicht freigegeben“ mit dem Button „Freigeben“ bestätigt, wie in Abbildung 62 beschrieben.



Abbildung 62: Datenfeld Freigegeben [23]

Rollen (Teil 2)	
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach Elektroaltgeräte-Verordnung (BGBl. II Nr. 121/2005)
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach der Kompost-Verordnung (BGBl. II Nr. 292/2001).Es wird hiermit erklärt, dass dem Vermischungsverbot des § 15 Absatz (2) AWG (BGBl. I Nr. 102/2002, idgF) vollinhaltlich entsprochen wird.
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach AVV (BGBl. II NR.389/2002) oder EG-K (BGBl. I NR.150/2004)
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach HFKW-FKW-SF6-V (BGBl. II NR.447/2002)
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach Verpackungs-Verordnung 1996 (BGBl. II Nr. 364/2006)
<input checked="" type="checkbox"/>	Meldepflichtig nach Batterien-Verordnung (BGBl. II Nr 159/2008)
EZG Rollen	
<input type="checkbox"/>	Inhaber von Anlagen gemäß § 4 Abs. 1 EZG (BGBl I Nr. 46/2004 i.d.g.F.)
PRTR-Rollen	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ich übe zumindest an einem meiner Standorte PRTR-Tätigkeiten aus
EMREG-OW-Rollen	
<input type="checkbox"/>	Registerpflichtig nach EmRegV-OW (BGBl. II Nr. 29/2009)

Abbildung 63: Meldepflichten des Unternehmens [23]

In der Hilfefunktion wird der Punkt: „Meldepflichtig nach Batterienverordnung (BGBl. II Nr. 159/2008)“ folgend erklärt:

- a) "Hersteller" von Batterien nach Maßgabe des § 13a AWG 2002
- b) Sammel- und Verwertungssysteme
- c) Betreiber von Sammelstellen für Batterien
- d) Eigenimporteure
- e) Behandler von Batterien

Für den Standort A der Firma „Abfallbehandlung Montanuniversität“ trifft hier der Punkt c) zu.

*Zwischenspeichern und Weiter*

Die Auswahl ist dann wieder in einem eigenen Fenster zu treffen (Abbildung 64).

Batterien Abfallrollen	
<input type="checkbox"/>	Hersteller von Batterien und/oder Akkumulatoren
<input type="checkbox"/>	Sammel- und Verwertungssystem für Batterien und/oder Akkumulatoren
<input checked="" type="checkbox"/>	Meldepflichtiger gem. § 25 Abs. 2 Batterien VO (Abfallsammler der Batterien von einem Letztverbraucher sammelt, insbesondere Gemeinden oder Gemeindeverbände)
<input type="checkbox"/>	Meldepflichtiger gem. § 25 Abs. 3 Batterien VO (Abfallbehandler, der Batterien behandelt)
<input type="checkbox"/>	Eigenimporteur von Batterien und/oder Akkumulatoren

Abbildung 64: Rolle der Batterien im Unternehmen [23]

Zu unserem ausgewählten Punkt gibt die EDM-Hilfe folgende Erklärung. Meldepflichtiger gemäß § 25 Abs. 2 Batterienverordnung (Abfallbehandler, der Batterien von einem Letztverbraucher übernimmt und diese Geräte nicht dem Hersteller zurückgibt), Abfallsammler ist jede Person, die Abfälle (hier im speziellen Batterien) sammelt. Jeder Abfallsammler (insbesondere Gemeinden und Gemeindeverbände), welcher Batterien von einem Letztverbraucher übernimmt und diese Geräte nicht dem Hersteller zurückgibt, hat für diese Batterien die Meldungen über die Sammlung und Behandlung (§ 25 Abs. 1 Batterienverordnung) an die Koordinierungsstelle im Wege des Registers zu erstatten.

### *Zwischenspeichern und Weiter*

Das nächste Fenster beschäftigt sich mit der Abfallbesitzernummer, welche jedem Ersterzeuger, Sammler oder Behandler von gefährlichen Abfällen vom zuständigen Landeshauptmann zugewiesen wird. Da es sich im gegenständlichen Fallbeispiel um keine real existierende Anlage handelt, wurde dieser Punkt ausgelassen.

Als letzter Punkt öffnet sich das Fenster Kommentar. Hier können zusätzliche Angaben (Kommentare und ggf. Erläuterungen) zu dieser Seitenfolge vermerkt werden. Es wurden von unserer Seite keine Kommentare und Erläuterungen angeführt.

Zur Übersicht wird in Abbildung 65 die Ordnerstruktur im EDM dargestellt.



Abbildung 65: Übersicht im EDM [23]

### **I.I.III Sitz der AB MUL**

In diesem Abschnitt wird die Eintragung des Hauptsitzes des Beispielunternehmens „Abfallbehandlung Montanuniversität“ mit den einzelnen Sektoren Forschung und Entwicklung, Finanzen und Vertrieb behandelt. Dabei handelt es sich um die Beschreibung der Adresse und der Kontaktdaten.

The image shows a screenshot of a form titled 'Land/Postleitzahl' in a green header. Below the header, there are two input fields. The first is 'Staat/Grobauswahl' with a dropdown menu showing 'Österreich'. The second is 'Postleitzahl' with a text input field containing '8700'. Both fields have an information icon (i) to their left.

Abbildung 66: Eingabe des Staates und der Postleitzahl [23]

*Zwischenspeichern und Weiter*

Land/Postleitzahl	
Staat/Grobauswahl *	<input type="text" value="österreich"/>
Postleitzahl *	<input type="text" value="8700"/>
Adresse	
Gemeinde/Ortauswahl *	<input type="text" value="Leoben - Leoben"/>
Bundesland	<input type="text" value="Steiermark"/>
Bezirk	<input type="text" value="Leoben"/>
Straße *	<input type="text" value="Franz-Josef-Straße"/>
Hausnummer	<input type="text" value="18"/>
Block	<input type="text"/>
Stiege	<input type="text"/>
Stockwerk	<input type="text"/>
Tür	<input type="text"/>
Internetkontakt	
E-Mail-Adresse	<input type="text" value="ab_montanuni@test.com"/>
Url	<input type="text"/>

Abbildung 67: Eingabe der Adresse und des Internetkontaktes [23]

*Zwischenspeichern und Weiter*

Telefon/Fax					
Typ *	<input type="text" value="Festnetz (Büro)"/>				
Landes-Vorwahl	<input type="text" value="+43"/>				
Orts-Vorwahl/Netzwerk	<input type="text"/>				
Rufnummer	<input type="text"/>				
Durchwahl	<input type="text"/>				
<input type="button" value="Eingabe hinzufügen"/>					
Typ	Landes-Vorwahl	Orts-Vorwahl/Netzwerk	Rufnummer	Durchwahl	
Festnetz (Büro)	+43	3842	402		 
Fax	+43	3842	402	7702	 

Abbildung 68: Eingabe des Telefonkontaktes [23]

Durch die Funktion „Eingabe hinzufügen“ wird eine Telefonnummer bzw. eine Faxnummer im darunter angeordneten Feld gespeichert (siehe Abbildung 68).

*Zwischenspeichern und Weiter*

Da die Zustellanschrift gleich wie der Hauptsitz der AB MUL ist, wird dieser Punkt nicht näher beschrieben.

## I.I.IV Kontaktpersonen

Als Kontaktperson ist die im Unternehmen zuständige Person gemeint, welche sich mit der Registrierung im EDM befasst. Sie wird als Hauptkontakt vom Umweltbundesamt bei der Erstanmeldung festgelegt und ist selbstständig nicht mehr zu verändern. In unserem Unternehmen ist dies Herr DI Hannes Menapace. Zusätzlich können auch Nebenkontakte eingerichtet werden, denen die jeweiligen Funktionen zugewiesen werden müssen, welche sie innehaben. Je nach zugewiesenen Funktionen muss die Kontaktperson auf diesen Gebieten für Auskünfte und Anfragen seitens der Behörden zur Verfügung stehen.

The screenshot shows a web form titled 'Kontaktperson' with a dropdown menu for 'Kontakttyp' set to 'Nebenkontakt'. The form contains the following fields:

- Anrede: Herr (dropdown)
- Titel: (empty text input)
- Vorname \*: Jakob (text input)
- Weitere Vornamen: (empty text input)
- Vorangestellte Namensteile 1. Familienname: (empty text input)
- Familienname \*: Neuhaus (text input)
- Nachgestellte Namensteile 1. Familienname: (empty text input)
- Vorangestellte Namensteile 2. Familienname: (empty text input)
- 2. Familienname: (empty text input)
- Nachgestellte Namensteile 2. Familienname: (empty text input)

Abbildung 69: Festlegen einer Nebenkontaktperson [23]

Als Nebenkontakt im Fallbeispiel wird Herr Jakob Neuhaus angegeben, der im Unternehmen ebenfalls im Vertrieb beschäftigt ist. Er ist im Stoffstrommanagement für die Bilanzierung zuständig und stuft gefährliche Abfälle aus. Deswegen wird er der Behörde als Ausstufungsverantwortlicher und PRTR-Verantwortlicher bekannt gegeben, wie Abbildung 70 veranschaulicht. Neben dem Ausstufungsverantwortlichen können auch noch folgende Rollen einer Kontaktperson zugewiesen werden.

- EAG-bezogene Angelegenheiten
- EZG-Verantwortlicher
- EE-Verantwortlicher

Rollen einer Kontaktperson

Rolle ⓘ

Eingabe hinzufügen

Rolle	
Ausstufungsverantwortlicher	✎ 🗑
PRTR-Verantwortlicher	✎ 🗑

Abbildung 70: Festlegen der Rolle der Nebenkontaktperson [23]

### *Zwischenspeichern und Weiter*

Für jede Kontaktperson kann man eine entsprechende Kontaktadresse festlegen. Dies erfolgt analog wie bei der Adresseneingabe (siehe Abbildung 66) des Hauptsitzes und wird hier nicht näher beschrieben. Somit hat die Beispielfirma zwei Kontaktpersonen, wie die Übersicht in Abbildung 71 veranschaulicht.



Abbildung 71: Übersicht der Kontaktpersonen im EDM [23]

## **I.I.V Standortbeschreibung für den jeweiligen Standort**

Hier wird der Standort A der Abfallbehandlung MUL beschreiben. Wie schon in Kapitel I.I.I dargelegt, handelt es sich bei diesem Standort um eine chemisch-physikalische Behandlungsanlage mit einer Batteriesammelstelle am selben Standort. Der Name des Standortes lautet „Abfallbehandlung MUA Leoben“ und es gibt eine eigene Adresse.

Standort	
Standort-GLN	<input type="text"/>
GLN GS1	<input type="text"/>
Name *	<input type="text" value="Abfallbehandlung MUA Leoben"/>
Kurzname	<input type="text" value="AB MUA L"/>
Alternativer Name	<input type="text"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Zu diesem Standort gibt es eine Adresse
TNP-Nummer	<input type="text"/>

Art und Ausstattung der Sammelstellen	
Art der EAG-Sammelstelle	<input type="text" value="Keine EAG-Sammelstelle"/>
Ausstattung der EAG-Sammelstelle	<input type="text" value="Keine Ausstattung"/>
Art der Batterien-Sammelstelle	<input type="text" value="Kommunale Sammelstelle"/>
Ausstattung der Batterien-Sammelstelle	<input type="text" value="Vollausstattung"/>

Abbildung 72: Beschreibung des Standortes A [23]

Der Betriebsleiter am Standort Abfallbehandlung MUA Leoben ist Herr Max Mustermann. Kontaktdaten und Öffnungszeiten können in dem nachfolgenden Fenster angegeben werden siehe Abbildung 73.

Kontakt am Standort	
Vorname	<input type="text" value="Max"/>
Familienname	<input type="text" value="Mustermann"/>
Telefon	<input type="text" value="03842402-8888"/>
Fax	<input type="text"/>
E-Mail	<input type="text" value="ab_montanuni_al@test.com"/>

Öffnungszeiten	
Öffnungszeiten	<input type="text"/>

Abbildung 73: Kontaktdaten und Öffnungszeiten des Standortes A [23]

Wie auch bei dem Punkt Sitz der AB MUL durchgeführt, sind auch hier genaue Informationen über den Standort A bekannt zu geben.

**Land/Postleitzahl**

Staat/Grobauswahl \*  ▼

Postleitzahl \*

Abbildung 74: Staat und Postleitzahl des Standortes A [23]

**Land/Postleitzahl**

Staat/Grobauswahl \*  ▼

Postleitzahl \*

**Adresse**

Gemeinde/Ortauswahl \*  ▼

Bundesland  Bezirk

Straße \*

Hausnummer

Block

Stiege

Stockwerk

Tür

Abbildung 75: Adresse des Standortes A [23]

**Grundstücke (bei fehlender Adresse)**

Inhaber von Anlagen gemäß Deponieverordnung 2008, Abfallverbrennungsverordnung, Emissionserklärungsverordnung und E-PRTR Begleitverordnung müssen zusätzlich zur Adresse auch die Grundstücke des Standorts angeben.

Katastralgemeinde

Grundstücksnr.

Abbildung 76: Festlegen des Grundstücks über die Katastralgemeinde bzw. Grundstücksnummer [23]

Dieser Punkt kann vernachlässigt werden, da die Adresse bekannt ist.



Abbildung 77: Behandlungs- und Verwertungsverfahren am Standort A [23]

Behandlungs- und Verwertungsverfahren sind gemäß Abfallnachweisverordnung 2003 einzugeben. Durch Anwählen und Eingabe hinzufügen wird entsprechendes Behandlungs- und Verwertungsverfahren hinzugefügt, wie Abbildung 77 veranschaulicht.

In nachfolgender Tabelle 72 sind alle am Standort A durchgeführten Behandlungsverfahren dargestellt.

Tabelle 72: Übersicht über die Behandlungsverfahren am Standort A

Spalte 1		Spalte 2
<b>D9</b>	Chemisch/physikalische Behandlung, die nicht an anderer Stelle in diesem Anhang beschrieben ist und durch die Endverbindungen oder Gemische entstehen, die mit einem der in D1 bis D12 aufgeführten Verfahren entsorgt werden (z. B. Verdampfen, Trocknen, Kalzinieren)	a) Trennung
		b) CPA-Behandlung
		c) CPO-Behandlung
<b>D15</b>	Lagerung bis zur Anwendung eines der in D1 bis D14 aufgeführten Verfahren (ausgenommen zeitweilige Lagerung – bis zum Einsammeln – auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)	a) Sammlung und Lagerung
		b) Sammlung und Lagerung mit Behandlungsschritt
<b>R3</b>	Verwertung/Rückgewinnung organischer Stoffe, die nicht als Lösemittel verwendet werden (einschließlich der Kompostierung und sonstiger biologischer Umwandlungsverfahren)	j) CPO-Behandlung (chemisch-physikalische Behandlung organischer Stoffe)
<b>R5</b>	Verwertung/Rückgewinnung von anderen anorganischen Stoffen	g) CPA-Behandlung (chemisch-physikalische Behandlung anorganischer Stoffe)
<b>R13</b>	Ansammlung von Abfällen, um sie einem der unter R1 bis R12 aufgeführten zeitweilige Lagerung – bis zum Einsammeln – auf dem Gelände der Entstehung der Abfälle)	a) Sammlung und Lagerung
		b) Sammlung und Lagerung mit Behandlungsschritt

Nach dem Arbeitsschritt „Zwischenspeichern und Weiter“, wird eine Zusammenfassung der eingegebenen Daten angezeigt, um die Eingaben zu kontrollieren und gegebenenfalls zu ändern, wie Abbildung 78 und Abbildung 79 veranschaulichen.

Standort 9008390092071 Abfallbehandlung MUA Leoben			
Name	Abfallbehandlung MUA Leoben		
Adresse	8700 Leoben, Peter Tunner Straße 88		
Kontaktperson			
Name	Max Mustermann		
Telefon	03842402-8888		
Email	ab_montanuni_al@test.com		
Behandlungsverfahren			
	R3 j), R5 g), R13 a), R13 b), D9, D15 a), D15 b)		
Anlagen			
Anlagen-GLN	Name	GIS	Gen.
Keine Daten gefunden.			
<input type="button" value="Anlage verorten"/> <input type="button" value="Anlagen-Lageplan"/> <input type="button" value="in Schreib-Modus wechseln"/> <input type="button" value="Löschen"/> <input type="button" value=" &lt; Zurück"/> <input type="button" value="Weiter &gt;"/> <input type="button" value="Info"/>			
zum Seitenanfang			

Abbildung 78: Zusammenfassung des Standortes A Seite 1 [23]

Standort 9008390092071 Abfallbehandlung MUA Leoben		
Name	Abfallbehandlung MUA Leoben	
Adresse	8700 Leoben, Peter Tunner Straße 88	
Sammelstelle		
Batterien	null	
Öffnungszeiten		
	keine Daten gefunden	
Grundstücke		
KatastralgemeindeNr	Katastralgemeinde-Name	GrundstücksNr
Keine Daten gefunden.		
<input type="button" value="Anlage verorten"/> <input type="button" value="Anlagen-Lageplan"/> <input type="button" value="in Schreib-Modus wechseln"/> <input type="button" value="Löschen"/> <input type="button" value=" &lt; Zurück"/> <input type="button" value="Weiter &gt;"/> <input type="button" value="Info"/>		
zum Seitenanfang		

Abbildung 79: Zusammenfassung des Standortes Seite 2 [23]

Für Änderungen der eingegebenen Daten muss der Button „in Schreib-Modus wechseln“ gedrückt werden.

## I.I.VI Anlagenregistrierung für den Standort Abfallbehandlung Montanuniversität A Leoben

Da in unserem Fall der Standort A der Abfallbehandlung Montanuniversität aus zwei Anlagen besteht, müssen diese nun noch in die Datenmaske eingetragen werden. Dazu muss seitlich die Option „Anlagen [neu]“ ausgewählt werden, wie Abbildung 80 veranschaulicht.



Abbildung 80: Übersicht der Anlagen im EDM vor der Registrierung [23]

Dazu wird eine Anlage „Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben“ registriert. Wie schon beim Sitz der AB MUL ist auch hier die wirtschaftliche Haupttätigkeit in Form des ÖNACE Codes anzugeben, siehe Abbildung 81.

Identifikation	
GLN	<input type="text" value="9008390092088"/>
GLN GS1	<input type="text"/>
Anlage	
Name *	<input type="text" value="Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben"/>
Kurzname	<input type="text" value="Ges. AB MUA L"/>
Alternativer Name	<input type="text"/>
wirtschaftliche Haupttätigkeit	<input type="text" value="38.22"/> Bezeichnung <input type="text" value="Behandlung und Beseitigung gefährlicher Abfälle"/>
PRTR-ID	<input type="text"/>
TNP-Nummer	<input type="text"/>
Ruhend	
Ruhend von	<input type="text"/>
Ruhend bis	<input type="text"/>

Abbildung 81: Anlagenbeschreibung für die gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben [23]

Da diese gesamte Anlage im System als Hauptanlage gespeichert wird, wird diese automatisch als gesamte Betriebsanlage definiert und ist auch nicht mehr zu verändern, siehe Abbildung 82.

Der Anlagenstatus ist auf „in Betrieb“ zu registrieren und das Häkchen vor dem 01.01.2009 wird markiert. Durch den Button „Eintrag hinzufügen“ wird der Anlagenstatus übernommen. Weitere Auswahlmöglichkeiten im Feld „Status“ sind:

- Noch nicht in Bau
- In Bau
- Probetrieb aufgenommen
- Versuchsbetrieb aufgenommen
- Ruhend
- Stillgelegt oder aufgelassen
- Deponie – Vorbereitungsphase
- Deponie – Ablagerungsphase
- Deponie aus Nachsorgephase entlassen
- Deponie – Nachsorgephase (Stilllegungsmaßnahmen kollaudiert)
- Deponie – Nachsorgephase (Stilllegung angezeigt)
- Sonstiges

**Anlagenattribute**

**i** Gesamte Betriebsanlage  
 **i** Wird mit mobilen Anlagen betrieben  
  
**i** Falls es sich bei der konkreten Anlage um eine Deponie handelt - Kennzeichnung als  
  
 **i** kein Deponieaufsichtsorgan bestellt

**rechtlicher Anlagenstatus**

Status	gültig ab	GZ	Anmerkung
Keine Daten gefunden.			

**faktischer Anlagenstatus**

Status **i**   
 Textfeld für Statusauswahl "Sonstiges"  
**i**   
 gültig ab **i**  oder  **i** vor dem 01.01.2009  
  
 Anmerkung **i**

Status	gültig ab	Freigabedatum	Anmerkung	Eintragung durch
in Betrieb	vor dem 01.01.2009	14.07.2009	gelöscht am 28.07.2009 von Menapace Hannes	Menapace Hannes

Abbildung 82: Anlagenstatus der Anlage „Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben“ [23]

Mit „Zwischenspeichern“ wird die Anlage im EDM fixiert.

Die Anlage „Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben“ besteht aus zwei weiteren Anlagenteilen, welche ebenfalls zu registrieren sind. Dazu wird seitlich die Option „Anlagen [neu]“ erneut verwendet, siehe Abbildung 80.

Die zwei Anlagen haben denselben Namen, da es sich um den gleichen Standort handelt. Um sie im EDM unterscheiden zu können, verwenden wir hier andere Kurznamen. Die wirtschaftliche Haupttätigkeit ist ebenfalls zu unterscheiden siehe Abbildung 83 und Abbildung 84.

Identifikation	
GLN	9008390108840
GLN GS1	
Anlage	
Name *	Abfallbehandlung MUA Leoben
Kurzname	AB MUA L cp
Alternativer Name	
wirtschaftliche Haupttätigkeit	38.22
Bezeichnung	Behandlung und Beseitigung gefährlicher Abfälle
PRTR-ID	
TNP-Nummer	
Ruhend	
Ruhend von	
Ruhend bis	

Abbildung 83: Anlagenbeschreibung für die Anlage AB MUA L cp [23]

Identifikation	
GLN	9008390092095
GLN GS1	
Anlage	
Name *	Abfallbehandlung MUA Leoben
Kurzname	AB MUA L Batterie
Alternativer Name	
wirtschaftliche Haupttätigkeit	38.12
Bezeichnung	Sammlung gefährlicher Abfälle
PRTR-ID	
TNP-Nummer	
Ruhend	
Ruhend von	
Ruhend bis	

Abbildung 84: Anlagenbeschreibung für die Anlage AB MUA L Batterie [23]

Da die Anlagen „AB MUA L cp“ und „AB MUA L Batterie“ in den folgenden Schritten der Anlage „Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben“ untergeordnet werden, sind diese nicht als Hauptanlage zu speichern. Der Anlagenstatus ist auf „in Betrieb“ zu registrieren und das Häkchen vor dem 01.01.2009 wird markiert. Durch den Button „Eintrag hinzufügen“ wird der Anlagenstatus übernommen.

**Anlagenattribute**

**i** Gesamte Betriebsanlage  
 **i** Wird mit mobilen Anlagen betrieben  
  
**i** Falls es sich bei der konkreten Anlage um eine Deponie handelt - Kennzeichnung als  
  
 **i** kein Deponieaufsichtsorgan bestellt

**rechtlicher Anlagenstatus**

Status	gültig ab	GZ	Anmerkung
Keine Daten gefunden.			

**faktischer Anlagenstatus**

Status **i**

Textfeld für Statusauswahl "Sonstiges" **i**

gültig ab **i**  oder  **i** vor dem 01.01.2009

Anmerkung **i**

Status	gültig ab	Freigabedatum	Anmerkung	Eintragung durch
in Betrieb	vor dem 01.01.2009	14.07.2009		Menapace Hannes

Abbildung 85: Anlagenstatus der Anlagen AB MUA L cp und AB MUA L Batterie [23]

Nach erfolgreicher Registrierung aller Anlagen im EDM, wird diese als Übersicht, wie in nachfolgender Abbildung 86, im System dargestellt.

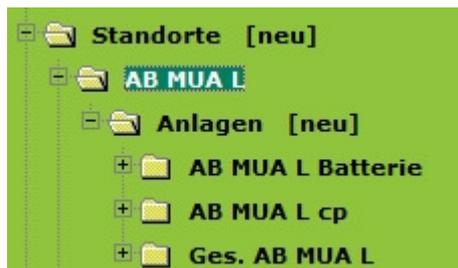


Abbildung 86: Übersicht der Anlagen im EDM nach der Registrierung [23]

Da die Anlagen „AB MUA L cp“ und „AB MUA L Batterie“ aber Teile der „Ges. AB MUA L“ sind, müssen diese noch untergeordnet werden. Dazu wird der Ordner Ges. AB MUA L angewählt und editiert. Man drückt so lange den Button „Weiter“, bis man zum Fenster mit der Überschrift: „Diese Anlage besteht aus folgenden Anlagen:“ gelangt, siehe Abbildung 87.

**Diese Anlage besteht aus folgenden Anlagen:**

Anlagen - GLN 

Einordnen vor: 

**Eingabe hinzufügen**

Anlagen-GLN	Anlage	Sortierung
9008390092095	Abfallbehandlung MUA Leoben	1  
9008390108840	Abfallbehandlung MUA Leoben	2  

Abbildung 87: Unterordnen der Anlagen AB MUA L cp und AB MUA L Batterie [23]

Im Feld „Anlagen – GLN“ wählt man den jeweiligen Anlagenteil aus und bestätigt dies mit dem Button „Eingabe hinzufügen“.

Durch den Befehl „Zwischenspeichern“, müssen die betroffenen Anlagen in der Ordnerstruktur des EDM nochmals angewählt und mit dem Button „Freigeben“, siehe Abbildung 62, bestätigt werden.

Um das Unternehmen zu vervollständigen, muss noch der zweite Standort in Feldbach registriert werden. Dieser Standort ist als chemisch-physikalische Abfallaufbereitungsanlage ausgeführt und wird hier nicht näher beschrieben, da nur ein neuer Standort, wie in Kapitel I.I.V beschrieben, hinzuzufügen ist.

Nach der Eingabe sollte eine Standortstruktur, wie in Abbildung 88 abgebildet, vorliegen.



Abbildung 88: Übersicht der Anlagen im EDM nach der Registrierung [23]

Die ursprüngliche Zusammenfassung des Standortes (Abbildung 78) ändert sich dabei, wie in Abbildung 89 beschrieben.

Standort 9008390092071 Abfallbehandlung MUA Leoben			
Name	Abfallbehandlung MUA Leoben		
Adresse	8700 Leoben, Peter Tunner Straße 88		
Kontaktperson			
Name	Max Mustermann		
Telefon	03842402-8888		
Email	ab_montanuni_al@test.com		
Behandlungsverfahren			
	R3 j), R5 g), R13 a), R13 b), D9, D15 a), D15 b)		
Anlagen			
Anlagen-GLN	Name	GIS	Gen.
9008390092088	Gesamte Abfallbehandlung MUA Leoben	nein	nein
9008390092095	Abfallbehandlung MUA Leoben	nein	nein
9008390108840	Abfallbehandlung MUA Leoben	nein	nein

Abbildung 89: Zusammenfassung des Standortes A Seite 1 nach der Registrierung [23]

Um alles genauestens zu registrieren, wird die Anlage „AB MUA L cp“ nochmals aufgerufen, und solange der Button „Weiter“ betätigt, bis das Fenster „Berichtseinheit“ erscheint. Die Berichtseinheitentypen werden festgelegt und durch den Button „Eingabe hinzufügen“ fixiert. Im Fall der Anlage „AB MUA L cp“ wird der Punkt „Relevante Anlage für Abfallaufzeichnungen und Bilanzen“ ausgewählt.

Abbildung 90: Berichtseinheitentyp für die Anlage AB MUA L cp [23]

### *Zwischenspeichern und Weiter*

Anschließend werden die zutreffenden Anlagentypen und Anlagenteile definiert, siehe dazu im nächsten Fenster den Punkt „Kategorie Abfallbehandlung“. Für unsere virtuelle Anlage sind folgende Punkte relevant:

- Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (C/P-A-Anlage)
- Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (Trocknungsanlage)
- Anlage zur biologischen Behandlung (Anlage zur biologischen Behandlung flüssiger Abfälle)
- Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (C/P-O-Anlage)
- Lager (Lager für gefährliche Abfälle)

Diese Punkte werden ausgewählt und mit dem Button „Übernehmen“ bestätigt. In der Übersicht werden die ausgewählten Anlagentypen dargestellt, siehe Abbildung 91.

Kategorie PRTR Tätigkeiten		
		<input type="button" value="Weitere hinzufügen"/>
Kategorie Abfallbehandlung		
Anlagentyp	Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (C/P-A-Anlage)	
Anlagentyp	Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (Trocknungsanlage)	
Anlagentyp	Anlage zur biologischen Behandlung (Anlage zur biologischen Behandlung flüssiger Abfälle)	
Anlagentyp	Anlage zur chemisch/physikalischen Behandlung (C/P-O-Anlage)	
Anlagentyp	Lager (Lager für gefährliche Abfälle)	
		<input type="button" value="Weitere hinzufügen"/>
Kategorie Abwasserbehandlung		
		<input type="button" value="Weitere hinzufügen"/>
Kategorie EEV		
		<input type="button" value="Weitere hinzufügen"/>
Kategorie Sonstige		
		<input type="button" value="Weitere hinzufügen"/>

Abbildung 91: Abfallbehandlung kategorisiert [23]

Die Beschreibung der Registrierung endet hier. Die Verortung der Anlage mit der WegGis Funktion war in der Testversion noch nicht möglich. In Zukunft sollen aber alle Anlagenteile markiert und, von deren Besitzern, geografisch verortet werden können.

## I.II Ausblick und zukünftige Funktionen im EDM

Das Lebensministerium wird in Zukunft das elektronische Datenmanagement ausbauen und noch zusätzliche Funktionen einbauen:

- eVerbrennung
- Abfallinformationen/eGutachten
- eAuswertungen

Laut EDM kompakt ist der Punkt eVerbrennung folgend definiert:

„In diesem Teilprojekt wird eine Fachapplikation zur elektronischen Übermittlung von Meldungen gemäß Abfallverbrennungsverordnung (AVV) und Emissionsschutzgesetz für Kesselanlagen (EG-K) erstellt. Danach sollen elektronische Emissionserklärungen für AVV- und EG-K Anlagen sowie Prüfberichte nach AVV (aber nicht EG-K) entgegengenommen und Abfragemöglichkeiten für die zuständige Behörde und das BMWA realisiert werden. Noch im Jahr 2006 wird ein Pilotbetrieb gestartet, der Anfang 2007 in einem Regelbetrieb übergeführt wird.“ [22]

Laut EDM kompakt ist der Punkt Abfallinformationen/eGutachten folgend definiert:

„Die grundlegende Charakterisierung und Übereinstimmungsuntersuchung von Abfällen dient der Feststellung und dem Nachweis von Abfallqualitäten. Diese sind das Hauptkriterium für die Abfallzuordnung und die Beurteilung der Zulässigkeit von Behandlungs- und Beseitigungsmaßnahmen, am häufigsten im Zusammenhang mit der Deponierung von Abfällen. In diesem Teilprojekt soll die elektronische Übermittlung von Gutachten erarbeitet und getestet werden, damit eine effiziente elektronische Verarbeitung durch alle Beteiligten (Abfallbesitzer, Anlagenbetreiber wie Deponiebetreiber, Gutachter, Behörde) ermöglicht wird. Begonnen wird mit der elektronischen Übermittlung von Gutachten im Rahmen von Ausstufungsanträgen gefährlicher Abfälle. Mit der Integration elektronischer Gutachten in die bereits im Betrieb befindliche Fachapplikation der Behörde, soll eine deutliche Effizienzsteigerung durch einheitliche und automatisiert auswertbare Gutachten zur Verfügung stehen. Weiters soll eine eigene Software Applikation („eAssistent“) die Möglichkeit bieten, Ergebnisse abfallwirtschaftlicher Untersuchungen, die in Form elektronischer Gutachten vorliegen, zu analysieren und auf Übereinstimmung mit gesetzlichen Regelungen zu prüfen.“ [22]

Der Punkt eAuswertung soll eine genaue Information über das Abfallaufkommen von gefährlichen Abfällen in Österreich ermöglichen. Durch die Erfassung aller Betriebe kann zu jedem Zeitpunkt eine detaillierte Abfrage durch die Behörden stattfinden.



# www.abfallwirtschaft.steiermark.at

Medieninhaber und Herausgeber:

Amt der Steiermärkischen Landesregierung

Fachabteilung 19D

Abfall- und Stoffflusswirtschaft

Fachabteilungsleiter:

Hofrat Dipl.-Ing. Dr. Wilhelm Himmel

Nachhaltigkeitskoordinator Steiermark

Projektbetreuung: Dipl.-Ing Erich Gungl

Bürgergasse 5a, 8010 Graz.

Telefon: (0316) 877-4328

Fax: (0316) 877-2416

E-Mail: fa19d@stmk.gv.at

Druck: FA19D intern

Version: 1

Datum: März 2010

GZ: FA19D 49.03-09/2007-015



WIRTSCHAFTSINITIATIVE  
NACHHALTIGKEIT



[www.abfallwirtschaft.steiermark.at](http://www.abfallwirtschaft.steiermark.at)

[www.nachhaltigkeit.steiermark.at](http://www.nachhaltigkeit.steiermark.at)

[www.win.steiermark.at](http://www.win.steiermark.at)

[www.gscheitfeiern.at](http://www.gscheitfeiern.at)