Axel BEGERT
Patricia DREIER
Walter LEILER
Peter MOSTBAUER
Barbara REITER
Helmut WÖGINGER

Reports

R-138

Grundlagen für eine Technische Anleitung zur chemisch-physikalischen Behandlung von Abfällen

Wien, 1997

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie

Projektleitung

Peter Mostbauer
Barbara Reiter

Autoren

Axel Begert (Institut für Umweltanalytik, Bachmanning)
Patricia Dreier (Umweltbundesamt)
Walter Leiler(Zivilingenieur, Wien)
Peter Mostbauer (Umweltbundesamt)
Barbara Reiter (Umweltbundesamt)
Helmut Wöginger (Umweltbundesamt)

Textbearbeitung

Peter Mostbauer
Michael Gager

Impressum

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, Spittelauer Lände 5, A-1090 Wien

Druck: Riegelnik, 1080 Wien

© Umweltbundesamt, Wien, 1997
Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-361-8

GRUNDLAGEN FÜR EINE TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BEHANDLUNG VON ABFÄLLEN

ZUSAMMENFASSUNG

Der vorliegende Bericht enthält eine Darstellung der Möglichkeiten und Grenzen der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung (Neutralisation, Schwermetallfällung, Entgiftung, Emulsionsspaltung, Verfestigung, Membranverfahren etc.) sowie Vorschläge für die technische Ausstattung und die Betriebsweise der entsprechenden Anlagen bei der externen Abfallbehandlung.

Die wichtigsten Grundsätze, sowie Vorschläge für technische und organisatorische Anforderungen an CP-Anlagen werden auf den folgenden Seiten zusammengefasst.

Als Grundsätze der chemisch-physikalischen Behandlung sollen gelten:

- Die allgemeinen Grundsätze der Abfallwirtschaft gemäß § 1 AWG, welche in jedem Fall zu beachten sind.
- Durch die Behandlung darf es zu keiner nach dem Stand der Technik vermeidbaren Verlagerung der Schadstoffproblematik vom Abfall ins Abwasser kommen.
- Nicht verwertbare Abfälle, die sich aus der Behandlung ergeben, dürfen bei der Ablagerung kein Gefährdungspotential für nachfolgende Generationen darstellen. Dies gilt auch für die Verfestigung der Reststoffe.
- Brennbare Abfälle, die sich aus der Behandlung ergeben (z.B. Altöl) sind in aufkonzentrierter, möglichst heizwertreicher Form thermisch zu behandeln.
- Eine Aufkonzentrierung brennbarer Stoffe kann prinzipiell auch in mobilen Anlagen erreicht werden. In diesem Fall sind dieselben Anforderungen an die Emissionen und deren Kontrolle und Überwachung zu stellen, wie auch bei stationären Anlagen. Da in Frage steht, ob die derzeit verfügbaren Technologien bei der mobilen Behandlung eine der stationären Behandlung vergleichbare Betriebssicherheit und Überwachbarkeit gewährleisten, ist die Behandlung in stationären Anlagen zu bevorzugen.
- Die Trennung in Behandlungsschienen für organische und anorganische Abfälle ist zumindest bis zur Entwässerung der Rückstände aus der Behandlung durchzuführen. Ein Vermischen von Abwässern aus der Behandlung anorganischer Abfälle mit Abwässern aus der Behandlung organischer Abfälle sollte erst unmittelbar vor einer betriebsinternen biologischen Reinigungsstufe zulässig sein.

Für die chemisch-physikalische Behandlung geeignete und nicht geeignete Abfälle

Im vorliegenden Bericht wurden die Abfallarten nach ÖNORM S 2100 (Ausgabe: 1990) den wichtigsten Behandlungsmethoden der chemisch-physikalischen Behandlung zugeordnet. Diese Zuordnungen werden im allgemeinen Gültigkeit besitzen, jedoch für den Einzelfall genau zu prüfen sein.

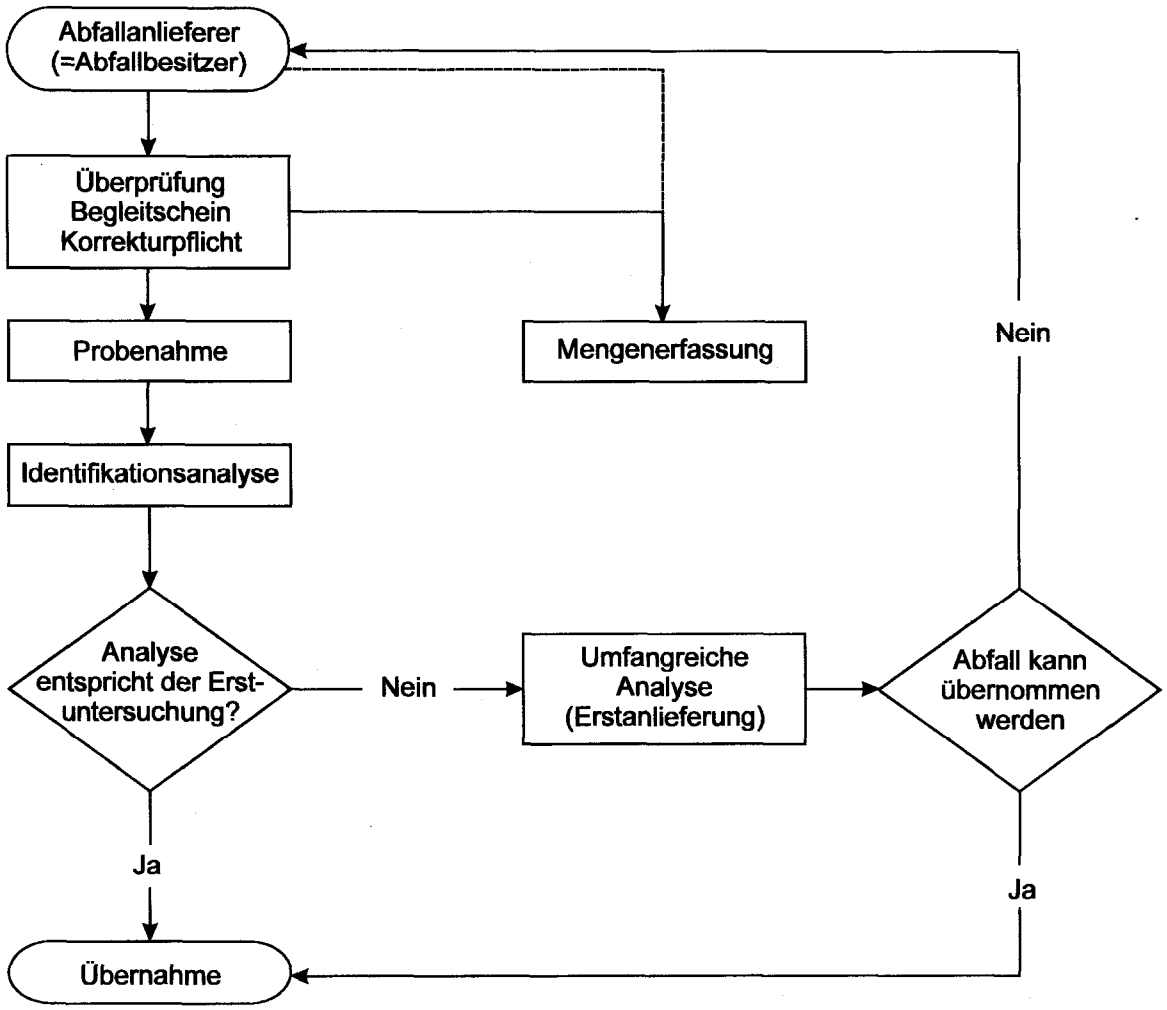
Als Grundlage für eine Entscheidung über die Zuordnung von Abfällen zu CP-Anlagen ist immer eine Erstuntersuchung des Abfalls erforderlich.

Übernahme von Abfällen, Eingangskontrolle

Es ist eine Eingangskontrolle durchzuführen, die Folgendes zu umfassen hat:

- Kontrolle der Begleitscheine (bei gefährlichen Abfällen)
- Mengenerfassung
- Probenahme und Identifikationsanalyse
- Probenteilung und Lagerung von Rückstellproben

Die folgende Abbildung veranschaulicht den Vorgang der Eingangskontrolle:



Zur Eingangskontrolle und Eigenüberwachung des Abwassers muß ein entsprechend ausgestattetes Labor vorhanden sein.

Als Erfordernisse für die Ausstattung des Übernahmebereiches ergeben sich:

- Stauraum und Umkehrflächen für Fahrzeuge, die Abfall anliefern
- Waage
- Probenahmebereich (z.B. unter Dach) mit Abwassererfassung
- Labor
- Lagermöglichkeiten für Rückstellproben

Lagerung von Abfällen

Sämtliche Übernahmebehälter, Stapelbehälter, Reaktionsbehälter und Anlagenteile einer CP-Anlage sollen umhaust (in einer Halle untergebracht) sein. Ausnahmen davon können entsprechend abgedichtete, thermisch isolierte oder doppelwandige Übernahmebehälter für organische Abfälle und Öl-Wasser-Gemische sein.

Als primäres Sicherheitssystem gegen Austritt von Schadstoffen in flüssiger Form sind flüssigkeitsdichte Auffangwannen oder eine flüssigkeitsdichte, doppelwandige Ausführung der Behälter vorzusehen. Zusätzliche sekundäre Abdichtungsmaßnahmen - z.B. Folien unter einer Betondichtung - haben vorwiegend den Zweck, die Funktionstüchtigkeit des primären Dichtungssystemes (der Auffangwannen) kontinuierlich oder in kürzeren, regelmäßigen Zeitabständen zu überprüfen. Zusätzliche sekundäre Abdichtungsmaßnahmen werden vor allem bei der Lagerung von Halogenkohlenwasserstoffen (CKW, FCKW, PCB) empfohlen.

Stapel- und Übernahmebehälter sind chemisch widerstandsfähig gegenüber den aufzunehmenden Abfällen, mit einer Überfüllsicherung und einer Sicherung gegenüber unkontrollierten Reaktionen auszuführen. Unkontrollierte Reaktionen können vor allem beim unbeabsichtigten Vermischen von Abfällen oder Hilfsstoffen in Stapeltanks oder beim Transport auftreten und sind zu vermeiden. Detailliertere Vorschläge für die Ausstattung von Übernahme-, Stapel- und Reaktionbehältern befinden sich in den Abschnitten 7.5 und 7.9 von Teil A.

Abwasser

Zur Begrenzung der Abwasseremissionen liegt derzeit ein Entwurf des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft über Abwasser-Grenzwerte für chemisch-physikalische und mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen vor. Der Titel des Entwurfes lautet (Stand: 17.6.1997):

„Verordnung des BMLF über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung".

Nach §4 Abs.(2) Ziffer 12.2 der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung gelten die allgemeinen Emissionsgrenzwerte der AAEV nur bedingt für die physikalisch-chemische Abfallbehandlung. Der oben genannte Entwurf befindet sich derzeit im Begutachtungsverfahren.

Abluft

Zur Vermeidung von Geruchs- und Schadstoffemissionen sind folgende Anlagenbereiche an eine Ablufterfassung und -behandlung anzuschließen:

A) CPA-Anlage:

Übernahmebehälter
Stapel- bzw. Lagerbehälter
Reaktionsbehälter, Neutralisationsbehälter
Lösestation zur Auflösung fester Abfälle, falls vorhanden
Nachreaktionsbehälter, falls vorhanden
Filterpresse

B) Chemikalienstation (CPA- und oder CPO-Anlage)

Lösebehälter bzw. Lösestation, falls vorhanden
Lagerbehälter
Tagesbehälter
Kalkmilchaufbereitungsbehälter

C) CPO-Anlage:

Übernahmebehälter
Stapel- bzw. Lagerbehälter
Diverse Behälter und Reaktionsbehälters je nach Verfahren, z.B. Konzentrat- und Perkolatbehälter, Durchlaufflotation, Emulsionsspaltung

Bei der Festlegung von Grenz- bzw. Überwachungswerten für die Abluftemissionen wird zu beachten sein, daß durch den chargenweisen Betrieb der Anlage starke, vom Betriebszustand abhängige Schwankungen der Abluftzusammensetzung zu erwarten sind. Weiters kann durch die Notwendigkeit der Einhaltung von maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen eine erhebliche Verdünnung des Abgases bzw. der Abluft gegeben sein. Der Abschnitt 11.8 des vorliegenden Berichtes enthält damit zwar Vorschläge für Grenzwerte, die jedoch aufgrund der genannten Problematik (Schwankungen etc.) und aufgrund der im Abschnitt 12.12 genannten Wissensdefizite durch weitere Messungen, Erhebungen etc. entsprechend abzusichern wären. Wissensdefizite bestehen z.B. bei der Quantifizierung der Abluftzusammensetzung und der Geruchsbelastung der Abluft.

Rückstände aus CP-Anlagen, inklusive verfestigte Abfälle:

Abfälle (Rückstände) aus der chemisch-physikalischen Behandlung sind einer zulässigen Behandlung oder Verwertung zuzuleiten. Die Anforderungen an die Abfälle und dafür erforderlichen Abfalluntersuchungen richten sich nach der jeweiligen Behandlung oder Verwertung.

Heizwertreiche Abfälle (Rückstände), wie z.B. verunreinigte Mineralöle aus der Trennung (Spaltung) von Emulsionen und Öl-Wasser-Gemischen, sind einer thermischen Behandlung zuzuführen.

Für die Ablagerung von Abfällen sind die Bestimmungen der Deponieverordnung, BGBl. Nr. 164/1996 anzuwenden. Dabei sind insbesonders die § 5 „Verbot der Deponierung" genannten Ausschlußkriterien und die im Anhang 1 der Deponieverordnung genannten Grenzwerte einzuhalten. Für Verfestigungsprodukte sind insbesondere die Bestimmungen gemäß § 5, § 6, § 7, § 11 und Anhang 5, Punkt E, zu beachten.

Galvanik- und Metallhydroxidschlämme werden im allgemeinen die Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte der Massenabfalldeponie (Tabelle 7 in Anlage 1); insbesondere die Schwermetallgehalte für Chrom, Zink und Kupfer nicht erfüllen; diese können aber in Einzelfällen bei ausreichender vorangehender Behandlung die Anforderungen an Reststoffdeponien erfüllen. Dies ist in jedem Fall zu überprüfen.

Die Möglichkeit der Verwertung von besonders metallreichen Schlämmen richtet sich nach den Metallmarktpreisen, den zur Verfügung stehenden technisch-metallurgischen Einrichtungen, Kapazitäten und Anlagen und den bei diesen Anlagen erforderlichen Umweltstandards. Nach der derzeitigen Situation sollte vor allem bei besonders Cu-, Pb- und Ni-reichen Schlämmen bzw. Feststoffen und bei edelmetallhältigen Abfällen eine stoffliche Verwertung möglich sein.

Danksagung

Im Rahmen der Erstellung des vorliegenden Berichtes wurden drei Expertengespräche durchgeführt, bei denen über den Stand der Technik in einzelnen Bereichen der chemisch-physikalischen Behandlung diskutiert wurde. An den Beratungen haben unter anderem mitgewirkt:

Ing. K. Brandstetter / Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie,
Fr. DI. Danzer / Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie,
Fr. KR Freudenthaler / Freudenthaler, Inzing,
Hr. MR Dr. Hefler / Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft,
Hr. DI. Himmelfreundpointner / UWEG, Wels,
Hr. DI. Olbrich / AVR GmbH, Wien,
Hr. Dr. Richter / Fa. Rumpold, Trofaiach,
Hr. Dr. Wagner / Fa. Vorwagner, OÖ.

Das Umweltbundesamt dankt allen Teilnehmern der Expertengespräche für ihre aktive Mitarbeit.

TECHNICAL INSTRUCTIONS ON THE PHYSICO-CHEMICAL TREATMENT OF WASTE

SUMMARY

The present report contains a review of the feasibility of chemical treatment of hazardous wastes (neutralisation, precipitation, detoxification, solidification.....) and recommendations on the technical equipment of treatment plants, which externally treat wastes by chemical treatment.

Part A deals with emissions, presenting some proposals for technical standards. Collection and treatment of waste gases and some kind of biological treatment of the effluent (after chemical treatment) seems to be necessary in any case. Limits for HCl, NH_3, Cl_2, ClCN, HCN, VOC and H_2S have been proposed.

Chapter B1 „treatment of inorganic wastes" and B2 „separation of emulsions" present the different treatment techniques available. Advantages and disadvantages of the treatment techniques are discussed. In chapter A7.9 there are some proposals regarding equipment of neutralisation (detoxification) and dewatering units. Demands on the taking over of wastes, storage and storage tanks are described in chapter A7. The need of a controlled take-over and good laboratory equipment is emphasized in this chapter.

Inorganic residues must meet the Austrian standard for landfill disposal. This means inter alia that either heavy metal content or leachability is limited. Organic residues from chemical (or physical) treatment - e.g. oil from emulsion separation - have to be treated by incineration.

Solidification has a special position among chemical treatment of wastes. Therefore a whole chapter (A9) deals with solidification and test criteria for solidified wastes. It has been realised that licences for the technical equipment of solidification plants should be granted from case to case with regard to the specific conditions of the individual plant.

GRUNDLAGEN FÜR EINE TECHNISCHE ANLEITUNG ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BEHANDLUNG VON ABFÄLLEN

GESAMT-INHALTSVERZEICHNIS

Teil A: Grundlagen und Vorschläge für Anforderungen	Teil A Seite Nr.
A1 Grundsätzliches, Begriffsbestimmungen	5
A2 Ziele und Grundsätze	11
A3 Allgemeine Anforderungen an die chemisch-physikalische Abfallbehandlung	14
A4 Relevante Rechtsvorschriften und ÖNORMEN	18
A5 Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zu CP-Anlagen	21
A6 Organisation, Personal, Dokumentation, Arbeitnehmerschutz	34
A7 Gemeinsame Anforderungen CPO / CPA / Lager	51
A8 Anforderungen an die Emulsionsspaltung	93
A9 Immobilisierungsanlagen	95
A10 Abwasser	108
A11 Feste Rückstände	130
A12 Abluft	135

Abkürzungen zu Teil A und Teil B	145

Teil B: Darstellung und Bewertung einzelner Technologien	Teil B Seite Nr.
B1 Behandlung anorganischer Abfälle	B3
B2 Emulsionsspaltung	B28
B3 Beispiel für behandelbare Abfälle	B52
B4 Literatur	B59

Teil A:Grundlagen und Vorschläge für Anforderungen

INHALTSVERZEICHNIS TEIL A

1 GRUNDSÄTZLICHES, BEGRIFFSBESTIMMUNGEN 5
1.1 EINLEITUNG 5
1.2 ZIEL DES VORLIEGENDEN BERICHTES 5
1.3 GELTUNGSBEREICH 5
1.4 BEGRIFF „CHEMISCH-PHYSIKALISCHE BEHANDLUNG (CPB)" 6
1.5 WEITERE BEGRIFFSBESTIMMUNGEN 7
1.5. 1 Arten von CP-Anlagen (CPO/CPA/spezialisierte...) 7
1.5. 2 Stand der Technik 8
1.5. 3 Abfall 8
1.5. 4 Abgrenzung Abfallbehandlung - Abfallsammlung - Transport 8
1.5. 5 Deponie 9
1.5. 6 Emissionen 9
1.5. 7 Abwasser 9
1.5. 8 Emissionsgrenzwert 9
1.5. 9 Emissionsrichtwert 9
1.5.10 Flüssigkeitsdicht 9

2 ZIELE UND GRUNDSÄTZE 11
2.1 ZUMUTBARKEIT DER VERWERTUNG 12
2.2 TRENNUNG DER BEHANDLUNGSSCHIENEN 13

3 ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN DIE CHEMISCH-PHYSIKALISCHE ABFALLBEHANDLUNG 14
3.1 ALLGEMEINE ABFALLRECHTLICHE GRUNDSÄTZE 14
3.2 GASFÖRMIGE EMISSIONEN UND GERUCH 15
3.3 ABWASSERENTSORGUNG, ABDICHTUNG GEGEN DEN UNTERGRUND 15
3.4 ANFORDERUNGEN AN DIE RESTSTOFFE 16
3.5 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN 16
3.6 ARBEITNEHMER(INNEN)SCHUTZ 16
3.7 BRANDSCHUTZ, VORKEHRUNGEN GEGEN STÖRFÄLLE 16
3.8 ZUTRITT UNBEFUGTER 16
3.9 BAUTECHNISCHE ANFORDERUNGEN 17

4 RELEVANTE RECHTSVORSCHRIFTEN UND ÖNORMEN 18

5 KRITERIEN FÜR DIE ZUORDNUNG VON ABFÄLLEN ZU CP-ANLAGEN 21
5.1 EINLEITUNG 21
5.2 INFORMATIONSBLATT 21
5.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ZUORDNUNG VON ABFÄLLEN ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BEHANDLUNGSMETHODEN 22
5.3.1 Methodik 22
5.3.2 Tabelle „Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden" 24
5.4 LITERATUR ZU ABSCHNITT 5 33

6 ORGANISATION, PERSONAL, DOKUMENTATION, ARBEITNEHMERSCHUTZ 34
6.1 BETRIEBSORGANISATION 34
6.2 BETRIEBSPERSONAL 34
6.3 SICHERHEITSANALYSEN, RISIKO- UND UNFALLMANAGEMENT 35
6.4 DOKUMENTATION, INFORMATIONSPFLICHTEN 35
6.4.1 Betriebshandbuch 35
6.4.2 Betriebstagebuch 39
6.4.3 Jahresübersicht 40
6.4.4 Informationsblatt betreffend Übernahme von Abfällen 40
6.5 GESETZLICHE INFORMATIONSPFLICHTEN 41
6.6 NAMHAFTMACHUNG VERANTWORTLICHER PERSONEN 43
6.7 PERSONEN- UND ARBEITNEHMERSCHUTZ 46
6.7.1 Allgemeines 46
6.7.2 Gesetzliche Grundlagen 47
6.7.3 Technischer Arbeitnehmerschutz 47
6.7.4 Persönlicher Arbeitnehmerschutz 48
6.7.5 AUVA-Merkblätter 49

7 GEMEINSAME ANFORDERUNGEN FÜR CPO-, CPA-ANLAGEN UND LAGER . 50
7.1 BEURTEILUNG, ERSTUNTERSUCHUNG 50
7.2 TRANSPORT, BEGLEITSCHEINPFLICHT 50
7.2.1 Begleitscheinpflicht 50
7.2.2 Pflichten des Transporteurs nach dem AWG 51
7.3 UNTERSUCHUNGEN FÜR DIE ZUORDNUNG ZUR CPB, ERSTANALYSE 52
7.4 ÜBERNAHME, EINGANGSKONTROLLEN 53
7.4.1 Allgemeines, Stauraum für Fahrzeuge 53
7.4.2 Eingangskontrolle 54
7.4.3 Überführung in das Lager, Kennzeichnung 58
7.5 LAGER DER CP-ANLAGE 58
7.5.1 Einteilung der Lagerbereiche 59
7.5.2 Ausstattung der einzelnen Lagerbereiche 59
7.6 UMGANG MIT HILFSSTOFFEN, CHEMIKALIEN, BETRIEBSMITTELN 70
7.6.1 Allgemeines, Unfallstatistik 70
7.6.2 Chemikaliengesetz - ChemikalienVO - GiftVO / relevante Bestimmungen 72
7.6.3 Chemikaliengesetzgebung in der EU 75
7.6.4 Hilfsstoffe, die in Österreich Anwendung finden: 77
7.6.5 Arbeitnehmerschutz beim Umgang mit Hilfsstoffen 78
7.6.6 Hinweise und Empfehlungen für den Umgang mit Hilfsstoffen 78
7.7 LABORAUSSTATTUNG 81
7.7.1 Allgemeines 81
7.7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Laborausstattung bei einer CPO-Anlage 82
7.7.3 Zusätzliche Anforderungen an die Laborausstattung bei einer CPA-Anlage 82
7.8 LITERATUR ZU ABSCHNITT 7 85
7.9 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN REAKTIONSTANKS, NACHREAKTIONSTANKS UND AN DIE ENTWÄSSERUNG 86
7.9.1 Behandlungs- und Nachbehandlungskonzept für die Entgiftung, Neutralisation und Fällung 86
7.9.2 Technische Anforderungen an Reaktionstanks und Nachreaktionstanks 87
7.9.3 Technische Anforderungen an die Entwässerung 90

8 ANFORDERUNGEN AN DIE EMULSIONSSPALTUNG 92

9 IMMOBILISIERUNGSANLAGEN 94

9.1 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN 94

9.2 EINTEILUNG DER IMMOBILISIERUNGSVERFAHREN 95

9.3 GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN 97

9.4 ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE ANFORDERUNGEN 99

9.4.1 Ablauforganisation, Kontrollen 99

9.4.2 Dokumentation 100

9.4.3 Technische Anforderungen 101

9.5 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION ZUR IMMOBILISIERUNG 105

9.6 LITERATURLISTE ZU ABSCHNITT 9 105

10 ABWASSER 107

10.1 ALLGEMEINES 107

10.2 KONTROLLBEHÄLTER, NACHBEHANDLUNG VON ABWASSER 108

10.3 GRUNDLAGEN ZUR BEGRENZUNG DER ABWASSEREMISSIONEN DURCH SUMMENPARAMETER 110

10.4 NATIONALE UND INTERNATIONALE GRENZWERTE 113

10.5 DISKUSSIONSBEITRAG ZUR DIREKTEINLEITUNG 119

10.6 DISKUSSIONSBEITRAG ZUR ÜBERWACHUNG DER ABWASSEREMISSIONEN 119

10.7 ANALYSENMETHODEN FÜR ABWASSER 123

10.8 LITERATUR ZU ABSCHNITT 11 127

11 FESTE RÜCKSTÄNDE 128

11.1 ANFORDERUNGEN BEI DER ABLAGERUNG 128

11.2 VERWERTUNG, THERMISCHE BEHANDLUNG, EXTERNE CP-BEHANDLUNG 131

11.3 AUSGANGSKONTROLLE; RÜCKSTELLPROBEN; AUFZEICHNUNGEN 131

11.4 ZUORDNUNG ZUM ABFALLKATALOG UND EINSTUFUNG ALS GEFÄHRLICHER BZW. NICHT GEFÄHRLICHER ABFALL 132

12 ABLUFT 133

12.1 IST-ZUSTAND BEI DEN ANLAGEN IN ÖSTERREICH 133

12.2 ABLUFTERFASSUNG, GRUNDSÄTZE DER ABLUFTREINIGUNG 134

12.3 MÖGLICHKEITEN DER ABLUFTREINIGUNG 135

12.4 OXIDIERENDE GASWÄSCHE MIT OZON 136

12.5 KONTROLLE UND ENTSORGUNG DER WASCHFLÜSSIGKEITEN 137

12.6 ALTERNATIVE (BIOTECHNOLOGISCHE) ABLUFTREINIGUNGS-SYSTEME 137

12.7 GRUNDSÄTZLICHES ZUR BEGRENZUNG VON ABLUFTEMISSIONEN AUS CP-ANLAGEN 139

12.8 RICHTWERTE UND MESSMETHODEN 140

12.9 EMISSIONSKONTROLLEN, BEURTEILUNG DER EMISSIONEN 140

12.10 ABNAHME-MESSUNGEN FÜR ABLUFTREINIGUNGSSYSTEME 140

12.11 KONZENTRATIONEN GESUNDHEITSSCHÄDLICHER ARBEITS-STOFFE 141

12.11.1 Einhaltung der MAK-Werte bei Spitzenbelastungen 142

12.12 WISSENSDEFIZITE ZUR ABLUFT AUS DER CPB 142

1 GRUNDSÄTZLICHES, BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

1.1 EINLEITUNG

In Österreich sind derzeit 21 chemisch-physikalische Behandlungsanlagen für organische und anorganische Abfälle in Betrieb. Bei einer maximalen Behandlungskapazität von insgesamt 190.000 t/a kann die Behandlungskapazität für anorganische Abfälle mit mindestens 25.000 t/a angegeben werden. Die Behandlungskapazität für organische Abfälle ist vom Wasseranteil der Abfälle abhängig, kann aber grob mit ca. 160.000 t/a angegeben werden. Die tatsächlich behandelte Abfallmenge wird auf ungefähr 100.000 t/a geschätzt.

Die chemisch-physikalische Behandlung (abgekürzt: CPB) ist ein wichtiger Teil der Entsorgungskette für gewerbliche und industrielle Abfälle. Als Dienstleistungen der Abfallbehandler sind dabei primär die Übernahme von Abfällen aus Betrieben mittlerer Größe, deren Behandlung bzw. Verwertung, sowie die Behandlung von anorganischen Reststoffen aus anderen Abfallbehandlungsanlagen zu nennen. Große gewerbliche Betriebsanlagen verfügen zumeist über eigene technische Einrichtungen zur Behandlung der (produktionsspezifischen) Abwässer bzw. Abfälle.

1.2 ZIEL DES VORLIEGENDEN BERICHTES

Das Ziel des vorliegenden Berichtes soll die Erarbeitung von Grundlagen zur Formulierung von Mindestanforderungen an die Ausstattung und Betriebsweise von chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen entsprechend dem Stand der Technik sein.

Durch eine umfassende Behandlung des Themenbereiches der chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen beginnend bei der Abfallanlieferung bis zur Entsorgung der Rückstände soll Anlagenbetreibern bzw. öffentlichen Stellen, die mit der Planung oder Genehmigung derartiger Anlagen betraut sind, eine Hilfestellung bei der Entscheidungsfindung gegeben werden.

Im Teil B des Berichtes wurden die Themen „Behandlung anorganischer Abfälle" und „Emulsionsspaltung" etwas ausführlicher dargestellt, um für die Leser dieses Berichtes gleichzeitig mit Vorschlägen für Mindestanforderungen auch eine Beschreibung der Möglichkeiten der Behandlungstechnik zur Verfügung zu stellen.

1.3 GELTUNGSBEREICH

Die genannten technischen und organisatorischen Anforderungen sind abschnittsweise auch auf alleinige Abfallsammler anwendbar bzw. sinngemäß anzuwenden. Weiters wird keine Unterscheidung nach mobilen und stationären Anlagen getroffen.

Für die Verfestigung bzw. Immobilisierung von Abfällen wurden eigene Anforderungsprofile erarbeitet, die in einem eigenen Abschnitt präsentiert werden (Abschnitt 9). Diesbezüglich ist jedoch auf die in Erarbeitung befindlichen Normen zur Prüfung von verfestigten Abfällen hinzuweisen (ÖN-Normenserie S 2116).

Technische Standards bzw. Vorschläge für ganz spezielle Anwendungsfälle, also für die sogenannten „spezialisierten CP-Anlagen" (siehe Begriffsbestimmungen), konnten im Rahmen dieses Berichtes nicht erarbeitet werden.

Begriff „chemisch-physikalische Behandlung (CPB)"

Man gelangt zu einer Begriffsbestimmung für den Begriff „chemisch-physikalische Behandlung", indem man die gemeinsamen Merkmale der Prozesse (Methoden) der CPB beschreibt. Dabei sind folgende Prozesse (Methoden) in Betracht zu ziehen:

Entwässerung, Trocknung	Elektrodialyse	Fällung
Eindampfung	Extraktion	Neutralisation
Schwerkraft-Abscheidung	Waschprozesse, „Laugung"	Oxidation (Normaldruck)
Destillation	Adsorption	Reduktion
Umkehrosmose	Emulsionsspaltung	Zementation
Mikrofiltration	Ionenaustausch	Elektrolyse
Nanofiltration	Strippung	
Flotation	Verfestigung, Immobilisierung	

Die gemeinsamen Merkmale sind:

a) Es handelt sich um keine biologischen Behandlungsmethoden, obwohl es durchaus vorkommt, daß biologische Behandlungsschritte in Kombination mit der CPB angewendet werden.

b) Verbrennung, Pyrolyse, und vergleichbare Prozesse mit „hohen" Temperaturen gehören nicht zum Begriff CPB. Als mögliche Grenze für eine naturwissenschaftlich ausgerichtete Definition wäre hierbei die kritische Temperatur des Wassers (376^{O}C) zu nennen.

c) Es tritt eine Stofftrennung oder (chemische) Stoffumwandlung oder eine Immobilisierung ein.

Diese Überlegungen würde zu einer Begriffsbestimmung führen, bei der rein mechanische bzw. rein physikalische Prozesse, die keine Stofftrennung bewirken, wie z.B. Zerkleinerung, Siebung und Homogenisierung, nicht dem Begriff „chemisch-physikalische Behandlung" zuzuordnen sind.

In der Rahmenrichtlinie (Richtlinie über Abfälle) der Europäischen Gemeinschaft wurde die chemisch-physikalische Behandlung nicht näher definiert (Stand: 1996). Die CPB wurde jedoch in der Liste der „Beseitigungsverfahren" neben anderen Behandlungsverfahren, wie z.B. Verbrennung, und neben einer sogenannten „Rekonditionierung", erwähnt.

In der ÖNORM S 2100 (Ausgabe 1997) wird die CPB und Konditionierung folgendermaßen definiert:

„Chemisch-physikalische Behandlung: Behandlung des Abfalls mit chemischen und/oder physikalischen Methoden mit dem Zweck, seine chemischen, physikalischen, biologischen Eigenschaften zu verändern. Beispiele dafür sind: neutralisieren, fällen, extrahieren, oxidieren, verfestigen, desinfizieren, sortieren, eindampfen, trocknen, destillieren, sintern, schmelzen, verglasen.

Konditionierung: Vorbehandlung des Abfalls. Unter Konditionierung versteht man chemische und/oder physikalische oder biologische Verfahren, die dazu dienen, einen Abfall für eine bestimmte Behandlung (C/P, BB, TB, D) geeignet zu machen. Beispiele dafür sind: entwässern, staubfrei machen, befeuchten, verpacken, zerkleinern, sortieren.

In der vorliegenden Publikation wird der obige Begriff für CPB übernommen. Es muß jedoch darauf hingewiesen werden, daß die Begiffe „Konditionierung" und „Behandlung" in der

ÖNORM S 2100/A1 nicht als komplementäre, eindeutig getrennte Begriffe verstanden werden. Somit ist eine gewisse Unschärfe auch beim Begriff CPB vorhanden, sodaß letzten Endes wieder im Einzelfall entschieden werden kann, ob eine Form der Behandlung als CPB anzusprechen ist oder nicht.

1.4 WEITERE BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Im vorliegenden Abschnitt und im Abschnitt 1.5.2 werden die wichtigsten Begriffsbestimmungen wiedergegeben. Dabei wurden die in Rechtsvorschriften und Normen bereits vorhandenen Definitionen weitgehend übernommen bzw. zitiert. Die einzelnen Behandlungsmethoden, wie Adsorption, Neutralisation etc. werden im Abschnitt 5 „Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zu CP-Anlagen" umschrieben.

1.4.1 Arten von CP-Anlagen (CPO / CPA / spezialisierte...)

Diese Studie unterscheidet:

CPO-Anlagen

CPA-Anlagen

Immobilisierungsanlagen

spezialisierte CP-Anlagen

CPO-Anlagen sind Anlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung (CPB) organischer Abfälle, wie Öl-Wasser-Gemischen, Öl-Wasser-Feststoff-Gemischen, lösemittelhältiger Abfälle, Emulsionen etc.

CPA-Anlagen sind Anlagen zur CPB anorganischer, vorwiegend flüssiger und/oder schlammiger Abfälle, wie Säuren, Cyanidlösungen, Metallsalzlösungen, nicht ausreichend entwässerter oder entgifteter Metallhydroxidschlämme etc.

Anmerkung: Anlagenteile von kombinierten CPA-CPO-Anlagen sind derzeit noch in einigen Anlagen als gemeinsame Einrichtungen für die CPO- und die CPA-Anlage vorhanden (z.B. gemeinsamer Lagerraum). Für die Zukunft ist eine Entflechtung der beiden Behandlungsstränge anzustreben.

Immobilisierungsanlagen sind Anlagen zur Immobilisierung (Verfestigung oder sonstige Immobilisierung) von Abfällen.

Spezialisierte CP-Anlagen sind Anlagen, die nur wenige Abfallarten mit chemisch-physikalischen Methoden behandeln, wie z.B.:

Anlagen zur Behandlung bzw. Verwertung von Leuchtstoffröhren

Anlagen zur Eindampfung von Fotochemikalien

Anlagen zur Behandlung von Sickerwasser aus Deponien

Waschanlagen für kontaminierte Böden und teerhältigen Straßenaufbruch

Anlagen zur rein mechanischen Behandlung von festen Abfällen, z.B. Zerkleinerungsanlagen oder die Bauschutt-Aufbereitung, wie auch Anlagen zur mechanisch-biologischen Behandlung fallen nicht unter die genannten vier Kategorien, d.h. sind nicht als CP-Anlagen anzusprechen. Wie bereits erwähnt, können in CP-Anlagen aber neben chemisch-physikalischen ergänzend auch biologische Verfahrensschritte vorhanden sein.

1.4.2 Stand der Technik

Die österreichische Gesetzgebung (Gewerbeordnung 1994, BGBl. Nr.1994/194, Lufttreinhaltegesetz für Kesselanlagen 1988, BGBl. Nr. 380/1988 § 2 Abs.2), Wasserrechtsgesetz § 12 a (BGBl. 1959/215 idF. BGBl. 1993/185) definiert den Stand der Technik als „auf den einschlägigen wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhende Entwicklungsstand fortschrittlicher technologischer Verfahren, Einrichtungen *Bau-* und Betriebsweisen, deren Funktionstüchtigkeit erprobt und erwiesen ist. Bei der Bestimmung des Standes der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder *Bau-* und Betriebsweisen heranzuziehen." (Betriebsweisen ist im WRG durch Bauweisen ergänzt).

1.4.3 Abfall

Abfälle im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes § 2 sind „bewegliche Sachen,

1. deren sich der Eigentümer oder Inhaber entledigen will oder entledigt hat, oder

2. deren Erfassung und Behandlung als Abfall im öffentlichen Interesse (§1 Abs.3) geboten ist.

Die Erfassung und Behandlung im Sinne dieses Bundesgesetzes kann auch dann geboten sein, wenn für eine bewegliche Sache ein Entgelt erzielt werden kann.".

In der ÖNORM S 2100 vom 1.März 1990 „Abfallkatalog", werden Hinweise für die mögliche Behandlung von Abfällen, die nach Schlüsselnummern aufgelistet sind, gegeben. Abfall wird in dieser ÖNORM folgendermaßen definiert: „Stoffe, deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Behandlung durch besondere Vorschriften geregelt ist."

1.4.4 Abgrenzung Abfallbehandlung - Abfallsammlung - Transport

Abfallsammler (Altölsammler) im Sinne des AWG ist *„wer Abfälle (Altöle) abholt oder entgegennimmt."*

Abfallsammlung bedeutet auch daß der Abfall die Schlüsselnummer nicht ändert. Für gefährliche Abfälle und Altöle besteht eine Pflicht zur getrennten Sammlung und ein Vermischungsverbot (AWG § 11).

Nach ÖNORM S 2100 (1990) bleibt auch bei einer Konditionierung (K) die Schlüsselnummer des Abfalls gleich. Konditionierung wird als „Vorbehandlung des Abfalls für das jeweilige Behandlungsverfahren oder für die Deponierung" verstanden. Eine Behandlung zeichnet sich dadurch aus, daß die Abfalleigenschaften verändert werden. Damit wird in der Regel auch die Schlüsselnummer des Abfalls verändert.

Abfallbehandler (Altölverwerter) im Sinne des AWG ist: *„wer Abfälle (Altöle) verwertet, ablagert oder sonst behandelt."*

Die Abgrenzung der Lagerung von Abfällen vom Abfalltransport ist mitunter schwierig. Vereinfacht gesprochen sollen „Pausen" beim Transport nicht als Lagerung angerechnet werden. Auf diese Art wird auch in den deutschen „Technischen Regeln 514 - Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern" eine Abgrenzung zwischen Transport und Lagerung getroffen.

1.4.5 Deponie

Eine Deponie ist eine Anlage zur langfristigen Ablagerung von Abfällen.

Nach dem Abfallwirtschaftsgesetz sind nicht vermeidbare Abfälle „reaktionsarm und möglichst konditioniert" abzulagern. Die Anforderungen an die abzulagernden Abfälle wurden in der Deponieverordnung festgelegt.

1.4.6 Emissionen

Unter Emissionen sind die von einer Anlage ausgehenden Einträge in die Umwelt (Umgebung) zu verstehen. Diese Einträge können stofflicher Natur sein (feste, flüssige, gasförmige Stoffe) oder in Form von Lärm, Energie oder ähnlichen Erscheinungen auftreten.

1.4.7 Abwasser

Die Allgemeine Abwasseremissionsverordnung (BGBl. 1996/186) definiert Abwasser folgendermaßen: *„Wasser, das infolge der Verwendung in Aufbereitungs-, Veredelungs-, Weiterverarbeitungs-, Produktions-, Verwertungs-, Konsumations- oder Dienstleistungs- sowie in Kühl-, Lösch-, Reinigungs-, Desinfektions- oder sonstigen nicht natürlichen Prozessen in seinen Eigenschaften derart verändert wird, daß es Gewässer in ihrer Beschaffenheit (§ 30 WRG 1959) zu beeinträchtigen oder zu schädigen vermag; ....."* (gekürztes Zitat).

1.4.8 Emissionsgrenzwert

Nach dem Stand der Technik festgelegte höchstzulässige Abgabe von Emissionen (Konzentrationen, Massenströmen) an die Umwelt.

1.4.9 Emissionsrichtwert

Nach dem Stand der Technik festgelegte höchstzulässige Abgabe von Emissionen an die Umwelt, jedoch ohne unmittelbare Festlegung in Gesetzesakten.

1.4.10 Flüssigkeitsdicht

Als flüssigkeitsdicht werden Auffangbecken, Böden, befestigte Flächen etc. bezeichnet, wenn bei Überlagerung mit Wasser kein beobachtbarer Flüssigkeitsverlust auftritt.

Anmerkung: Diese Begriffsbestimmung bezieht sich auf die Praxis der Überprüfung der Dichtigkeit. Als Prüfflüssigkeit wird fast immer Wasser verwendet; die Prüfung erfolgt bei einem hydrostatischen Druck von ca. 0,5 bis 5 m Wassersäule. Abweichend davon könnten Beton-, Asphalt- oder sonstige Abdichtungsschichten mit jeweils normativ festgelegten Gütekriterien und definierter Verarbeitungsqualität (Gestaltung von Fugen, Schweißtechnik bei Kunststoffbahnen etc.) als „flüssigkeitsdicht" angesehen werden.

1.4.11 Immobilisierung, verfestigter Abfall

Gemäß Deponieverordnung wird „verfestigter Abfall" folgendermaßen definiert:

„Ein verfestigter Abfall ist ein Abfall, der einem Behandlungsverfahren zur festen Einbindung in eine Matrix unterzogen wurde. Abfälle können mit hydraulischen, latent hydraulischen oder mit sonstigen, in chemischer Reaktion abbindenden Bindemitteln eingebunden werden. Weiters bedeutet Verfestigung das Eingießen in Bitumen, Schwefel, Thermoplaste u.a."

Auf den Begriff Immobilisierung wird im Abschnitt 9.1 noch näher eingegangen.

2 ZIELE UND GRUNDSÄTZE

Ziel jeder Abfallbehandlung ist eine Umwandlung bzw. Aufbereitung von Abfällen, so daß im wesentlichen nur verwertbare oder umweltneutral ablagerbare Stoffe erhalten werden und gleichzeitig die bei der Behandlung auftretenden Emissionen so gering wie möglich bleiben.

Der Bundesabfallwirtschaftsplan 1995 nennt folgende Grundsätze für die Bewertung von Behandlungsverfahren (BAWP, Seite 86):

- höchstmöglicher Grad der Verwertung (stofflich/thermisch)
- größtmögliche Schadstofferfassung
- geringste Emissionen beim Betrieb
- weitgehende Betriebs- und Störfallsicherheit
- umweltverträgliche Reststoffqualitäten

Auf die allgemeinen Zielsetzungen der Abfallwirtschaft, wie sie im § 1 Abs.(1) des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG) formuliert werden, wird im Abschnitt 3 noch näher eingegangen. Was die CPB anbelangt, wird deren Erfolg primär daran zu messen sein, ob das in Ziffer 1 genannte Schutzziel zuverlässig und nachhaltig erfüllt wird:

AWG § 1(1) Ziffer 1:

„(1) Die Abfallwirtschaft ist danach auszurichten, daß

1. schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen auf Menschen sowie auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt so gering wie möglich gehalten werden"

In CP-Anlagen werden vorwiegend flüssige (wasserhaltige) Abfälle behandelt. Dies erfordert eine verstärkte Abwasserkontrolle und erforderlichenfalls auch eine Nachbehandlung des Abwassers. Durch die Behandlung darf es zu keiner Verlagerung der Schadstoffproblematik vom Abfall in das Abwasser kommen.

Zur Erreichung dieser Ziele kann bei der CPB in Einzelfällen auch ein größerer Energieaufwand (z.B. Einsatz energieintensiv hergestellter Chemikalien) oder eine Art der Behandlung erforderlich sein, die die Masse der abzulagernden Reststoffe erhöht (z.B. Neutralisation von Abfall-Schwefelsäure mit Kalk; dabei entsteht Gips, der die Masse erhöht). Im Konfliktfall ist also der zuverlässigen, nachhaltigen Schadstoff-Erfassung und Schadstoff-Zerstörung die Priorität vor anderen Umweltzielen, wie Energieeinsparung und Schonung des Deponievolumens einzuräumen. Die Auswirkungen sind dabei in jedem Einzelfall (für jedes Behandlungsverfahren) sorgfältig gegeneinander abzuwägen. Es ist eine Minimierung der gesamten Umweltbelastung unter Einbeziehung praktischer und ökonomischer Aspekte anzustreben.

In jedem Fall müssen nicht verwertbare Reststoffe aus der CPB reaktionsträge sein und bei der Ablagerung kein Gefährdungspotential für nachfolgende Generationen darstellen. Ist dies nicht der Fall, dann kann eine Immobilisierung erforderlich sein. Brennbare Reststoffe sind in aufkonzentrierter, möglichst heizwertreicher Form thermisch zu verwerten oder thermisch zu behandeln.

Eine Aufkonzentrierung brennbarer Stoffe kann auch in mobilen Anlagen erreicht werden. In diesem Fall sind dieselben Anforderungen an die Kontrolle und Überwachung von Emissionen zu stellen, ebenso sind auch dieselben Emissionsgrenz- oder Richtwerte einzuhalten wie bei stationären Anlagen.

2.1 ZUMUTBARKEIT DER VERWERTUNG

Nach § 1 Abs.(2) AWG sind Abfälle zu verwerten, soweit dies

„- ökologisch vorteilhaft und technisch möglich ist

- 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"

Der Zusatz „oder die gewonnene Energie" wurde in der Novellierung des AWG im Jahr 1996 hinzugefügt.

Nach der deutschen TA Abfall ist eine Verwertung technisch möglich, wenn ein geeignetes Verfahren zur Verfügung steht. Dabei sind alle tatsächlich in Betracht kommenden Verwertungstechniken auszuschöpfen. Die Verwertung von Abfällen ist auch dann als technisch möglich anzusehen, wenn nur Verfahren zur Verfügung stehen, die eine vorherige Behandlung der Abfälle erfordern. In derartigen Fällen hat die Verwertung auch die Durchführung von (Vor-)Behandlungsmaßnahmen zu umfassen.

Auf die Definitionen der Zumutbarkeit der Verwertung nach TA Abfall und nach der Musterverwaltungsvorschrift nach § 5 des deutschen Bundesimmissionsschutzgesetzes wird hier nicht näher eingegangen, da diese viel Interpretationsspielraum offen lassen.

Das Verständnis der Zumutbarkeit soll aber hier durch ein plakatives Beispiel erläutert werden. Das Beispiel veranschaulicht gleichzeitig, daß jede Konkretisierung der Zumutbarkeit durch Zahlenwerte oder Faktoren eine Wertung darstellt, über die nur von Fall zu Fall entschieden werden kann:

Beispiel zur Zumutbarkeit der Verwertung (Zahlenangaben fiktiv):

Wenn ein Abfallerzeuger - in diesem Beispiel ein metallverarbeitender Betrieb - Ätzlösungen, die Eisen und Zink enthalten, und Spülwässer, die Nickel enthalten, mangels geeigneter Speicherkapazität bisher gemeinsam erfaßt (also gemischt) hat und anschließend einem Behandlungsbetrieb zur Neutralisation und Schwermetallausfällung übergab, dann sind die Kosten für eine Aufstellung von Sammelbehältern für die getrennte Erfassung der Abfallströme zumutbar, wenn z.B. die gesamten dafür anfallenden Invesititionskosten das 1,5 bis 2 fache der jährlichen Entsorgungskosten betragen. Bezogen auf einen Zeitraum von 10 Jahren bedeutet dies, daß die Entsorgungskosten (bei geringem Zinsniveau und gleichbleibenden spezifischen Kosten pro t Abfall) bei getrennter Erfassung um ca. 20 bis 25 % höher liegen. Jedoch wird dadurch dem Abfallbehandler eine Verarbeitung des nickelhältigen Spülwassers zu einem (potentiell) verwertbaren Nickelhydroxid-Fällungsprodukt ermöglicht.

Nicht zumutbar wäre dagegen dem Abfallbehandler (oder auch dem Abfallerzeuger), das Gemisch aus gelösten Eisen-, Zink- und Nickelsalzen, das gegebenenfalls auch noch andere Schadstoffe enthält, in einem Trennprozeß in die einzelnen, (potentiell) verwertbaren Bestandteile zu trennen. Die Kosten für eine derartige Verwertung - die übrigens technisch durchaus möglich ist - steigen exponentiell mit der Anzahl der zu trennenden Bestandteile und würden im vorliegenden Fall vermutlich ein Vielfaches der Behandlungskosten (Behandlung als Neutralisation und Schwermetallfällung) betragen.

Steigende Kosten für die Ablagerung könnten aber auch im vorliegenden Beispiel langfristig eine zumutbare Verwertung des Gemisches - also die großtechnische Umsetzung des Trennprozesses - ermöglichen.

Aus ökologischer Sicht (Chemikalien- und Energieeinsatz beim Trennprozeß, Störfallrisiken etc. !) erscheint es jedenfalls besser, wenn rechtzeitig für eine getrennte Lagerung bzw. Erfassung verwertbarer und nicht verwertbarer Abfallströme gesorgt wird. Davon abgesehen kann es sein, daß der § 11 Abs.(2) des AWG im vorliegenden Beispiel bei der gemischten Abwassererfassung nicht erfüllt ist, da gefährliche Abfälle und Altöle nicht vermischt oder vermengt werden dürfen, wenn dadurch die Behandlung erschwert wird.

2.2 TRENNUNG DER BEHANDLUNGSSCHIENEN

In der deutschen TA Abfall (1990) wird gefordert, daß für die Behandlung organischer und anorganischer Abfälle getrennte Behandlungsschienen zu errichten sind. Bei einigen Anlagen in Österreich werden derzeit Abfallsäuren (meistens schwermetallhältig) für die Säurespaltung von Emulsionen verwendet oder es wird auch Abwasser aus der CPO-Behandlung als Verdünnungswasser bei der CPA-Behandlung eingesetzt. Dabei wird argumentiert, daß die Flockung bzw. Fällung anorganischer Inhaltsstoffe organische Abwasserinhaltstoffe adsorptiv bindet.

Diese Vorgangsweise ist durchaus kritisch zu betrachten. Erstens ist eine adsorptive Bindung nach den allgemeinen Kenntnissen der Chemie der Abwasserbehandlung in vielen Fällen nicht möglich. Weiters können Öltröpfchen bei der Entwässerung von Feststoffen in der Filter- oder Siebbandpresse infolge der Druckdifferenz bzw. der Strömungsverhältnisse im „Filterkuchen" in den Ablauf der Filter- bzw. Siebbandpresse übertreten. Als Folge treten Ölverschmutzungen in den Ablaufleitungen und im anschließenden Filtratauffangtank auf. Selbst wenn die nächste Charge, die dann zur Entwässerung gelangt, ölfrei ist, wird dann vom nunmehr ölfreien Filtrat aus den Tüchern der Filterpresse und im Filtratauffangtank Öl aufgenommen.

Aus diesem Grund ist zu fordern, daß die Trennung nach getrennten Behandlungsschienen für organische und anorganische Abfälle zumindest bis zur Entwässerung der (behandelten) Abfälle durchzuführen ist. Ein Vermischen von Abwässern aus der CPO- und CPA-Behandlung sollte erst unmittelbar vor einer internen biologischen Abwasserreinigung zulässig sein.

Die Forderung nach einer getrennten Behandlung bedeutet nicht, daß keine gegenseitige Neutralisation oder Entgiftung von Abfällen in CPA-Anlagen mehr möglich sein soll. Die Neutralisation von Abfallsäuren mit Abfalllaugen oder z.B. die Reduktion von Chrom-VI mit Fe-II-hältiger Beize ist also zulässig.

Ein Problem stellen jene Abfälle dar, die sowohl ungelöste organische Stoffe (z.B. Öl) als auch gelöste organische Schadstoffe enthalten. Solche Gemische können z.B. bei Revisionsarbeiten in Industriebetrieben anfallen oder als Folge von Unfällen mit Chemikalien. Als Grundsatz gilt dann, daß diese Abfälle möglichst separat zu lagern und zu behandeln sind, jedenfalls nicht gemeinsam mit ölfreien Abfällen. Der Betreiber der CP-Anlage kann weiters durch eine entsprechende Preispolitik dazu betragen, daß die anfallende Menge schwierig zu entsorgender Gemische verringert wird.

3 ALLGEMEINE ANFORDERUNGEN AN DIE CHEMISCH-PHYSIKALISCHE ABFALLBEHANDLUNG

Die Anforderungen an Abfallbehandlungsanlagen sind aus allgemeinen Schutzzielen und Schutzprinzipien abzuleiten. Dabei kann grob gesprochen zwischen Immissionsschutz, anderen Umweltschutzzielen (z.B. Ressourcenschonung, Energieeinsparung) und Arbeitnehmerschutz unterschieden werden.

In den nun folgenden Unterabschnitten werden nur sehr allgemein gehaltene Anforderungen genannt. Die Konkretisierung folgt in späteren Abschnitten. Der Arbeitnehmerschutz wird im Arbeitnehmer(innen)schutzgesetz, BGBl.450/1993 und die auf der Basis dieses Gesetzes erlassenen Verordnungen konkretisiert.

3.1 ALLGEMEINE ABFALLRECHTLICHE GRUNDSÄTZE

Ziele und Grundsätze nach dem AWG

Abs.(1) und (2) aus dem §1 (Ziele und Grundsätze der Abfallwirtschaft) des AWG lauten:

„(1) Die Abfallwirtschaft ist danach auszurichten, daß

1. schädliche, nachteilige oder sonst das allgemeine menschliche Wohlbefinden beeinträchtigende Einwirkungen auf Menschen sowie auf Tiere, Pflanzen, deren Lebensgrundlagen und deren natürliche Umwelt so gering wie möglich gehalten werden

2. Rohstoff- und Energiereserven geschont werden

3. der Verbrauch an Deponievolumen so gering wie möglich gehalten wird

4. nur solche Stoffe als Abfälle zurückbleiben, deren Ablagerung kein Gefährdungspotential für nachfolgende Generationen darstellt (Vorsorgeprinzip).

(2) Für die Abfallwirtschaft gelten folgende Grundsätze:

1. die Abfallmengen sowie deren Schadstoffgehalt sind so gering wie möglich zu halten (Abfallvermeidung)

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

3. Abfälle, die nicht verwertbar sind, sind je nach ihrer Beschaffenheit durch biologische, thermische oder chemisch-physikalische Verfahren sonst zu behandeln. Feste Rückstände sind möglichst reaktionsarm und konditioniert geordnet abzulagern (Abfallentsorgung)."

Grundsätze der Abfallwirtschaft in der EU

Der Richtlinie des Rates 75/442/EWG vom 15. Juli 1975 über Abfälle in der Fassung der sogenannten Abfallrahmenrichtlinie 91/156/EWG stellt den Rahmen und die allgemeine Grundlage für spezifische Regelungen durch andere Abfall-Richtlinien der EU dar. Aus dieser Richtlinie sind in Bezug auf die Grundsätze der Abfallwirtschaft insbesondere zu nennen:

Artikel 3 Abs. 1 über die Nutzung von Abfällen zur Gewinnung von Energie;

Artikel 4 über die Verpflichtung der Mitgliedstaaten durch die erforderlichen Maßnahmen sicherzustellen, daß die Abfälle beseitigt werden „ohne daß die menschliche Gesundheit ge-

fährdet wird und ohne daß Verfahren oder Methoden verwendet werden, welche die Umwelt schädigen können, insbesondere ohne daß

- Wasser, Luft, Boden und die Tier- oder Pflanzenwelt gefährdet werden;
- Geräusch- oder Geruchsbelästigungen verursacht werden;
- die Umgebung und das Landschaftsbild beeinträchtigt werden;

Artikel 5 Abs. 1 über die Verpflichtung der Mitgliedstaaten, Maßnahmen zu treffen, „um ein integriertes und angemessenes Netz von Beseitigungsanlagen zu errichten, die den derzeit modernsten, keine übermäßig hohen Kosten verursachenden Technologien Rechnung tragen";

Artikel 5 Abs. 1 über die Verpflichtung, das Entsorgungsnetz so zu gestalten, daß es der Gemeinschaft insgesamt erlaubt, die Entsorgungsautarkie zu erreichen und es jedem Mitgliedstaat ermöglicht, die Autarkie anzustreben, wobei die geographischen Gegebenheiten und der Bedarf an besonderen Anlagen für bestimmte Abfallarten berücksichtigt werden;

Artikel 5 Abs. 2 über die Verpflichtung der Mitgliedstaaten, das Entsorgungsnetz so zu gestalten, daß die Abfälle in einer der am nächsten gelegenen Entsorgungsanlagen unter Einsatz von Methoden und Technologien beseitigt werden, die am geeignetsten sind, um ein hohes Niveau des Gesundheits- und Umweltschutzes zu gewährleisten (Grundsatz der Nähe der Entsorgung).

3.2 GASFÖRMIGE EMISSIONEN UND GERUCH

Das kommende österreichische Immissionsschutzgesetzes wird im § 1 allgemeine Schutzziele für die Luftreinhaltung nennen. Dabei wird unter anderem die vorsorgliche Verringerung der Schadstoffimmissionen gefordert.

Für die chemisch-physikalische Abfallbehandlung sind insbesondere Stoßbelastungen durch anorganische Schadstoffe in der Abluft und mögliche Geruchsemissionen zu beachten. Es ist eine entsprechende Abluftreinigung vorzunehmen (siehe Abschnitt 12).

3.3 ABWASSERENTSORGUNG, ABDICHTUNG GEGEN DEN UNTERGRUND

Das Wasserrechtsgesetz 1979 (BGBl. 1959/215 idF. 1993/185) nennt im § 30 „Ziel und Begriff der Reinhaltung" folgende grundsätzlichen Ziele:

„(1) Alle Gewässer einschließlich des Grundwassers sind im Rahmen des öffentlichen Interesses und nach Maßgabe der folgenden Bestimmungen so reinzuhalten, daß die Gesundheit von Mensch und Tier nicht gefährdet, Grund- und Quellwasser als Trinkwasser verwendet, Tagwässer zum Gemeingebrauche sowie zu gewerblichen Zwecken benutzt, Fischwässer erhalten, Beeinträchtigungen des Landschaftsbildes und sonstige fühlbare Schädigungen vermieden werden können.

(2) Unter Reinhaltung der Gewässer wird in diesem Bundesgesetz die Erhaltung der natürlichen Beschaffenheit des Wassers in physikalischer, chemischer und biologischer Hinsicht (Wassergüte), unter Verunreinigung jede Beeinträchtigung dieser Beschaffenheit und jede Minderung des Selbstreinigungsvermögens verstanden."

Die zum Schutz der Gewässer erforderlichen Emissionsgrenzwerte werden vom Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft im Einvernehmen mit dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten und dem Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie festgelegt. Eine diesbezügliche Regelung für die CPB ist derzeit in Vorbereitung (siehe Abschnitt 10).

3.4 ANFORDERUNGEN AN DIE RESTSTOFFE

Reststoffe aus Abfallbehandlungsanlagen sollen entweder verwertbar oder ablagerungsfähig sein. Abzulagernde Abfälle sind nach dem AWG „reaktionsarm und möglichst konditioniert geordnet abzulagern".

Die Anforderungen an abzulagernden Reststoffe aus der mechanisch-biologischen Behandlung werden in der Deponieverordnung und in des vorliegenden Berichtes im Abschnitt 11 näher beschrieben.

3.5 ENERGIEWIRTSCHAFTLICHE ÜBERLEGUNGEN

Durch die Behandlung organischer Abfälle - z.B. von Emulsionen - kann eine heizwertreiche Fraktion (Öl oder Öl-Feststoffgemisch mit hohem Ölgehalt) abgetrennt werden. Abgetrennte heizwertreiche Stoffe sind thermisch zu verwerten bzw. thermisch zu behandeln.

Abwärme aus der chemisch-physikalischen Behandlung (z.B. Neutralisationswärme) kann aufgrund der zu geringen Temperaturen im allgemeinen nicht verwertet werden.

Bei der Errichtung von Hallen und Belüftungssystemen für CP-Anlagen sind energiesparende Maßnahmen einzuplanen. Belüftungssysteme sollen nicht überdimensioniert sein.

3.6 ARBEITNEHMER(INNEN)SCHUTZ

Beschäftige im Bereich der CP-Anlage sind vor Unfall- und Gesundheitsgefahren zu schützen. Nähere Angaben: siehe Abschnitt 6.7.

3.7 BRANDSCHUTZ, VORKEHRUNGEN GEGEN STÖRFÄLLE

Bei der Lagerung von Abfällen und Rückständen - insbesondere von chlorierten Kohlenwasserstoffen und entzündlichen (entzündlich im Sinne der VbF, siehe Abschnitt 7.5.2.6) Flüssigkeiten - sind rasch wirksame Brandschutz- und Brandbekämpfungsmaßnahmen und eine Begrenzung der im Störfall maximal betroffenen Abfallmenge sicherzustellen.

3.8 ZUTRITT UNBEFUGTER

Das Betriebsgelände ist gegen den Zutritt Unbefugter durch einen Zaun, durchgehende Ummauerung und dgl. zu sichern. Gifte sind gemäß den einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen zu verwahren (siehe Abschnitt 7.6.2).

3.9 BAUTECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Die einschlägigen gesetzlichen Bestimmungen, wie z.B. Bauordnungen der Länder und ÖNORMEN, die durch diese Bestimmungen zu erfüllen sind, sind einzuhalten.

In Lagerräumen und auf Regalen für Abfälle und für Hilfsstoffe (Chemikalien) sollten Informationstafeln aufgestellt sein, die die zulässige statische Belastung der tragenden Teile bzw. der Konstruktion angeben.

4 RELEVANTE RECHTSVORSCHRIFTEN UND ÖNORMEN

Im vorliegenden Abschnitt werden die wichtigsten Rechtsvorschriften für die Errichtung und den Betrieb von Anlagen zur chemisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlagen in Tabellenform aufgezählt. Der Bezug der Gesetze, Verordnungen etc. wird nicht im vorliegenden Abschnitt, sondern bei der Besprechung der jeweiligen Themen in den anderen Abschnitten dieses Berichtes dargestellt. Dort wurden dann auch die aus der Sicht der Autoren dieses Berichtes relevanten Bestimmungen zitiert (oft jedoch in stark gekürzter Form).

Tab. 4.1: Für die CPB relevante Bundesgesetze, Verordnungen

Titel oder Kurzbezeichnung (VO = Verordnung)	**Nummer / Jahr**	**Rechtsgrundlage oder Abkürzung**
Bundes-Verfassungsnovellen	685/1988 und 508/1993	
Abfallwirschaftsgesetz	434/1996	Abkürzung: AWG
VO über die Festsetzung gefährlicher Abfälle	49/1991	AWG (Novelle der VO in Vorbereitung)
AbfallnachweisVO	65/1991	AWG
ProblemstoffVO	771/1991	AWG
DeponieVO	164/1996	AWG
Wasserrechtsgesetz	215/1959	Abkürzung: WRG
Allgemeine AbwasseremissionsVO	186/1996	WRG. Abkürzung: AAEV
VO über die Begrenzung von Abwasser emissionen aus CP-Anlagen	in Vorbereitung	WRG
Gewerbeordnung 1994	194/1994	Abkürzung: GewO
CKW-Anlagen-VO	27/1990	GewO
CKW-Anlagen-VO 1994	865/1994	GewO
VO über brennbare Flüssigkeiten	240/1991	GewO, Abkürzung: VbF
StörfallVO	593/1991	GewO
Chemikaliengesetz	326/1987	Abkürzung: ChemG
Giftverordnung 1989	212/1989	ChemG
AsbestVO	324/1990	ChemG
GiftlisteVO	422/1995	ChemG
GiftinformationsVO	204/1994	ChemG
Immissionschutzgesetz Luft	in Vorbereitung	

Fortsetzung Tab. 4.1

Altlastensanierungsgesetz	299/1989 i.d.F. 201/1996	Abkürzung: ALSAG
Umweltförderungsgesetz	185/1993	
Umweltinformationsgesetz	495/1993	Abkürzung: UIG
Störfallinformationsverordnung	391/1994	UIG
Umweltverträglichkeitsprüfungsgesetz	697/1993	
Umweltgutachter- und Standortverzeichnisgesetz	622/1995	UGStVG

In folgenden ÖNORMEN existiert ein besonderer Bezug zur chemisch-physikalischen Abfallbehandlung:

Tab. 4.2: ÖNORMEN, EN-Normen mit besonderem Bezug zur CPB

ÖNORM S 2100 „Abfallkatalog"	Begriffsbestimmung „chemisch- physikalische Behandlung"; Zuordnung zu Behandlungsmethoden
ÖNORM S 2116 voraussichtl. Titel: „Untersuchung verfestigter Abfälle"	in Vorbereitung
ÖNORM S 2110 „Analytische Beurteilung von Abfällen" vom 1.Okt.1991	Enthält Angaben über den Umfang der Untersuchungen bei Anlieferungen zur chemisch-physikalischen Behandlung.
ÖNORM EN 12347 „Charakterisierung von Abfällen durch Auslaugung"	Diese Norm liegt derzeit als Entwurf vor.

Europäisches Recht

Spezifische Richtlinien zur chemisch-physikalischen Abfallbehandlung wurden bisher nicht erstellt, wenn man von der Behandlung von PCB/PCT absieht.

Die Richtlinie des Rates vom 12.12.1991 über gefährliche Abfälle (91/689/EWG) legt einige wichtige Regeln im Umgang mit gefährlichen Abfällen fest. Eine der Zielsetzungen dieser Richtlinie ist die möglichst vollständige Überwachung gefährlicher Abfälle, den Transport, die Verwertung und die „Beseitigung" mit eingeschlossen. Dementsprechend enthält die Richtlinie primär Kennzeichungs- und Aufzeichnungspflichten. In der Richtlinie wurden auch Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zur Kategorie der gefährlichen Abfälle genannt. Ein Verzeichnis gefährlicher Abfälle wurde ca. 3 Jahre später, und zwar 1994 im „Verzeichnis gefährlicher Abfälle im Sinne von Artikel 1 Absatz 4 der Richtlinie über gefährliche Abfälle (91/689/EWG)" erlassen. Aufgrund dieser Entscheidung des Rates vom 22.12.1994 wird derzeit die österreichische Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle novelliert.

Tab. 4.3: Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Gemeinschaft mit Bezug zur CPB

Nummer (Code)	Datum	Bezeichnung

RL 91/689/EWG	12.12.1991	Richtlinie des Rates über gefährliche Abfälle
RL 91/689/EWG, RL 94/31/EG	22.12.1994	Verzeichnis gefährlicher Abfälle
RL 96/59/EG	16.9.1996	Richtlinie über die Beseitigung polychlorierter Biphenyle und polychlorierter Terephenyle (PCB / PCT)
VO 93/259/EWG	1993	„Verbringungsverordung" - Verordnung zur Überwachung und Kontrolle der Verbringung von Abfällen in der, in die oder aus der Europäischen Gemeinschaft,

Die hier dargestellten Bestimmungen der EU sind nur eine Auswahl, und beziehen sich speziell auf Fragen der chemisch-physikalische Behandlung. Für eine eingehendere Darstellung der EU-Bestimmungen wird auf den „Fundstellennachweis des geltenden Gemeinschaftsrechts - Band 1" verwiesen (in Österreich erhältlich z.B. bei der Manzschen Verlags- und Universitätsbuchhandlung, Wien).

5 KRITERIEN FÜR DIE ZUORDNUNG VON ABFÄLLEN ZU CP-ANLAGEN

5.1 EINLEITUNG

Die in diesem Kapitel getroffenen Zuordnungen sollen Hinweise auf die möglichen chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden geben, mit denen ein bestimmter Abfallstoff behandelt werden kann. Sie werden demzufolge im allgemeinen Gültigkeit besitzen, jedoch für den Einzelfall genau zu prüfen sein.

Der Input von chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen kann auf unterschiedliche Weise festgelegt werden, beispielsweise durch

- einen Positivkatalog, der alle Schlüsselnummern und Bezeichnungen der Abfälle enthält, die behandelt werden können
- einen Negativkatalog, der alle Abfälle enthält, die nicht behandelt werden können
- chemische Ausschlußkriterien (z.B. Hg-Gehalt > 0,1 %)
- Angabe anderer Abfalleigenschaften, die einer Behandlung entgegenstehen (z.B. penetranter Geruch)
- eine Kombination der genannten Kriterien

In der Praxis werden in Genehmigungsbescheiden überwiegend Positivkataloge erstellt, das heißt es werden jene Abfallarten gemäß Abfallkatalog ÖNORM S 2100 (1990) genannt, die in der CP-Anlage behandelt werden dürfen. Davon zu unterscheiden ist die Erlaubnis zur Ausübung der Tätigkeit eines Abfallsammlers oder -behandlers, die gemäß § 15 AWG vom Landeshauptmann erteilt wird.

Im Hinblick auf die sichere Einhaltung von Emissionsgrenzwerten für Abwasser oder von Deponiekriterien kann es für den Betreiber einer CP-Anlage sinnvoll sein, zusätzlich einige chemische Kriterien für die Übernahme von Abfällen zu nennen. Beispielsweise könnte als Ausschlußkriterium einer CPA-Anlage der TOC-Gehalt der übernommenen Abfälle limitiert werden.

5.2 INFORMATIONSBLATT

Der Betreiber einer CP-Anlage sollte für seine Kunden ein Informationsblatt erstellen, um die Anlieferung nicht behandelbarer Abfälle zu vermeiden bzw. einzuschränken. Dieses wird zweckmäßigerweise einen Positivkatalog enthalten und darin die vorhandenen abfallrechtlichen, wasserrechtlichen und gewerberechtlichen Bewilligungen berücksichtigen. Das Informationsblatt kann gegebenenfalls auch chemische Ausschlußkriterien und andere Abfalleigenschaften, die als Kriterien für die Übernahme anzuwenden sind, enthalten. Chemische Kriterien sind in Abhängigkeit von den Grenzen und Möglichkeiten der angewendeten Behandlungsmethoden festzulegen und den jeweiligen Betriebserfahrungen anzupassen.

5.3 EMPFEHLUNGEN FÜR DIE ZUORDNUNG VON ABFÄLLEN ZUR CHEMISCH-PHYSIKALISCHEN BEHANDLUNGSMETHODEN

5.3.1 Methodik

Ausgangsbasis für die Zuordnung ist der „Abfallkatalog" ÖNORM S 2100 vom 1. März 1990. Die darin enthaltenen Begriffsbestimmungen, Klassifikationsgrundsätze und Hinweise auf anwendbare Behandlungsmethoden wurden weitgehend berücksichtigt. Es werden vorwiegend jene Abfälle beschrieben, die üblicherweise zur außerbetrieblichen Behandlung in chemisch-physikalischen Behandlungsanlagen eingesetzt werden, ungeachtet dessen, ob es sich um gefährliche oder nicht gefährliche Abfälle handelt.

Aufgrund der erforderlichen Anpassung österreichischer Vorschriften an EU-Richtlinien wird die der derzeit gültige ÖNORM S 2100 (1990) überarbeitet. Dazu wurde bereits vom Österreichischen Normungsinstitut ein Entwurf erstellt. Die vorgesehenen Änderungen wurden für den vorliegenden Bericht jedoch nur teilweise berücksichtigt:

> Im Entwurf der neuen ÖNORM S 2100/A1 vom 1.12.1995 wird im Vergleich zur ÖNORM S 2100 die Definition der chemisch-physikalischen Behandlung insofern erweitert, als auch der Behandlungsschritt „verfestigen" zusätzlich aufgenommen wurde. Dem wird insofern Rechnung getragen, als das Behandlungsverfahren der „Immobilisierung" in den Vorliegenen Bericht einbezogen wird.

Unter Bezugnahme auf die im Abfallkatalog ÖNORM S 2100 (1990) genannten Klassifikationsgrundsätze, hat die Zuordnung eines Abfalls zu einer Schlüsselnummer nach der Wirkung der jeweils bestimmenden Komponente zu erfolgen. In der Praxis treten durch diese unbestimmte Zuordnung von Abfällen zu Schlüsselnummern jedoch immer wieder Probleme auf. Daher ist zu beachten, daß eine allgemeine Zuordnung von Abfällen zu bestimmten chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden nur im Regelfall zutreffend sein wird.

Besonders bei Immobilisierungsmethoden ist darauf hinzuweisen, daß eine Zuordnung von Abfällen allein auf Basis von Abfallbezeichnung und Schlüsselnummer problematisch ist. Das Erreichen der Deponiekriterien (Anlage 5 der Deponieverordnung) ist in jedem Einzelfall zu überprüfen. Eine vorläufige Zuordnung und Bewertung der Anwendbarkeit von Immobilisierungsmethoden wurde in der Studie „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisierung von Abfällen" (Mostbauer, Ziegler, Lechner, 1994) vorgenommen, die Ergebnisse daraus sind in diesem Kapitel berücksichtigt worden.

Die im Rahmen dieser Grundlagenstudie erarbeiteten Zuordnungen sollen vorwiegend als Entsorgungshinweise dienen. Bei den für die einzelnen Abfallarten genannten Behandlungsmethoden wird von den folgenden Voraussetzungen ausgegangen:

- Die genannten Behandlungsmethoden sind überwiegend nicht als einzige Behandlung ausreichend. In der Regel wird eine Kombination von mehreren Behandlungsmethoden erforderlich sein.
- Die Wahl des Verfahrens wird von den jeweiligen Randbedingungen, wie Inhaltsstoffen und Konsistenz, bestimmt.
- Fallen bei einer Behandlungsmethode Reststoffe an, werden die für die Behandlung der Reststoffe geeigneten Methoden genannt.
- Es werden sowohl gefährliche als auch nicht gefährliche Abfälle den chemisch-physikalischen Behandlungsverfahren zugeordnet.

Die Abfälle wurden folgenden Behandlungsmethoden zugeordnet:

- Adsorption
- chemische Emulsionsspaltung
- Eindampfung
- Elektrodialyse
- Entgiftung: Reduktion
  Oxidation
- Entwässerung: Schwerkraftabscheidung/Sedimentation
  Zentrifugation
- Extraktion
- Fällung
- Flotation
- Immobilisierung
- Membranverfahren: Ultrafiltration (Partikelfiltration)
  Umkehrosmose
- Naßoxidation
- Neutralisation
- Ozonisierung
- Strippung
- Zementation

Die obigen Behandlungsmethoden werden im Teil B beschrieben. Ferner werden im Teil B, Abschnitt B3, Beispiele für geeignete und nicht geeignete Abfallarten genannt.

In der Praxis können unter anderem auch folgende Behandlungsmethoden zum Einsatz gelangen, die jedoch in dieses Berichtes nicht beschrieben werden:

- Elektroflotation
- Elektrolyse
- Laugungsprozesse
- Waschprozesse

Der Vollständigkeit halber wurden bei einigen Abfällen Behandlungsmethoden genannt, die jedoch im Rahmen der Grundlagenstudie nicht weiter behandelt werden, weil sie nicht zum Themenkreis zählen. Hierunter fallen:

- Biologischer Abbau
- Destillation
- Ionenaustausch
- Thermische Behandlung
- Verwertung

Die für die Behandlung der Reststoffe aus der CPB genannten Methoden sind:

- Deponierung
- Entwässerung
- Immobilisierung
- Thermische Behandlung
- Verwertung

Um die getroffene Zuordnung von Abfällen zu Behandlungsmethoden in der Praxis anwenden zu können, ist eine genaue Stoffkenntnis erforderlich. Das Umweltbundesamt hat daher auf Basis von zur Verfügung gestellten Unterlagen bzw. eigenen Analysen abfallwirtschaftliche Stoffdatenblätter für die meisten der im Abfallkatalog ÖNORM S 2100 (1990) genannten Abfälle zusammengestellt. Diese enthalten unter anderem Informationen zu Herkunft, Eigenschaften, Zusammensetzung und Verwertungs- bzw. Behandlungswegen und wurden erstmals als Materialienband zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992 veröffentlicht. An einer Aktualisierung und Veröffentlichung im Rahmen der Fortschreibung des Bundes-Abfallwirtschaftsplanes wird derzeit gearbeitet.

5.3.2 Tabelle „Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden“

Die auf den folgenden 8 Seiten dargestellte Tabelle stellt das Ergebnis der Zuordnung der Abfälle zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden zusammenfassend dar. Nochmals wird darauf hingewiesen, daß im Einzelfall auf der Basis von Abfallanalysen bzw. eine genauen Kenntnis der Abfallzusammensetzung über die Behandlung zu entscheiden ist. In der Tabelle wurden Schlüssel-Nummern gemäß ÖNORM S 2100 verwendet.

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
E	11421	Spül-, Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen		x	x							x							x			x			x	x		x		
E	12501	Inhalt von Fettabscheidern		x								x											x	x	x			x	x	
E	12503	Öl-, Fett- und Wachsemulsionen		x								x							x									x		
1	14401	Äschereischlamm							x		x															x		x	x	
1	14402	Gerbereischlamm							x		x									W						x		x	x	
E	31205	Leichtmetallkrätze, aluminiumhaltig											0											x		x	x			
E	31206	Leichtmetallkrätze, magnesiumhaltig											0											x		x	x			
B	31308	Schlacken und Aschen aus Abfallverbrennungsanlagen											x													x	x		x	x
A	31423	ölverunreinigte Böden	W	W						x		W	x						W			x	x			x	x		x	x
B	31424	sonstige verunreinigte Böden						0		x	W		x			W			W	W		x	x			x	x			x
A	31437	Asbestabfälle, Asbeststäube											x													x	x			
E	31441	chemisch verunreinigter Bauschutt						W			W		x			W							x			x	x			
1	31610	Emailleschlamm		0					x			0		W		W				W						x	x			
A	31628	Härtereischlamm aus cyanidhaltigen Härtebädern						x	x							0										x	x			
A	31629	Härtereischlamm aus nitrathaltigen bzw. nitrithaltigen Härtebädern						x	x							0										x	x			

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
E	31639	sonstige Schlämme aus Fäll- und Löseprozessen mit schädlichen Beimengungen						x	x				x	W		0				W			x			x	x			
1	31640	Füll-, Trennmittelsuspensionen (Mineral-, Feststoffanteile)							x					W		W				W						x	x			
1	31642	Kesselreinigungsrückstände						x	x				x													x	x			x
A	35321	sonstige NE-metallhaltige Stäube											x											x		x	x			
E	39909	sonstige feste Abfälle mineralischen Ursprungs mit produktionsspezifischen schädlichen Beimengungen											x													x	x			
A	51101	cyanidhaltiger Galvanikschlamm						x	x																	x	x			x
A	51102	chrom(VI)haltiger Galvanikschlamm						x	W					W						W						x	x			x
B	51103	chrom(III)haltiger Galvanikschlamm							W				x	W						W						x	x			
B	51104	kupferhaltiger Galvanikschlamm					W		W				x	W						W	W			x		x	x			
B	51105	zinkhaltiger Galvanikschlamm					W		W				x	W						W						x	x			
A	51106	cadmiumhaltiger Galvanikschlamm							W				x	W						W				x		x	x			
B	51107	nickelhaltiger Galvanikschlamm					W		W				x	W						W				x		x	x			
B	51108	kobalthaltiger Galvanikschlamm					W		x				x	W						W				x		x	x			
B	51110	edelmetallhaltiger Galvanikschlamm					W		x					W						W				x		x			x	
B	51112	sonstige Galvanikschlämme					W	x	x				x	W		0				W						x	x			x

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
1	51113	sonstige Metallhydroxidschlämme					W	x	x				x	W		0				W						x	x			x
1	51114	Blei-, Nickel-, Cadmiumhydroxidschlämme					W		x				x	W						W				x		x				
1	51115	Aluminiumhydroxidschlamm, verunreinigt							x		x		x			x										x				
A	51512	Ammoniumfluorid						x																						
1	51519	Eisenchlorid									x					x								x		x				x
1	51532	Chlorkalk						x								0								x		x	x		x	
A	51533	Härtesalz, cyanidhaltig													x		x													x
A	51534	Härtesalz, nitrat-, nitrithaltig u.a.																												x
E	51543	gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen					x				0			x		x		x		x	x			x	x				x	
A	52101	Akku-Säuren									x			x		x				0					x	x				
A	52102	Säuren und Säuregemische, anorganisch									x			x		x									x	x				
E	52103	Säuren u. -gemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher)						x			x			0		x				x					x	x				
A	52105	Chromschwefelsäure						x			x					0	x													
E	52201	organische Säuren und -gemische, halogeniert														0							x							
E	52202	organische Säuren und -gemische, nicht halogeniert	0												x	x						x	x		x	x				

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
1	52402	Laugen, Laugengemische														x						0				x				
1	52403	Ammoniaklösungen (Salmiakgeist)														x		x				0			x	x				
A	52404	Laugen, -gemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (Beizen, Ionenaustauscher)									x			x		x				x					x	x				
1	52701	Hypochlorit-Ablauge								x					x	x	x	x						x		x				
A	52707	Fixierbäder				x	x	x						0	0		0	x			x	0		x						x
1	52710	Gerbereibrühe				x					x				x					x		x						x		
A	52712	Konzentrate, chrom(VI)haltig						x								x										x				x
A	52713	Konzentrate, cyanidhaltig						x	x						x	x	x	x								x				x
E	52714	Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig				x		x							x	x	x	x		x						x				x
E	52715	Bleichbäder				x		x																x						
A	52716	Konzentrate, metallsalzhaltig (Nitratlösungen, Entroster)				x					x			x		x				x					x	x				x
E	52718	Bleichereiablauge, chlorhaltig	0			x		x																						
E	52722	Spül-, Waschwässer, metallsalzhaltig				x	x				x			x		x				x	x			x		x				x
A	52723	Entwicklerbäder				x										x														x
E	52725	sonstige wäßrige Konzentrate				x		x			x			x	x	x	x			x					x	x				x

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																				Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
A	54101	Öle, säurehaltig																					x							
A	54102	Altöle																					x	x						
D	54103	Motor- und Getriebeöle			x					x													x	x				x		
A	54104	Kraftstoffe (z.B. Benzine), Flammpunkt unter 55 ° C			x					x													x	x				x		
A	54106	Trafoöle, Wärmeträgeröle, halogenfrei																					x					x		
A	54108	Heizöle, Kraftstoffe (Dieselöle), Flammpunkt über 55 ° C			x					x													x	x				x		
A	54109	Bohr-, Schleif- und Schneidöle			x				x	x													x	x				x		
D	54111	sonstige PCB-haltige und PCT-haltige Abfälle						0		x													x					x		
D	54116	Maschinenöle			x					x													x	x				x		
D	54117	Turbinenöle			x					x													x	x				x		
D	54118	Hydrauliköle, halogenfrei																					x							
A	54401	synthetische Kühl- und Schmiermittel		x	x							x							x				x					x		
A	54402	Bohr-, Schleifölemulsionen, Emulsionsgemische		x					x			x							x				x			x		x		
1	54404	Honöle							x										x									x		
A	54408	sonstige Öl-Wassergemische		x								x							x									x		

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
E	54701	Sandfanginhalte, öl- oder kaltreinigerhaltig							x			0				W			W	W		x				x		x	x	x
A	54702	Ölabscheiderinhalte (Benzinabscheiderinhalte)		0					x			0				W			W	W		x				x		x	x	
A	54703	Schlamm aus Öltrennanlagen																					x					x		x
A	54704	Schlamm aus der Tankreinigung																					x					x		x
A	54710	Schleifschlamm, ölhaltig											x									x	x							
E	54715	Schlamm aus der Behälterreinigung (z.B. aus Fässern,Tankwagen)		x				x	x		x					x							x							
A	54802	Säureharz und Säureteer																					x							
A	54807	Abfallsäure, mineralölhaltig	0	x	x							x				x			x									x		
A	54923	cyanidhaltiger Schlamm						x	x						x	x	x						x			x				x
1	54924	sonstige Schlämme aus Kokereien und Gaswerken							x																		x			
E	55224	Lösemittel-Wasser-Gemische mit halogenierten Lösemitteln	x		x										x		x	x										x		
E	55374	Lösemittel-Wasser-Gemische ohne halogenierte Lösemittel	x	x	x				x						x			x					x					x		
A	55401	lösemittelhaltiger Schlamm mit halogenierten organischen Bestandteilen	0						x								0	0					x					x		
A	55402	lösemittelhaltiger Schlamm ohne halogenierte organische Bestandteile	0		0				x						0			0				x	x					x		
A	55503	Lack- und Farbschlamm							x														x			x	x			

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
A	55507	Farbstoffrückstände, lösemittelhaltig und/oder schwermetallhaltig																					x							
1	57303	Kunststoffdispersion (auf Wasserbasis)		x								x							x						x			x		
1	57304	Kunststoffemulsionen		x								x							x						x			x		
A	57305	Kunststoffschlamm, lösemittelhaltig mit halogenierten organischen Bestandteilen	W						x								0	0					x							
A	57306	Kunststoffschlamm, lösemittelhaltig ohne halogenierte organische Bestandteile							x						0			0				x	x							
1	57703	Latex-Emulsionen		x	x							x							x									x		
1	58115	Schlamm aus Textilfärbereien							x														x							
1	58116	Schlamm aus der Textilausrüstung							x														x							
1	58117	Schlamm aus Wollwäschereien							x														x			x				
1	58118	Wäschereischlamm							x														x			x				
A	59305	Laborabfälle und Chemikalienreste	W					W			W					W			W	W			x							
A	59405	Reinigungs- und Spezialwaschmittelabfälle																				0	x							
A	59507	Katalysatoren und Kontaktmassen					W			x			x	W						W				x			x			
E	59904	organische Peroxide						x																						
E	94702	Rückstände aus der Kanalreinigung							x													x				x				

Kennziffer	Schlüsselnummer	Bezeichnung gemäß ÖNORM S 2100 (1990)	Zuordnung von Abfällen zu chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden																			Sonstige			Behandlung der Reststoffe					
			Adsorption	Chemische Emulsionsspaltung	Destillation **	Eindampfung	Elektrodialyse	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
1	94704	Sandfanginhalte																				x		x		x				
1	94705	Inhalte aus Fettfängen (Öl- und Fettabscheidern)							x			x											x	x				x		
E	95301	Sickerwasser aus Abfalldeponien	x			x					x						x	x	x	x		x			x	x		x		x
1	95401	Wasch- und Prozeßwässer				x		x			x							x	x	x						x	x				x
E	95403	Rückstände aus der rauchgasseitigen Kesselreinigung							x				x													x				

LEGENDE:

x..... Der Abfall kann direkt mit der genannten Methode behandelt werden, in vielen Fällen wird aber eine Kombination von Behandlungsmethoden erforderlich sein

0..... Der Abfall kann nach einer Vorbehandlung mit der genannten Methode behandelt werden bzw.
Es ist eine Kombination der genannten Methode mit anderen Behandlungsschritten notwendig

** ..... Der Abfall kann mit der genannten Methode behandelt werden, diese wird aber im Rahmen der vorliegenden Studie nicht näher beschrieben

W..... Die wäßrige Phase kann mit der genannten Methode behandelt werden

5.4 LITERATUR ZU ABSCHNITT 5

BANK, M.: Basiswissen Umwelttechnik. Vogel Buchverlag, Würzburg, 1993.

Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie, (Hrsg.): Materialien zum Bundes-Abfallwirtschaftsplan 1992. Band 1: Bestandsaufnahme der Situation der Abfallwirtschaft. Wien: 1992.

DREIER, P. & REITER, B.: Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich. Umweltbundesamt.Berichte UBA-BE-029. Wien, 1995.

GRÄF, HARTINGER, LOHMEYER, SCHWERING: Abwassertechnik in der Produktion. Loseblattsammlung, WEKA-Verlag, Augsburg. Teil 5/4.1 „Membranverfahren", Stand: Oktober 1996.

HARTINGER L.: Taschenbuch der Abwasserbehandlung für die metallverarbeitende Industrie. Band 1: Chemie. C.Hanser Verlag, 1976.

KRAUS, J.; LEONHARD, H.; WOLF, A.: Möglichkeiten der stofflichen und energetischen Verwertung einzelner Fraktionen aus Sandfängen und Ölabscheidern. Fraunhofer-Institut. Stuttgart, 1996.

Lahmeyer International GmbH, Referat Umwelttechnik: Stand der Technik bei chemisch-physikalischen Verfahren in der Abfallbehandlung. Texte 23/91. Umweltbundesamt (Hrsg.). Berlin, 1991.

Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): Anlagen zur chemischen und physikalischen Behandlung von Sonderabfällen. Düsseldorf, 1986.

LECHNER, P.; MOSTBAUER, P.; ZIEGLER, C.: Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisierung von Abfällen. Universität für Bodenkultur (Hrsg.). Wien, 1994.

Ministerium für Umwelt, Raumordnung und Landwirtschaft des Landes Nordrhein-Westfalen: Rahmenkonzept zur Sonderabfallentsorgung in Nordrhein-Westfalen. 5. Auflage. 1996.

Österreichisches Normungsinstitut: Abfallkatalog. ÖNORM S 2100. Wien, 1990.

Österreichisches Normungsinstitut: Abfallkatalog. ÖNORM S 2100/A1. Wien, 1995.

Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle (BGBl 49/1991).

6 ORGANISATION, PERSONAL, DOKUMENTATION, ARBEITNEHMERSCHUTZ

6.1 BETRIEBSORGANISATION

Durch eine Ablauf- und Betriebsorganisation sollen nicht nur der Betriebsaufbau sondern auch die Betriebsabläufe transparent werden. Die Betriebsorganisation stellt den Aufbau des Betriebes (Gesellschaftsform, Verantwortlichkeiten, Personal) dar. Die Betriebsorganisation ist in einem Organigramm darzustellen, das ein wesentlicher Bestandteil des Betriebshandbuches ist.

Es ist eine Organisationseinheit "Kontrolle" erforderlich. Diese Organisation ist verantwortlich für alle erforderlichen Kontrollen. Sie soll personell und verantwortlich von der Betriebsleitung getrennt sein. Diese Entflechtung der Aufgaben und Verantwortlichkeiten soll zu einem umweltgerechten Handeln in den betroffenen Betrieben beitragen.

Die Ablauforganisation gibt Vorgaben zur Gestaltung des Arbeitsablaufes eines Entsorgungsbetriebes. Ziel sind genau festgelegte und überwachbare Arbeitsschritte.

6.2 BETRIEBSPERSONAL

Wesentliche Voraussetzungen für den ordnungsgemäßen Betrieb einer Abfallbehandlungsanlage sind die Verläßlichkeit, fachliche Kompetenz und die Erfahrung des Personals.

Der Ausbildungsgrad des Personals soll in Abhängigkeit vom Verantwortungsbereich festgelegt werden. Die aufgabenspezifische Schulung und Weiterbildung des Personals sind sicherzustellen. Die folgende Aufstellung gibt ein Beispiel, welche fachliche Qualifikationen an Mitarbeitern - in welchen Bereichen einer CP-Anlage - erforderlich sein können:

Leiter der Kontrolle und Betriebsleiter:

Die Fachkunde des Leiters ist durch

a) eine abgeschlossene, fachbezogene Ausbildung an einer staatlichen oder staatlich anerkannten Universität, Fachhochschule, einschlägigen Fachakademie oder höheren Lehranstalt oder

b) die erfolgreiche Ablegung der Lehrabschlußprüfung im Lehrberuf Chemielaborant sowie eine zweijährige einschlägige fachliche Tätigkeit oder

c) den erfolgreichen Besuch einer Fachschule für Chemie - Ausbildungszweig technische Chemie - oder einer sonstigen einschlägigen Schulform, die im Hinblick auf den Lehrplan und auf die für die Eingangskontrolle maßgeblichen Kenntnisse damit gleichzusetzen ist, sowie eine zweijährige einschlägige fachliche Tätigkeit nachzuweisen.

Eingangsbereich:

Wiegemeister (angelernte Hilfskraft)

Lager: Angelernte, verläßliche Hilfskräfte

Chemisch-physikalische Behandlungsanlage:

Für den eigentlichen Betrieb der Anlage sind vom Personal her - für die Durchführung der Aufbereitungsreaktionen - Chemiewerkmeister erforderlich, denen entsprechend geschultes Personal bis hin zu den angelernten Hilfskräften zur Verfügung gestellt werden muß (anstelle eines Chemiewerkmeisters kann auch ein Chemielaborant oder ein Chemotechniker eingesetzt werden).

Labor:

Chemielaboranten, oder Chemotechniker bzw. Chemiewerker mit einschlägiger Berufserfahrung.

6.3 SICHERHEITSANALYSEN, RISIKO- UND UNFALLMANAGEMENT

Wenn die Anlage der Störfallverordnung, BGBl. Nr.553/1991 unterliegt, dann ist eine Sicherheitsanalyse und ein Maßnahmenplan zu erstellen. Dies bezieht sich vor allem auf die Gefahr von Störfällen, die sich aus der Lagerung größerer Mengen gefährlicher Stoffe im Sinne des Chemikaliengesetzes ergibt und gilt jedenfalls für Anlagen gemäß § 29 AWG Abs.1.

Im Bereich der EU Seveso-II-Richtlinie wird die Richtlinie über die Gefahren schwerer Unfälle bei bestimmten Industrietätigkeiten vom 24.Juni 1982 - genannt „Seveso-Richtlinie" ersetzen. Mit der Seveso-II-Richtlinie soll ein Risiko- und Unfallmanagement verpflichtend eingeführt werden. Wohngebiete, öffentlich genutzte Gebäude und besonders empfindliche Gebiete sollen durch eine Flächennutzungspolitik, die die Risiken durch störfallgeneigte Industrieansiedlungen berücksichtigt, besser vor Gefahren geschützt werden. Bei der Errichtung bzw. Erweiterung von Anlagen zur chemisch-physikalischen Abfallbehandlung werden vor allem die Mengenschwellen der Seveso-II-Richtlinie und die in ihr genannten gefährlichen Stoffe zu beachten sein.

6.4 DOKUMENTATION, INFORMATIONSPFLICHTEN

6.4.1 Betriebshandbuch

Grundlage für den Betrieb einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage ist das Betriebshandbuch.

Dieses Betriebshandbuch hat zu enthalten:

(1) Darstellung des Unternehmens

(2) Organisation und Management

(3) Organigramm (mit namentlicher Nennung der Verantwortlichen und deren Stellvertreter)

(4) Qualifikation, Eignung, Weiterbildung der Mitarbeiter

(5) Geschäftsordnung

(6) Geschäftsverteilungsplan

(7) Prüf-, Arbeits-, Sicherheits- und Betriebsanweisungen

(8) Allgemeine technische Voraussetzungen für die Kontrolle

(9) Aufzeichnung und Archivierung

(10) Sicherheitsanalysen

Bezüglich der umstehend zitierten Punkte können die folgenden ausführlichen Angaben gemacht werden:

(1) Darstellung des Unternehmens:

- Name des Unternehmens
- Rechtsform
- Anschrift
- Kommunikationsmittel
- Gründungsdaten
- Gesellschafter
- Geschäftsleitung
- Bankverbindung
- Geschäfts- und Tätigkeitsbereiche
- Mitgliedschaften in Vereinigungen und Ausschüssen
- Zulassungen und Bewilligungen
- Chronologische Unternehmensgeschichte

(2) Organisation und Management:

- Gewerberechtliche Geschäftsführer
- Leiter der Kontrolle
- Abfallrechtlicher Geschäftsführer
- Laborleiter
- Betriebsleiter
- Leiter der Verwaltung

(3) Organigramm

- graphische Darstellung der Unternehmensstruktur und der personellen Verantwortlichkeiten

(4) Personalqualifikation, - eignung, - weiterbildung:

- Zuständigkeitsbereich
- Position des Verantwortlichen
- Funktion des Verantwortlichen
- Name des Verantwortlichen
- beruflicher Lebenslauf incl. Fort- und

Weiterbildungsmaßnahmen

(5) Geschäftsordnung:

- Position
- Funktion
- Name
- präzise Tätigkeitsbeschreibung
- Beschreibung und Abgrenzung der Verantwortungbereiche
- Gewerberechtlicher Leiter
- Leiter der Kontrolle
- Abfallrechtlicher Geschäftsführer
- Laborleiter
- alle verantwortlichen Mitarbeiter

(6) Geschäftsverteilungsplan:

- Beschaffung von Aufträgen
- Prüfung, ob Aufträge realisierbar sind
- Angebotsabwicklung
- Annahme von Aufträgen und Proben
- Abwicklung von Aufträgen (kaufmännisch)
- Abwicklung von Aufträgen (technisch)
- Beschaffung von Einrichtungsgegenständen, Verbrauchsmitteln sowie Gerätschaften
- Inbetriebnahme von Geräten
- Funktionskontrolle und Wartung

(7) Prüf-, Arbeits-, Sicherheits- und Betriebsanweisungen:

- Prüfanweisungen:
  matrixabhängig mit Nennung der Prüfung und Verweis auf die entsprechende Arbeitsanweisung in Form von:
  * Normenzitaten
  * Methodenquellen
  * bzw. dezidierter Beschreibung der Prüfung
- Arbeitsanweisungen:
  Mindestumfang als präzise Beschreibung der durchzuführenden Arbeitsschritte, die im Rahmen einer Tätigkeit erforderlich bzw. zu beachten sind.

* Allgemeine Angaben zum Verfahren der Tätigkeit
* Bezeichnung des Verfahrens
* Verfahrensgrundlagen
* Anwendungsbereiche
* Störeinflüsse
* Notwendige Gerätschaften
* Chemikalien
* Durchführung der Tätigkeit
* Kalibrierung
* Kontrollmechanismen
* Auswertung
* Angabe der Ergebnisse

- Sicherheitsanweisungen
  * Geräte (gefährliche Arbeitsmittel) und Chemikalien
  * Gefahrenquellen
  * Gefahrstoffbezeichnungen
  * Gefahren für Menschen und Umwelt
  * Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln
  * Erste Hilfe
  * Hinweise zur sachgerechten Benutzung

- Betriebsanweisungen:

  Allgemeine und spezielle Anweisungen und Verhaltensregeln für das Personal über Belange des Unternehmens, zum Beispiel:
  * allgemeine Verhaltensregeln
  * allgemeine Maßnahmen zur Arbeitssicherheit
  * Umgang mit gesundheitsgefährdenden Stoffen
  * Abfall- und Abwasserentsorgung
  * Strahlenschutz
  * Ermahnung zum sparsamen Umgang mit Verbrauchsmaterialien, Energien und Medien
  * Ermahnung zum pfleglichen und schonenden Umgang mit Prüfgerätschaften

(8) Allgemeine technische Voraussetzungen:

- Mindestangaben:
  * allgemeine Beschreibung des Betriebsgebäudes

* Lageplan
* Grundriß je Geschoß mit Flächenangabe
* Raumpläne
* Raumblätter
* Raumbezogene Nutzungsbeschreibung
  - Geräteausstattung
  - Energien
  - Medien (Versorgung)
  - Klimatische Bedingungen
  - Besonderheiten
* Raumbezogene technische Kontrollvorgänge

(9) Aufzeichnung und Archivierung:

* Angaben über die Führung und Archivierung des Betriebstagebuches
* Angaben über die Erstellung der Jahresübersicht, deren Verteilung und Archivierung
* Angaben über die Aufbewahrung prüfrelevanter Unterlagen von den Prüftätigkeiten im Labor

(10) Sicherheitsanalysen:

Sicherheitsanalyse gemäß § 7 der "Störfallverordnung" (BGBl. 1991/553)

6.4.2 Betriebstagebuch

Zum Nachweis eines ordnungsgemäßen Betriebes hat der Betreiber einer chemisch-physikalischen Behandlungsanlage ein Betriebstagebuch zu führen.

Das Betriebstagebuch hat zumindest zu beinhalten:

- übernommene Abfälle, aufgeschlüsselt nach Herkunft, Schlüsselnummer und gewichtsmäßiger Erfassung
- Nachweise von der Anlage nach außen entsorgter Abfälle - aufgeschlüsselt nach Gewicht und Schlüsselnummern

  Anmerkung zur Aufzeichnung übernommener und übergebener Abfälle:

  Nach § 7 AbfallnachweisVO sind laufende Aufzeichnungen über gefährliche Abfälle und Altöle durch die Aufbewahrung der Begleitscheine (eventuell EDV-unterstützt) zu führen.

  Es könnten zum Beispiel alle Aufzeichnungen zu Übernahme/Übergabe von Abfällen in drei fortlaufenden Ordnern/Mappen geführt werden:

  1) Zur Übernahme gefährlicher Abfälle und Altöle; gegebenenfalls getrennt nach Stoffklassen

2) Zur Übergabe gefährlicher Abfälle und Altöle; gegebenenfalls getrennt nach Stoffklassen

3) Zur Übernahme und Übergabe anderer Abfälle

- Angabe über die entsorgten Mengen an Abwasser und deren Zeitpunkt der Einleitung (Beginn, Ende)
- Angaben über Störungen, Betriebsstillstände sowie Wartungsarbeiten
- Betriebszeiten und Stillstandszeiten der Anlage
- Ergebnisse sämtlicher Kontrolluntersuchungen, die im Betrieb durchgeführt wurden
- Angabe von etwaigen Grenzwertüberschreitungen, deren Behebungen und Meldungen diesbezüglich an die Behörden
- Dokumentation, welche Maßnahmen bei einer negativen Eingangskontrolle ergriffen wurden
- Menge und Arten an Hilfsstoffen, die in der Anlage verwendet werden
- externe Untersuchungen

Das Betriebstagebuch soll sieben Jahre lang aufbewahrt werden.

6.4.3 Jahresübersicht

Die Daten des Betriebstagebuches sind ein Mal pro Jahr in einer Jahresübersicht zusammenzustellen. Diese Jahresübersicht soll eine Bilanz über die übernommenen Abfälle und den Weg, den diese Abfälle genommen haben, ermöglichen.

Die Menge an übernommenen Abfällen und etwaigen Nutzwassers - zusammen mit der Menge an eingesetzten Chemikalien - muß - unter Berücksichtigung der Lagerbestände - gleich sein mit der Menge an außerhalb entsorgtem Abfall und entsorgtem Abwasser. Differenzen sind in der Jahresübersicht zu erläutern.

In dieser Jahresübersicht sind auch alle Betriebsstörungen, Grenzwertüberschreitungen und Meldungen an Behörden aufzunehmen.

Diese Jahresübersicht ist der zuständigen Behörde auf Verlangen zu übergeben, bzw. kann auch als allgemeine Information an die Bevölkerung dienen (in Erfüllung des § 13 des Umweltinformationsgesetzes BGBl. 1993/495).

Mit der Jahresübersicht wird dem § 14, Abs. 1 AWG (BGBl. Nr. 434/1996) genüge getan: Wer Abfälle oder Altöle behandelt, hat - getrennt für jedes Kalenderjahr - fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib dieser Abfälle zu führen .

Die Jahresübersicht ist mindestens sieben Jahre aufzubewahren.

6.4.4 Informationsblatt betreffend Übernahme von Abfällen

Es ist unter Berücksichtigung der vorhandenen abfallrechtlichen, gewerberechtlichen und/oder wasserrechtlichen Bewilligungen ein Informationsblatt zu erstellen, das einen Negativkatalog und eventuell chemische Stoffkriterien für die Übernahme von Abfällen enthält (siehe auch Abschnitt 5.1).

6.5 GESETZLICHE INFORMATIONSPFLICHTEN

Umweltinformationsgesetz

Das Recht auf freien Zugang zu Umweltdaten für jedermann ist im § 4 des Umweltinformationsgesetzes (UIG, BGBl. 1993/495) festgelegt. Dem UIG unterliegen jedenfalls Daten über (§ 4 Abs.2):

„1. den Zustand der Gewässer, der Luft, des Bodens und der Tier- und Pflanzenwelt, der natürlichen Lebensräume oder die Lärmbelästigung

2. den Verbrauch der natürlichen Ressoucen Wasser, Luft oder Boden in aggregierter oder statistisch dargestellter Form

3. Emissionen von Stoffen oder Abfällen aus einer Anlage in die Umwelt (Wasser, Luft, Boden) in zeitlich aggregierter oder statistisch dargestellter Form;

4. Überschreitungen von Emissionsgrenzwerten"

Die Mitteilung von Umweltdaten kann verweigert werden, wenn durch die Veröffentlichung *„ein Geschäfts- und Betriebsgeheimnis unmittelbar oder mittelbar durch die Möglichkeit von Rückschlüssen offengelegt....."*

Aus dem § 13 des UIG ergibt sich eine konkrete Verpflichtung zur Bekanntgabe von Emissionsdaten, die aufgrund bundesgesetzlicher Vorschriften gemessen werden:

§ 13, Abs. 1: *„Wer auf Grund bundesgesetzlicher Vorschriften oder darauf beruhenden behördlichen Anordnungen verpflichtet ist, Emissionen aus seiner Betriebsanlage zu messen und darüber Aufzeichnungen zu führen, hat über das jeweils letztvergangene Kalendermonat und das letztvergangene Kalenderjahr vorliegende Aufzeichnungen in allgemein verständlicher Form an einer allgemein leicht zugänglichen Stelle bekanntzumachen. Diese Aufzeichnungen können zur Wahrung von geheimhaltungswürdigen Tatsachen in Form von Massenstromangaben an gemessenen Schadstoffkomponenten in kg/Monat und kg/Jahr oder aus Gründen der Übersichtlichkeit oder Zweckmäßigkeit in zusammengefaßter Form - unter Angabe des jeweils höchsten und niedrigsten Meßwertes - im Bekanntmachungszeitraum dargestellt werden".*

Somit sind bei der chemisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlage jedenfalls die Abwasseremissionsdaten bekannt zu machen. Auch für die Behörde besteht diesbezüglich nach dem WRG eine Informationspflicht: Aufgrund des § 33 b, Abs. 11 des WRG (Wasserrechtsgesetz, BGBl. Nr. 215, 1959) hat die Wasserrechtsbehörde jedermann auf Antrag darüber Auskunft zu erteilen, welche Emissionen für ein Vorhaben aufgrund des Wasserrechtsgesetzes bewilligt worden sind und welche Eigenschaften (Frachten, Konzentrationen, sonstige Eigenschaften) das tatsächlich abgeleitete Abwasser aufweist.

Störfallinformationsverordnung

Daneben gibt es auch eine Informationspflicht über die Gefahr von Störfällen gemäß § 14 UIG, sowie über Störfälle selbst: Der Inhaber einer gefahrengeneigten Anlage hat die von einem Störfall (§ 82 a Abs. 3 Gewerbeordnung 1973) möglicherweise betroffene Öffentlich-

keit sowie die sachlich zuständige(n) Behörde(n) unaufgefordert in regelmäßigen - zwei Jahre nicht übersteigenden - Zeitabständen über die Gefahren und Auswirkungen von Störfällen und über die notwendigen Verhaltensmaßnahmen im Störfall in geeigneter Weise zu informieren.

Diese Information hat folgende Angaben zu enthalten:

1. Bezeichnung (Name, Firma) der Anlage und Angabe des Standortes;

2. Bekanntgabe einer Auskunftsperson und von außerbetrieblichen Stellen, bei denen nähere Informationen eingeholt werden können;

3. Beschreibung der Anlage, insbesondere der sicherheitstechnisch bedeutsamen Anlagenteile und der Tätigkeit, die an dem Standort ausgeführt wird;

4. Angaben über die Gefahren, die die Anlage zu einer gefahrengeneigten Anlage werden läßt, insbesondere die Faktoren, die einen Störfall herbeiführen können;

5. Angaben über die Gefahren, die die Anlage zu einer gefahrengeneigten Anlage werden läßt, insbesondere die Faktoren, die einen Störfall herbeiführen können;

6. Informationen über die möglichen Gefahrenquellen sowie die Voraussetzungen, unter denen ein Störfall eintreten kann;

7. Allgemeine Unterrichtung über die Art der Gefahren, die von Störfällen ausgehen können und über die Auswirkungen auf Leben oder Gesundheit von Personen oder auf die Umwelt;

8. Auskunft über die bei Eintritt eines Störfalles zu treffenden Verhaltensmaßnahmen der betroffenen Bevölkerung und

9. Information über die am Standort der Anlage seitens des Inhabers/der Inhaberin im Störfall zu veranlassenden Maßnahmen unter Einschluß der Abstimmungsmaßnahmen mit den für die allgemeine Katastrophenhilfe zuständigen Behörden und Einrichtungen.

Störfallinformationspflichtige Anlagen müssen bei Störfällen die *„möglicherweise betroffene Öffentlichkeit in kurzer und allgemein verständlicher Form"* informieren. Der Begriff *„möglicherweise betroffene Öffentlichkeit"* wird in der Verordnung näher definiert. Der Begriff *„Störfall"* wird in der Gewerbeordnung im § 82 a definiert, und zwar folgendermaßen:

„Ein Störfall im Sinne dieses Bundesgesetzes ist ein Abweichen von dem der Rechtsordnung entsprechenden Zustand der Betriebsanlage, durch das, ausgehend von einem die Gefahrengeneigtheit der Anlage begründeten Anlagenteil, eine Gefahr für das Leben oder die Gesundheit von nicht zur Vermeidung oder Abwehr dieser Gefahr verpflichteten Menschen oder in großem Ausmaß eine Gefahr für fremdes Eigentum oder die Umwelt herbeigeführt werden kann."

Die Störfallinformationsverordnung gilt jedenfalls für *„Anlagen zur stofflichen Verwertung oder sonstigen Behandlung, die eine Jahreskapazität von mindestens 10.000 t gefährlichen Abfällen oder von mindestens 20.000 t an Altölen....." aufweisen.* Werden sowohl gefährliche Abfälle als auch Altöle behandelt, dann gilt als Mengenschwelle 20.000 t/a. Damit ist die Störfallinformationsverordnung für ca. ein Drittel der österreichischen CP-Anlagen anzuwenden, für die kleineren Anlagen jedoch nicht.

Abfallnachweise, Begleitscheine und Jahresübersicht

Bezüglich der Abfälle sind die durch das AWG und die Abfallnachweis-Verordnung vorgesehenen Informationen anzugeben: Nach AWG § 14 (1) haben Sammler und Behandler für alle Abfälle - also gefährliche und nicht gefährliche - eine Jahresübersicht zu erstellen:

„Wer eine Tätigkeit ausübt, bei der Abfälle oder Altöle anfallen, oder wer Abfälle oder Altöle sammelt oder behandelt, hat, getrennt für jedes Kalenderjahr, fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Menge, Herkunft und Verbleib dieser Abfälle oder Altöle zu führen und darüber den Behörden auf Verlangen Auskunft zu erteilen. Personen, die erwerbsmäßig Waren abgeben, unterliegen in bezug auf die Rücknahme von nicht gefährlichen Abfällen, Altölen und Problemstoffen nicht der Aufzeichnungspflicht. Die Aufzeichnungen sind, vom Tag der letzten Eintragung an gerechnet, mindestens sieben Jahre aufzubewahren und den Behörden auf Verlangen vorzulegen."

Für die Übergabe und Übernahme gefährlicher Abfälle ist der gesamte § 19 des AWG bzw. die Abfallnachweisverordnung anzuwenden. Damit wird gleichzeitig auch die EU-Richtlinie über gefährliche Abfälle, die ebenfalls eine Nachweispflicht für gefährliche Abfälle vorsieht, erfüllt.

§ 19 (2): *„Wer gefährliche Abfälle oder Altöle als Sammler oder Behandler übernimmt oder eigene gefährliche Abfälle oder Altöle selbst behandelt, hat innerhalb von drei Wochen nach der Übernahme oder der Behandlung dem Landeshauptmann Art, Menge, Herkunft, Transporteur und Adressat dieser Abfälle und Altöle zu melden. Die Übermittlung von Daten der Begleitscheine kann im Wege der automatischen Datenverarbeitung an den zuständigen Landeshauptmann mit dessen Zustimmung erfolgen."*

Eine sorgfältige und übersichtliche Dokumentation der übernommenen und übergebenen Abfälle (gefährliche und nicht gefährliche) ist jedenfalls zu erstellen (siehe auch Abschnitte 6.4.2 und 6.4.3).

Die Anpassung der österreichischen Gesetzgebung an das „Verzeichnis gefährlicher Abfälle" der EU ist noch im Gange.

Notfizierung, Export

Mit der AWG-Novelle im Jahr 1996 werden die Bestimmungen der EG-Verbringungsverordnung in nationales Gesetz umgesetzt. Laut EG-Verbringungsverordnung ist für bestimmte Verbringungen (= Abfallexporte, Abfallimporte, Durchfuhr von Abfällen) eine Notifizierung erforderlich. Beim Export ist zu beachten, daß die Notifizierung mittels Notifizierungsbegleitscheines erfolgen muß. Die notifizierende Person übermittelt dazu (nach AWG § 35 a):

„eine technische Beschreibung der Anlage und der Restabfallbeseitigung, den Vertrag zur umweltgerechten Behandlung der Abfälle oder Altöle in deutscher oder englischer Sprache sowie im Falle der Verbringung in ein Drittland im Sinne der EG-Verbringungs-VO die Bewilligungen der Beseitigungs- oder Verwertungsanlage."

Weiters sind aufgrund des AWG § 34 Abs.(1) die übrigen Informationspflichten der EG-Verbringungsverordnung, EWG Nr. 259/93, zu erfüllen.

6.6 NAMHAFTMACHUNG VERANTWORTLICHER PERSONEN

Aufgrund der derzeitigen Gesetzeslage sind bereits eine Anzahl von beauftragten Personen definiert. Es wird zweckmäßig sein, die für die Sicherheit beim Umgang mit Chemikalien verantwortliche Person aus diesem Personenkreis auszuwählen.

Nach WIFI (1995) sind derzeit folgende Beauftragte durch Bundesgesetze definiert:

- ***Abfallbeauftragter***

Rechtsgrundlage: Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl. Nr. 434/1996 idgF.

Voraussetzung: Der Betrieb muß mindestens 100 Arbeitnehmer beschäftigen.

Aufgaben: Der Abfallbeaufragte hat die Einhaltung der Vorschriften des Abfallwirtschaftsgesetzes oder darauf beruhender Verwaltungsakte zu überwachen und auf eine sinnvolle Organisation der Umsetzung der den Betrieb betreffenden abfallrechtlichen Bestimmungen hinzuwirken. Er hat den Betriebsinhaber über seine Wahrnehmungen, insbesondere über festgestellte Mängel, unverzüglich zu informieren.

- ***Beauftragter für den Giftverkehr***

Rechtsgrundlage: Chemikaliengesetz, BGBl. Nr. 326/1987 idgF.

Voraussetzung: Der Betrieb muß Gifte herstellen oder in Verkehr setzen. Für Apotheken und für Betriebe die ausschließlich mindergiftige Stoffe oder mindergiftige Zubereitungen herstellen oder in Verkehr setzen, die keine sehr giftigen oder giftigen Stoffe beinhalten, ist die Bestellung eines Beauftragten nicht notwendig.

Aufgaben: Der Beauftragte für den Giftverkehr hat die Einhaltung der Vorschriften des Chemikaliengesetzes oder der darauf beruhenden Verwaltungsakte zu überwachen. Er hat den Betriebsinhaber über seine Wahrnehmungen, insbesondere über festgestellte Mängel, zu informieren.

- ***Sicherheitsvertrauensperson***

Rechtsgrundlage: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz BGBl. Nr. 450/1994

Voraussetzung: Der Betrieb muß mehr als 10 Beschäftigte haben. Eine mit Strafsanktionen verbundene Verpflichtung zur Einsetzung einer Sicherheitsvertrauensperson besteht aber erst ab 50 Beschäftigten. Die Anzahl der gesetzlich vorgeschriebenen Sicherheitsvertrauenspersonen hängt von der Anzahl der Beschäftigten ab.

Aufgaben: Die Sicherheitsvertrauensperson hat die Aufgabe der Beratung und Unterstützung von Arbeitnehmern und Belegschaftsorganen in allen Fragen der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes.

- ***Sicherheitsfachkräfte***

Rechtsgrundlage: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz BGBl. Nr. 450/1994.

Voraussetzung: In der Arbeitsstätte müssen mehr als 150 Arbeitnehmer beschäftigt sein. Das Gesetz sieht hinsichtlich der Anzahl der Arbeitnehmer eine etappenweise Regelung vor, nach der ab 1. Jänner 2000 auch Arbeitsstätten mit bis zu 10 Arbeitnehmer Sicherheitsfachkräfte installieren müssen.

Aufgaben: Sicherheitsfachkräfte haben die Aufgabe, die Arbeitgeber, die Arbeitnehmer, die Sicherheitsvertrauenspersonen und die Belegschaftsorgane auf dem Gebiet der Arbeitssicherheit und der menschengerechten Arbeitsgestaltung zu beraten und die Arbeitgeber bei der Erfüllung Ihrer Pflichten auf diesem Gebiet zu unterstützen.

- ***Arbeitsausschuß***

Rechtsgrundlage: ArbeitnehmerInnenschutzgesetz BGBl. Nr. 450/1994

Voraussetzung: In der Arbeitstätte müssen mindestens 100 Arbeitnehmer beschäftigt sein.

Aufgaben: Der Arbeitsausschuß hat die Aufgabe, die gegenseitige Information, den Erfahrungsaustausch und die Koordination der betrieblichen Arbeitsschutzeinrichtungen zu gewährleisten und auf eine Verbesserung der Sicherheit, des Gesundheitsschutzes und der Arbeitsbedingungen hinzuwirken. Im Arbeitsausschuß sind insbesondere die Berichte und Vorschläge der Sicherheitsvertrauenspersonen, der Sicherheitsfachkräfte und der Arbeitsmedizin zu erörtern.

- ***Verantwortlicher Beauftragter für die Einhaltung von Arbeitnehmerschutzvorschriften sowie des Arbeitsinspektionsgesetzes***

Rechtsgrundlage: Arbeitsinspektionsgesetz, BGBl. Nr. 27/1993.

Voraussetzung: Der Betrieb kann einen Beauftragten nominieren, er ist jedoch nicht dazu verpflichtet.

Aufgaben: Der Beauftragte ist für die Einhaltung von Arbeitnehmerschutzvorschriften bzw. für die Einhaltung des Arbeitsinspektionsgesetzes verantwortlich.

- ***Störfall-Sicherheitsbeauftragter***

Rechtsgrundlage: Störfallverordnung BGBl. Nr. 553/1991.

Voraussetzung: Der Betrieb kann einen Beauftragten nominieren, er ist jedoch nicht dazu verpflichtet.

Aufgaben: Der Störfall-Sicherheitsbeauftragte hat für die Erfüllung jener ansonsten den Anlageninhaber treffenden Pflichten, mit denen ihn der Anlageninhaber beauftragt hat, zu sorgen.

- ***Verantwortlicher Beauftrager für Abwasserreinigungsanlagen***

Rechtsgrundlage: Wasserrechtsgesetz, BGBl.Nr. 215/1959 idgF.

Voraussetzung: Die Wasserrechtbehörde kann, soweit dies notwendig erscheint, durch Bescheid die Bestellung einer für die Abwasserreinigung verantwortlichen Person auftragen. Diese Regelung ist vor allem für Produktionsanlagen von Bedeutung, weniger dagegen für die CPB.

Aufgaben: Der Beauftragte hat für die Einhaltung der wasserrechtlichen Vorschriften zu sorgen.

- ***Strahlenschutzbeauftragter***

Rechtsgrundlage: Strahlenschutzgesetz, BGBl. Nr. 227/1969 idgF

Voraussetzung: Betriebe die radioaktive Stoffe verwenden.

Aufgaben: Der Strahlenschutzbeauftragte hat für die Einhaltung der Strahlenschutzvorschriften zu sorgen. Er hat die in Strahlenbereichen tätigen Personen über jene Gefahren zu belehren, die der Aufenthalt in diesen Bereichen mit sich bringen kann.

6.7 PERSONEN- UND ARBEITNEHMERSCHUTZ

6.7.1 Allgemeines

Der Personen- und Arbeitnehmerschutz soll den arbeitenden Menschen vor Unfall- und Gesundheitsgefahren schützen. Neben der rechtlichen Verantwortung des Unternehmers für den Arbeitnehmerschutz in seinem Betrieb besteht die Pflicht jedes einzelnen Arbeitnehmers, sich und seine Kollegen vor Unfällen und arbeitsbedingten Erkrankungen zu schützen. Es müssen alle geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, um Leben und Gesundheit der Arbeitnehmer zu erhalten und den Betrieb vor wirtschaftlichen Schäden zu bewahren.

Dabei ist der sicherheitstechnische Zustand der im Betrieb verwendeten Maschinenwerkzeuge und anderen Einrichtungen von ebenso großer Bedeutung, wie das sicherheitsgerechte Verhalten aller Beschäftigten und eine funktionsfähige Sicherheitsorganisation.

Als Grundlage für den Arbeitnehmerschutz dient das neue Arbeitnehmerinnenschutzgesetz, BGBl. Nr. 450/1994. Aufgrund der derzeit noch ausständigen Verordnungen ist für Einzelbereiche jedoch die Allgemeine Arbeitnehmerschutzverordnung, BGBl. Nr. 218/1983 in der Fassung 369/1994 weiterhin anzuwenden.

Die allgemeinen Anforderungen an den Arbeitnehmerschutz werden im § 4 Abs.1 des Arbeitnehmer(innen)schutzgesetzes (BGBl. 450/1994) 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 (Anmerkung: Geräten etc.)

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 Maßnahmen bzw. Themen zu nennen:

- Einhalten der MAK-Werte
- Lärmschutz
- Schutz vor Erschütterungen
- Schutz vor Kälte und Hitze
- Schutz gegen Infektionsgefahren
- Absturzgefahren
- Gefahrenbereiche, z.B. durch elektrische Spannung
- Verkehr in der Anlage: i.d.R. analog zur Straßenverkehrsordnung
- Abmessungen und Anordnung der Verkehrswege
- Fluchtwege, Notausgänge

- Brandschutz, Explosionsschutz
- behindertengerechte Gestaltung
- Konstruktion und Einrichtung: Beleuchtung, Nässeschutz etc.
- Erste-Hilfe-Maßnahmen
- Sanitäre Einrichtungen zum Schutz der Arbeitnehmer, Rauchverbot, Eßverbot.
- Medizinische Prävention, Präventionsuntersuchungen
- Sicherheitsvertrauensperson (siehe Abschnitt 6.6)

6.7.2 Gesetzliche Grundlagen

Folgene Gesetze und Verordnungen sind einzuhalten bzw. zu beachten:

- Arbeitnehmerinnenschutzgesetz, BGBl. Nr. 450/1994
- Arbeitnehmerschutzverordnung, BGBl. Nr. 218/1983 in der Fassung 369/1994
- Allgemeine Dienstnehmerschutzverordnung, BGBl. Nr. 32/1962 in der Fassung BGBl. Nr. 31/1965
- Bauarbeiterschutzverordnung, BGBl. Nr. 340/1994
- Persönliche Schutzausrüstung - Sicherheitsverordnung, BGBl. Nr. 596/1994
- Maschinensicherheitsverordnung, BGBl. Nr. 306/1994 in der Fassung BGBl. Nr. 31/1995
- Elektrotechnikgesetz 1992, BGBl. Nr. 106/1993
- Elektrotechnikverordnung 1993, BGBl. Nr. 47/1994
- Niederspannungsgeräteverordnung 1995, BGBl. Nr. 51/1995
- Elektromagnetische Verträglichkeitsverordnung 1995, BGBl. Nr. 52/1995
- Elektroschutzverordnung, BGBl. Nr. 706/1995

6.7.3 Technischer Arbeitnehmerschutz

Technischer Arbeitnehmerschutz sind alle jene Maßnahmen, die technisch möglich sind, um vor Gefahren zu schützen. Dies beginnt in Arbeitsräumen bzw. Betriebsräumen, in denen ein ständiger Arbeitsplatz eingerichtet ist.

Unter einem ständigen Arbeitsplatz versteht man:

a) Bereiche, in denen Arbeitnehmer entweder an 30 Tagen oder mehr im Jahr beschäftigt sind oder

b) Bereiche, in denen Arbeitnehmer an weniger als 30 Tagen im Jahr, aber in der Regel länger als vier Stunden täglich beschäftigt sind

Schutzmaßnahmen an Maschinen:

Die Maschinen, Förderanlagen, Rührwerke, Pressen, Filter, usw.) müssen hinsichtlich ihrer Bauweise den anerkannten Regeln der Technik (ÖNORMEN, ÖVE-Vorschriften) entsprechen, wenn diese Vorschriften auch dem Schutz des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer dienen. Eine Abweichung von einschlägigen technischen Regeln ist nur dann zulässig, wenn durch sie zumindest der gleiche Schutz erreicht wird. Die wiederkehrenden Prüfungen für Einrichtungen und Mittel sind dann erforderlich, wenn der ordnungsgemäße Zustand dieser für den Schutz des Lebens und der Gesundheit der Arbeitnehmer von wesentlicher Bedeutung ist.

Arbeiten unter Lärm und Erschütterungen:

Der Arbeitgeber hat unter Berücksichtigung des Standes der Technik die Vorgänge und die Arbeitsplätze entsprechend zu gestalten und alle geeigneten Maßnahmen zu treffen, damit die Lärmentwicklung auf das niedrigste in der Praxis vertretbare Niveau gesenkt wird. Unter Berücksichtigung des technischen Fortschrittes und der verfügbaren Maßnahmen ist auf eine Verringerung des Lärms möglichst direkt an der Entstehungsstelle hinzuwirken.

Schutz vor Dämpfen und Aerosolen (Einhalten der MAK-Werte):

Die diesbezüglichen Anforderungen werden im Abschnitt 12 „Abluft" besprochen.

6.7.4 Persönlicher Arbeitnehmerschutz

Es sind Maßnahmen für einen persönlichen Arbeitnehmerschutz gemäß den Bestimmungen der §§ 69, 70 und 71 des Arbeitnehmerinnenschutzgesetzes zu setzen.

6.7.5 AUVA-Merkblätter

Auf folgende Merkblätter der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) wird hingewiesen:

Merkblatt-Nummer	Titel des Merkblattes
M 040	Evaluierung von Arbeitsplätzen und Gefährdungsminimierung - Eine Einführung
M 100	Erste Hilfe
M 327	Behälter
M 365	Umgang mit Laugen
M 366	Umgang mit Säuren
M 700	Gehörschützer
M 701	Schutzhelme
M 702	Schutzschuhe
M 719	Atemschutz gegen Schwebstoffe
M 720	Atemschutz gegen Gase (Dämpfe)

7 GEMEINSAME ANFORDERUNGEN FÜR CPO-, CPA-ANLAGEN UND LAGER

7.1 BEURTEILUNG, ERSTUNTERSUCHUNG

Grundsätzliche Entscheidungen über die Zuordnung von Abfällen zu Behandlungsverfahren sind immer vor der ersten Anlieferung vorzunehmen. Bei diesen Grundsatz-Entscheidungen über eine Anlieferung zur CP-Anlage sind die im AWG festgelegten abfallwirtschaftlichen Zielvorstellungen (siehe Abschnitte 2 und 3) und die verfahrenstechnischen Grenzen der CPB zu beachten.

Auf die Zuordnung von Abfällen zu CP-Anlagen im Abschnitt 5 dieses Berichtes sei nochmals hingewiesen. Als Grundlage für eine Entscheidung über die Zuordnung von Abfällen zu CP-Anlagen ist immer eine Untersuchung (=Erstuntersuchung) des Abfalls erforderlich. Diese Untersuchung kann z.B. gemäß ÖNORM S 2110 durchgeführt werden (Näheres siehe Abschnitt 7.3). Zusätzlich soll der Gesamtgehalt an organischen Kohlenstoffverbindungen (TOC) bestimmt werden; bei flüssigen Abfällen auch der chemische Sauerstoffbedarf (CSB).

Kann aufgrund einer Erstuntersuchung und der Beurteilung der technischen Möglichkeiten der Behandlung in einer bestimmten CP-Anlage die Aussage getroffen werden, daß der Abfall entgegen den in Abschnitt 5 getroffenen Zuordnungen für eine bestimmte Behandlungsmethode geeignet oder nicht geeignet ist, dann ist diese Bewertung bzw. Zuordnung ausführlich zu begründen.

Auch bei der Anlieferung sind Analysen der übernommenen bzw. nicht übernommenen Abfälle vorzunehmen (=Eingangskontrolle). Der Vorgang der Eingangkontrolle wird in Abschnitt 7.4 beschrieben.

7.2 TRANSPORT, BEGLEITSCHEINPFLICHT

Für den Transport sind die einschlägigen Sicherheitsvorschriften für das jeweilige Transportmittel (Straße, Bahn, Schiff....) und die Begleitscheinpflichten nach AWG (BGBl. Nr. 434/1996) einzuhalten. Im Falle einer Verbringung von Abfällen (Export, Import, Durchfuhr) sind die §§ 34 und folgende des AWG und die Abfallverbringungs-Verordnung der EG zu erfüllen.

7.2.1 Begleitscheinpflicht

Bevor ein Abfall transportiert wird, ist zu prüfen, ob es sich bei diesem um einen gefährlichen Abfall handelt oder nicht. Während der Beförderung gefährlicher Abfälle sind die ordnungsgemäß ausgefüllten Begleitscheine mitzuführen (§ 20 Abs.2 AWG). Welche Abfälle als gefährliche Abfälle gelten, ist in der Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle (BGBl. Nr.65/1991) geregelt. Neben den Abfallarten der ÖNORM S 2101 (Ausgabe 1983) wurden in § 2 dieser Verordnung noch weitere Abfallarten als gefährliche Abfälle festgelegt.

Aufgrund von bereits erlassenen EU-Regelungen wird derzeit die österreichische Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle novelliert.

Bei der innerbetrieblichen Vorbehandlung von Abwässern (z.B. Neutralisation, aber keine ausreichende Entwässerung von Metallhydroxid-Abwässern) ist die Einstufung des Abfalls

als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall bisweilen schwierig. In einigen Fällen kann eine Untersuchung gemäß ÖNORM S 2072 oder ein Feststellungsbescheid gemäß Abfallwirtschaftsgesetz erforderlich sein.

§ 19 (2) lautet: *„Wer gefährliche Abfälle oder Altöle als Sammler oder Behandler übernimmt oder eigene gefährliche Abfälle oder Altöle selbst behandelt, hat innerhalb von drei Wochen nach der Übernahme oder der Behandlung dem Landeshauptmann Art, Menge, Herkunft, Transporteur und Adressat dieser Abfälle und Altöle zu melden. Die Übermittlung von Daten der Begleitscheine kann im Wege der automatischen Datenverarbeitung an den zuständigen Landeshauptmann mit dessen Zustimmung erfolgen."*

Die Handhabung des Begleitscheines ist (und wird weiterhin, Novelle in Vorbereitung) in der Abfallnachweisverordnung festgelegt.

Gemäß § 20 AWG dürfen unbeschadet weitergehender Rechtsvorschriften gefährliche Abfälle und Altöle nur befördert werden, wenn diese auf den Verpackungen und Gebinden, in denen sie befördert werden, deutlich sichtbar gekennzeichnet sind. Der Bundesminister für Umwelt, Jugend und Familie kann im Einvernehmen mit dem Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, dem Bundesminister für öffentliche Wirtschaft und Verkehr und dem Bundesminister für wirtschaftliche Angelegenheiten unter Bedachtnahme auf eine ausreichende, sichere und genaue Erfassung der gefährlichen Abfälle und Altöle sowie die Anforderungen der Transportwirtschaft nähere Vorschriften betreffend die Kennzeichnung gefährlicher Abfälle und Altöle erlassen. Die Bestimmungen über den Transport gefährlicher Güter bleiben unberührt.

Liegt kein gefährlicher Abfall vor, dann sind für den Transport keine besonderen Anforderungen bezüglich der Begleitpapiere zu erfüllen und die üblichen Frachtpapiere sind im allgemeinen ausreichend.

Können Abfälle nicht bestimmungsgemäß zugestellt werden, hat der Transporteur diese Abfälle dem Übergeber zurückzustellen. Für gefährliche Abfälle und Altöle besteht in diesem Fall auch eine gesetzliche Verpflichtung zur Rückstellung (AWG § 20 Abs.3). Ist die Rückstellung nicht möglich oder nicht zumutbar, dann hat der Transporteur eine entsprechende Behandlung des Abfalls zu veranlassen.

Als nächster Schritt ist zu prüfen, ob der gefährliche Abfall auch gleichzeitig ein Gefahrgut im Sinne des ADR darstellt, da gefährlicher Abfall nicht unbedingt ein Gefahrgut sein muß.

7.2.2 Pflichten des Transporteurs nach dem AWG

Die Transportbestimmungen des ADR und der österreichischen Streckenbewilligungsverordnung wurden in der Anlage 1 dieses Berichtes zusammengefasst.

Auch von Seiten des Abfallwirtschaftsgesetzes (BGBl.Nr. 434/1996) ergeben sich Pflichten des Transporteurs. Nach den § 11 Abs. (1) und 17 Abs. (1) sind gefährliche Abfälle *"so getrennt zu sammeln, zu lagern, zu befördern und zu behandeln, daß Beeinträchtigungen im Sinne des § 1 Abs.(3) vermieden werden"*, wobei in § 1 Abs.(3) allgemein Gefährdungen der Gesundheit des Menschen, der Umwelt und unzumutbare Belästigungen angesprochen werden.

Nach § 11 Abs.(2) dürfen gefährliche Abfälle und Altöle nicht vermischt oder vermengt werden, wenn dadurch die Behandlung erschwert wird.

Handelt es sich um einen gefährlichen Abfall, so ist dieser entsprechend § 19 und § 20 AWG mit dem Begleitschein zu übergeben. Die Handhabung des Begleitscheines ist in der Abfallnachweisverordnung festgelegt (siehe Abschnitt 7.2.1).

Begleitscheine sind mitzuführen. Ein Transporteur, der keine Begleitpapiere vorweisen kann, gilt als verantwortlicher Abfallbesitzer und unterliegt somit den Pflichten des § 17 AWG („Sorge um die entsprechende Behandlung").

7.3 UNTERSUCHUNGEN FÜR DIE ZUORDNUNG ZUR CPB, ERSTANALYSE

Eine Zuordnung von Abfällen zu Behandlungsmethoden allein aufgrund der Abfallbezeichnung (Schlüssel-Nr.) ist in der Regel nicht möglich.

Die ÖNORM S 2110 "Analytische Beurteilung von Abfällen" vom 1. Oktober 1991 kennt den Begriff der Analyse einer Erstanlieferung und der Untersuchung einer Folgeanlieferung. In der TA-Abfall und in der Deponieverordnung wird die Untersuchung der Erstanlieferung Deklarationsanalyse und jene der Folgeanlieferung Identifikationsanalyse genannt.

Bei der Erstanlieferung erfolgt eine umfangreiche Untersuchung des Abfalls, während bei der Untersuchung der Folgeanlieferung nur die Identität des Abfalls überprüft wird. Die Analyse bei bzw. vor der Erstanlieferung wird im vorliegenden Bericht kurz als „Erstanalyse" bezeichnet.

Für die Festlegung des Umfanges der Erstanalyse wird die ÖNORM S 2110, Punkt 14.2, Tabelle 1 empfohlen. Die folgende *Tab. 7.1* zeigt einen Auszug des betreffenden Abschnittes der ÖNORM S 2110.

Der Umfang der Erstanalyse kann verringert werden, wenn auf Grund der Entstehung oder Art der Abfälle zuverlässig angenommen werden darf, daß bestimmte Parameter in unbedeutenden Mengen vorliegen und ohne Bedeutung für die chemisch-physikalische Behandlung sind. Andererseits kann es sinnvoll sein, den Umfang der Erstanalyse auch um abfallspezifische oder behandlungsspezifische Parameter zu erweitern, mit dem Ziel, die geforderten Abwasser- oder Abluftemissionswerte zuverlässig einzuhalten, die in die Umwelt gelangenden Stoffströme so gering wie möglich zu halten und die Betriebs- und Arbeitssicherheiten zu erhöhen.

Der Umfang der Erstanalyse ist jedenfalls zu erweitern, wenn bekannt ist, daß im Abfall weitere toxische Stoffe enthalten sind und dies für die CPB von Bedeutung ist.

Tab. 7.1: Parameter für die Erstanalyse vor der Übernahme, gemäß ÖNORM S 2110

Anorganische Stoffe (Kationen, Metallgehalte)	Organische Stoffe	Anionen und andere Parameter
Antimon	Kohlenwasserstoffe gesamt	Nitrit
Arsen	schwerflüchtige lipophile St.	Cyanid leicht freisetzbar
Barium	Polyzyklische KW (PAK)	
Blei	Phenole	Feststoffgehalt (TS)
Bor	AOX	pH-Wert
Cadmium	EOX	elektr. Leitfähigkeit
Chrom gesamt und Cr-VI	PCB's und PCT's	
Eisen		
Cobalt		
Kupfer		
Mangan		
Nickel		
Quecksilber		
Selen		
Silber		
Thallium		
Vanadium		
Zink		
Zinn		

7.4 ÜBERNAHME, EINGANGSKONTROLLEN

7.4.1 Allgemeines, Stauraum für Fahrzeuge

Die folgende *Abb. 7.1* zeigt ein generelles Fließschema für die Übernahme zur chemisch-physikalischen Behandlung.

Dieses Fließschema gilt sowohl für anorganische als auch für organische Abfälle. Ein wesentlicher Punkt für die ordnungsgemäße chemisch-physikalische Behandlung ist die Annahme der Abfälle und die Zuordnung zum richtigen Behandlungsschritt.

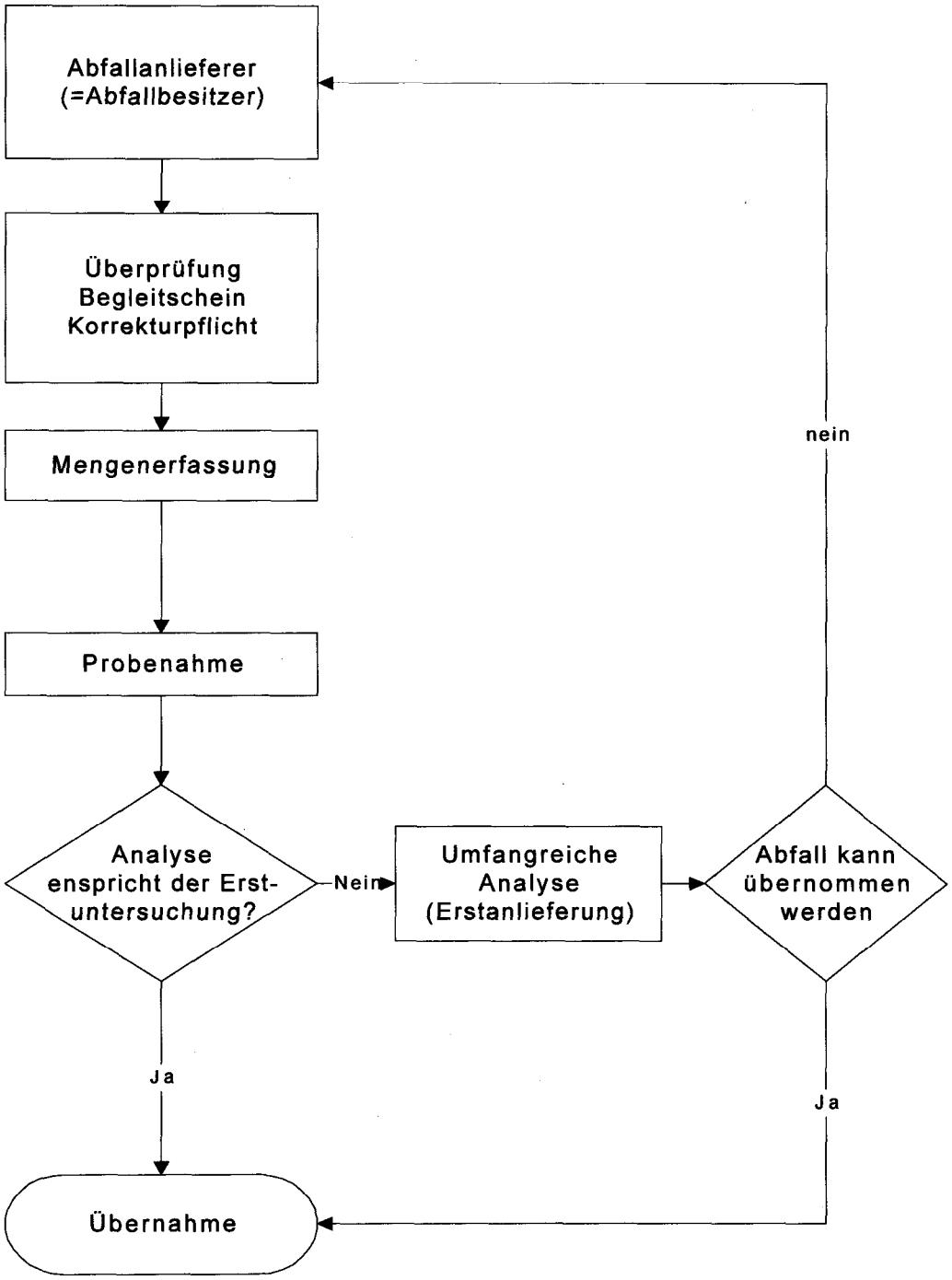


Abb. 7.1: Eingangskontrolle, generelles Schema

Die Abfallübernahme erfordert einen Eingangsbereich und einen Platz zur Zwischenlagerung während der Eingangskontrolle bzw. vor der Entleerung. Der Eingangsbereich umfaßt einen Wartebereich für Lieferfahrzeuge, Waage, Probenahmestelle und Labor. Es ist genügend Platz für Fahrzeuge zur Überbrückung der Wartezeit bis zur Entladung der Abfälle vorzusehen.

7.4.2 Eingangskontrolle

Bei der Anlieferung des Abfalls in der chemisch-physikalischen Behandlungsanlage ist eine Eingangskontrolle durchzuführen, die Folgendes zu umfassen hat:

a) **Kontrolle des Begleitscheines** für gefährlichen Abfall und Altöl gemäß §§ 5-7, AbfallnachweisVO und **Begleitscheinkorrektur** :

Der Übernehmer oder der von ihm hiezu Ermächtigte hat bei der Übernahme der gefährlichen Abfälle oder Altöle auf den Blättern 1 bis 3 des Begleitscheines durch eigenhändige Unterschrift die ordnungsgemäße Übernahme zu bestätigen und die Rubriken

1. Abfall (Altöl) besitzer-Nummer des Übernehmers und

2. Datum der Übernahme

auszufüllen oder diese Angaben mit elektronischer Datenverarbeitung zu ergänzen. Werden diese Angaben mit elektronischer Datenverarbeitung ergänzt, so ist die eigenhändige Unterschrift nicht erforderlich.

Entsprechen die übernommenen gefährlichen Abfälle oder Altöle nicht der im Begleitschein angegebenen Schlüsselnummer im Sinne der Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle oder ist darin keine Angabe über die Abfallart enthalten, so hat der Übernehmer diese Angaben in einer der Korrekturzeilen des Begleitscheines zu ergänzen oder richtigzustellen. Werden gefährliche Abfälle mit einem einzigen Begleitschein in mehreren Gebinden übernommen und sind auf Grund der Analysenergebnisse die gefährlichen Abfälle dieser unterschiedlichen Gebinde verschiedenen Abfallarten laut Schlüsselnummern im Sinne der Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle zuzuordnen, so sind die korrekten Abfallarten laut Schlüsselnummern im Sinne der Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle und die Masse des gefährlichen Abfalls in den Korrekturzeilen des Begleitscheines anzuführen.

b) Mengenmäßige Erfassung

Die Masse der übernommenen Abfälle ist getrennt nach Schlüssel-Nummern und Herkunft zu ermitteln (Brückenwaage erforderlich; siehe auch Abschnitt 7.4.3)

c) Eingangskontrolle (auch Identifikationsanalyse genannt) und Rückstellprobe:

Bei der Anlieferung selbst wird eine Probe gezogen und diese als Folgeanlieferung gemäß ÖNORM S 2110 (Ausgabe 1991) untersucht (siehe Tab.7.2). Die Ergebnisse der Eingangskontrolle (Identifikationsanalyse) sind mit den Ergebnissen der Erstanalyse zu vergleichen. Bei Abweichungen der Zusammensetzung (des Abfalls oder Eluates), die über den herkunftsspezifischen Streubereich hinausgehen, ist eine neuerliche Beurteilung und Erstanalyse erforderlich. In diesem Fall muß Kontakt mit dem Abfallerzeuger aufgenommen werden. Wenn sich aus der Eingangskontrolle ergibt, daß die angelieferte Abfallcharge bzw. der angelieferte Abfall nicht behandelt und auch nicht gelagert werden kann, ist die Rücksendung zu veranlassen.

Gleichzeitig ist auch eine Rückstellprobe zu entnehmen, die mindestens ein Jahr aufzubewahren ist. Bei der Lagerung der Rückstellproben ist geeignetes Gefäßmaterial und auf Hitze- und Lichtschutz zu achten. Nach Möglichkeit sind die Proben bzw. Teilproben davon gekühlt oder tiefgefroren aufzubewahren.

d) **Ausstellung eines betriebsinternen Laufzettels**, Kennzeichnung der Gebinde und Dokumentation der Ergebnisse der Eingangskontrolle (siehe auch Abschnitt 7.2.4).

Tab. 7.2: Parameter für die Folgeanlieferung, gemäß ÖNORM S 2110

pH-Wert
schwerflüchtige lipophile Stoffe
Feststoffgehalt (TS)
Halogengehalt, gesamt
Nitrit
Cyanide, leicht freisetzbar
Blei
Cadmium
Chrom gesamt
Nickel
Blei

Laborausstattung: siehe Abschnitt 7.7

7.4.3 Ausstattung des Übernahmebereiches

Der Übernahmebereich hat aus folgenden Einzelbereichen zu bestehen:

- Stauraum und Umkehrflächen für Fahrzeuge, die den Abfall anliefern
- Waage mit Eingangsbüro
- Probenahmebereich mit separater Abwassererfassung
- Tankwagen-Übernahmestation mit separater Abwassererfassung; gleichzeitig auch Waschstation für Tankwägen
- Eingangs-Kontroll-Labor
- Lagermöglichkeit für Rückstellproben

Die gewichtsmäßige Erfassung erfolgt mit einer Brückenwaage. Diese Waage sollte als 18-m-Waage (sogenannte Europawaage) ausgebildet werden, um auch für spätere Fahrzeuggrößen ausgerüstet zu sein. Der Waagenbetrieb wird im allgemeinen bedingt durch das vorhandene Rechnersystem. Die Waage ist selbstregistrierend und sollte im Rechnerverbund arbeiten.

Wird mit der Bahn antransportiert, ist auch hierfür eine Wägeeinrichtung vorzusehen.

Nach Abschluß des Wägevorganges ist eine Probenahme gemäß ÖNORM S 2111 durchzuführen. Für die Beprobung flüssiger Abfälle werden Sicherheitsheber empfohlen.

Für die Probenahme, den Andockbereich für Tankfahrzeuge an Leitungen zu den Lagerbehältern der CP-Anlage und das Reinigen der Tankfahrzeuge sind eine eigens dafür befestigte Flächen zu errichten, die mit einem Flugdach gegen Regen zu schützen sind. Diese Flächen sind flüssigkeitsdicht auszuführen und zu entwässern, um Verluste - die bei der Probenahme oder beim Abpumpen der Abfälle entstehen können - auffangen zu können. Verluste und Waschflüssigkeiten sind in einem Auffangbecken aufzufangen. Dieses Auffangbecken ist mit eine Füllstandanzeige und einer Warneinrichtung gegen Überfüllung auszustatten.

Nach der Probenahme soll das Fahrzeug in eine Parkposition gebracht werden, währenddessen im Labor die Analyse durchgeführt wird. Die Zeitdauer für diese Analyse wird etwa 30 bis 60 Minuten in Anspruch nehmen.

Folgende Überlegungen sind zusätzlich bei der Ausstattung des Übernahmebereiches zu beachten:

- Der Übernahmebereich muß so ausgestattet sein, daß die Gefahr eines Herabfallens und/oder einer mechanischen Beschädigung von Gebinden möglichst gering gehalten wird. Dies kann z.B. durch eine hydraulisch verstellbare Laderampe oder durch mehrere Laderampen für unterschiedliche Ladebordhöhen von Lastkraftwagen erreicht werden.

- Die Zufahrt zur Rampe soll nach Möglichkeit nicht mit Fußwegen kreuzen bzw. Fußwege sind so zu führen, daß Unfallgefahren minimiert werden.

- Der Übernahmebereich muß ausreichend beleuchtet, windgeschützt und überdacht sein, wenn keine Halle für die Übernahme vorgesehen wurde. Bei Übernahme in einer Halle muß für einen ausreichenden Luftwechsel zur Ableitung von KFZ-Abgasen gesorgt werden.

- Befüllstutzen bzw. Andockvorrichtungen für Tankwagenanlieferungen und das vom Tankwagen zu den Lagertanks führende Leitungssystem muß vollständig entleerbar sein.

- Füllstandsanzeigen und Füllstandswarneinrichtungen für Lagerbehälter, in die flüssige Abfälle vom Übernahmebereich aus gepumpt werden, sind so anzuordnen, daß sowohl innen (z.B. bei der Schaltzentrale des Prozeßleitsystems) als auch außen - durch den Tankwagenfahrer erkennbar - der Füllstand von Lagertanks oder akustische oder auch optische Füllstandswarneinrichtungen erkennbar sind.

- Vor der Beschickung ist zu überprüfen, ob das Leitungssystem leer ist und in den Lagertanks genügend Speicherkapazität vorhanden ist.

- Bei direkter Beschickung von Stapelbehältern aus Tankwäsgen können die Zuleitungen pH-Sonden enthalten, die bei Überschreitungen bestimmter Schwellenwerte einen akustischen Alarm auslösen.

Ohne Reinigung von Tankwägen besteht die Gefahr gefährlicher Reaktionen bei der Wiederbefüllung der Tankwägen. In der Praxis sind mehrere Unfälle mit Sach- oder Personenschäden auch beim Umgang mit Abfällen bekannt. Die Verantwortlichkeiten für die Reinigung der Tankwägen sind zwischen dem Betreiber der CP-Anlage und den Transporteuren in eindeutiger Weise zu klären; am besten in schriftlicher Form.

7.4.3 Überführung in das Lager, Kennzeichnung

Nach Abschluß der Eingangskontrolle wird auf dem betriebsinternen Laufzettel der Übernahmebehälter, in dem der Abfall übernommen wird, festgehalten und dem Fahrer und dem zuständigen Personal mitgeteilt (Über die Ausgestaltung der Übernahmebehälter siehe Abschnitt 7.4.2.2). Der bzw .die Übernahmebehälter muß (müssen) vor der Übernahme vollständig entleert sein. Bei der Übernahme verschiedenartiger Abfälle ist die Zuordnung der einzelnen Abfälle zu den verschiedenen Übernahmebehältern zu überwachen.

Abfälle, die in der betreffenden Anlage (Anlage verstanden als CP-Anlage und Sammel-Lager) zwar gelagert, aber nicht behandelt werden können, und Behälter, deren Zweck die Lagerung solcher Abfälle ist, sind deutlich (z.B. mit gleichbleibender farblicher Kennzeichnung) zu kennzeichnen.

7.5 LAGER DER CP-ANLAGE

Die in diesem Abschnitt getroffenen Aussagen gelten für die Lagerung von Abfällen in CP-Anlagen, können aber in Bezug auf die technische Ausstattung sinngemäß auch für Sammel-Lager vergleichbarer Abfälle angewendet werden.

7.5.1 Einteilung der Lagerbereiche

Als Lagerbereiche sind zu bezeichnen:

- Übernahmebehälter
- Zwischenlager
- Stapelbehälter
- Chemikalienlager

Oberstes Ziel bei der Ausbildung der Lagerbereiche ist der Grundwasserschutz. Es muß verhindert werden, daß Abfälle oder Chemikalien in den Untergrund gelangen können.

Flächen im Freien außerhalb des Probenahme-, Lager- oder Behandlungsbereiches dürfen nicht für die Lagerung von Abfällen, für die Probenahme, das Reinigen von Gebinden etc. verwendet werden. Diese Flächen - z.B. Umkehrflächen, Zu- und Abfahrt der Brückenwaage - besitzen üblicherweise eine Oberflächenentwässerung mit Ableitung in die Kanalisation.

In Fässern oder in Gebinden angelieferte Abfälle müssen nach der Eingangskontrolle baldigst in die Übernahmebehälter entleert werden. Ein Zwischenlager in Form eines Faßlagers für CPA oder CPO-Anlagen ist demnach für eine kurzfristige Lagerung (maximal wenige Tage) erforderlich.

7.5.2 Ausstattung der einzelnen Lagerbereiche

7.5.2.1 Allgemeines

Bevor auf die Anforderungen an die einzelnen Lagerbereiche bzw. -behälter eingegangen wird, soll grundsätzlich festgehalten werden, daß - mit Ausnahme der Übernahmebehälter und der Kontrollbehälter - sämtliche Behälter und Anlagenteile einer CP-Anlage in einer Halle untergebracht werden sollen. Dadurch werden Frostschäden vermieden; weiters ist eine gute Übersichtlichkeit gegeben.

Als primäres Sicherheitssystem gegen Austritt von Schadstoffen in flüssiger Form sind flüssigkeitsdichte Auffangwannen oder eine flüssigkeitsdichte, doppelwandige Ausführung der Behälter vorzusehen. Zusätzliche sekundäre Abdichtungsmaßnahmen - z.B. Folien unter einer Betondichtung - haben vorwiegend den Zweck, die Funktionstüchtigkeit des primären Dichtungssystemes (der Auffangwannen) kontinuierlich oder in kürzeren, regelmäßigen Zeitabständen zu überprüfen. Zusätzliche sekundäre Abdichtungsmaßnahmen werden vor allem bei der Lagerung von Halogenkohlenwasserstoffen (CKW, FCKW, PCB) empfohlen.

Nach Fertigstellung einer CP-Anlage sind alle Anlagenteile (Behälter, Rohrleitungen, Auffangwannen usw.) einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen, die von einer hiefür autorisierten Anstalt oder Person durchzuführen ist. Die Dichtheitsprüfungen sind in einem Abstand von fünf Jahren zu wiederholen.

Die Werkstoffe, aus denen Behälter, Wannen und Leitungen bestehen sollen, werden in des vorliegenden Berichtes nicht entgültig festgelegt. Die in den folgenden Abschnitten vorzufindenen Werkstoff-Angaben sind als Empfehlungen aufzufassen. Infolge seiner Chemikalien- und Temperaturbeständigkeit hat sich Polypropylen als Werkstoff in vielen Fällen am besten bewährt. Lediglich für flußsäurehältige Abfälle sind Behälter, Rohrleitungen und Pumpen in PVDF, (= Polyvinylidenfluorid) auszubilden. Für Einzelfall-Entscheidungen über Werkstoffe

wird auf die einschlägige Literatur verwiesen, z.B. das Kapitel 6/8.2 „Resistenz der wichtigsten Werkstoffe" im Handbuch Abwasser in der Produktion (Hrsg: GRÄF, HARTINGER, LOHMEYER, SCHWERING). Rohrleitungen und Pumpen sollten grundsätzlich aus demselben Material hergestellt werden wie die zugeordneten Behälter.

7.5.2.2 Übernahmebehälter, CPO- und CPA-Anlagen

Die Behälter sind korrosionsbeständig gegen die aufzunehmenden Abfälle auszuführen. Sie sollten prüfbar - z.B. doppelwandig mit Leckanzeige - oder untergehbar und von innen reparierbar ausgeführt werden.

Die Übernahmebehälter können aus Stahlbeton errichtet werden, die innen entsprechend den jeweiligen chemischen Anforderungen beschichtet sind oder gänzlich aus Kunststoff bestehen.

Die Übernahmebehälter sind abzudecken. Die Abluft ist abzusaugen und der Abluftreinigungsanlage zuzuführen. Zum Schutz der nachfolgenden mechanischen Einrichtungen ist der Abfall über einen Siebkorb in die Becken zu führen. Über dieser Siebeinrichtung sollte eine leicht entfernbare Abdeckung angebracht werden, welche nur beim Befüllen der Bekken geöffnet wird und ansonsten verschlossen bleibt. Der Siebkorb ist so auszubilden, daß er - für Reinigungszwecke - leicht ausgehoben werden kann. Bei der Reinigung werden die Siebkörbe gestürzt. Der dabei anfallende Abfall ist einer entsprechenden Weiterbehandlung (Verbrennung oder Deponie) zuzuführen.

Die Zufahrtsrampen zu den Übernahmebehältern sollten aus entsprechend beständigem Material (z. B. Epoxyharz) errichtet werden. Eine Verfliesung der Zufahrtsrampe ist nicht zweckmäßig, da bei Befahren die Fliesen leicht brechen.

Die Zufahrtsrampen sind mit Rigolen zu versehen, damit etwaige auslaufende Abfälle aufgefangen und wieder den Übernahmebehältern zugeführt werden. Die Rampen sind daher mit einem leichten Gefälle (mind. 1,5 %) zu diesen Rigolen hin auszubilden.

Die Böden aller Übernahmebehälter sollen mit einem Gefälle von ebenfalls mind. 1,5 % zu einem Pumpensumpf hin hergestellt werden. Auf diese Weise wird ein vollständiges Entleeren der Behälter ermöglicht.

Alle Übernahmebehälter sind mit einer Überfüllsicherung und mit einer pH-Meßelektrode auszustatten. Die pH-Elektrode ist dabei mit einer Alarmeinrichtung zu versehen. Dadurch soll ein Alarm ausgelöst werden, wenn z. B. ein saurer Abfall in das (leere) Annahmebecken für cyanidhältige Abfälle geleert wird. Dies verringert die Gefahr einer gefährlichen Vermischung von Abfällen in Stapelbehältern. Der Übernahmebehälter muß vor jeder Annahme leer sein. Es kann daher im Übernahmebehälter selbst zu keine gefährlichen Reaktionen kommen. Die pH-Elektroden sind als selbstreinigende Elektroden auszuführen und müssen mindestens ein Mal pro Woche kalibriert werden. Da vor jeder Annahme der Übernahmebehälter leer sein muß, ist eine Niveaumessung im Übernahmebehälter nicht zwingend erforderlich.

Übernahmebehälter für den CPA-Bereich, also für saure, ölfreie oder basiche, ölfreie Abfälle sind mit einer Spülvorrichtung auszustatten.

Bei Übernahmebehältern für die Übernahme von Feststoff-Flüssig-Gemischen sind Einrichtungen für einen kontinuierlichen oder diskontinuierlichen Abzug der absetzbaren Feststoffe einzuplanen, also zum Beispiel Bodenkratzer oder Greifer-Bagger und eine befestigte, flüssigkeitsdichte Fläche für die Schwerkraft-Entwässerung der aus den Behältern abgezogenen Feststoffe.

Empfehlungen für die Dimensionierung und die Anzahl der Übernahmebehälter:

Jeder Übernahmebehälter sollte ein Volumen von mind. 30 m³ besitzen, um einen gesamten LKW-Zug übernehmen zu können.

Die Anzahl der Übernahmebehälter richtet sich nach der (geplanten) Durchsatzleistung und nach der Möglichkeit, bei Abfällen ohne Feststoffanteilen den Inhalt der Übernahmebehälter rasch in Stapelbehälter zu überführen. Für CPA-Anlagen sollen mindestens 3, für CPO-Anlagen jedoch mindestens 6 Übernahmebehälter vorhanden sein. Für kombinierte CPO-, CPA-Anlagen sollen mindestens 9 Übernahmebehälter vorhanden sein. Damit können die übernommenen Abfälle z.B. in folgende Kategorien (beispielhaft, bezüglich der Übernahme - nicht bezüglich der Fakturierung oder Behandlung !) unterteilt werden:

- saure, ölfreie Abfälle
- basische, ölfreie Abfälle
- Fettabscheiderinhalte
- Öl-Wasser-Gemische, nicht emulgiert, mit keinem oder sehr geringem Feststoffgehalt
- Öl-Wasser-Feststoff-Gemische (z.B. Ölabscheiderinhalte)
- Emulsionen
- Wasser-Feststoff-Gemische mit geringem Schadstoffgehalt, z.B. Sandfanginhalte
- Wasser-Feststoff-(Schadstoff-)-Gemische, bei denen auch die Feststoffphase chemisch-physikalisch oder thermisch nachbehandelt werden muß
- ein Übernahmebehälter in Reserve; z.B. für dringende Entsorgungsfälle.

7.5.2.3 Stapelbehälter, CPA-Anlagen

Von den Übernahmebehältern, oder auch direkt, gelangen die Abfälle in die Stapelbehälter. Grundsätzlich können folgende „Typen" an Abfällen, die in getrennten Stapelbehältern gelagert werden können, unterschieden werden:

- sauer, schwermetallfrei bzw. annähernd schwermetallfrei
- schwermetallhältig, salzsäurehältig
- schwermetallhältig, salpetersäurehältig
- schwermetallhältig, schwefelsäurehältig
- schwermetallhältig, nitrithältig
- schwermetallhältig, chrom-VI-hältig
- flußsäurehältig
- komplexbildnerhältig
- alkalisch, schwermetallfrei
- alkalisch, schwermetallhältig
- cyanidhältig und alkalisch

Die Anzahl und Dimensionierung der Behälter kann stark unterschiedlich sein. Es kann auch auf Behälter für einzelne der oben genannten Abfalltypen verzichtet werden, wenn die entsprechenden Abfallarten generell nicht übernommen werden. Eine temporäre und wechselweisen Verwendung derselben Stapelbehälter für unterschiedliche Abfalltypen sollte nur in Ausnahmefällen ermöglicht werden.

Ist eine Verwertung von kupfer-, nickel- und eventuell auch zinkhältigen Konzentraten und Ätzlösungen vorgesehen, sind entsprechend mehr Stapelbehälter einzuplanen; dies betrifft auch die Verwertung bzw. Behandlung von Fixierbädern.

Die Stapelbehälter für saure, alkalische bzw. cyanidische Sonderabfälle sind in voneinander getrennten Wannen aufzustellen. Die Auffangwannen sind dabei so groß zu dimensionieren, daß zumindestens 60 % des gesamten Füllvolumens - aber zumindestens der Inhalt des größten Behälters - aufgefangen werden kann.

Auffangwannen sind mit einem Gefälle zu einem Pumpensumpf auszubilden, sodaß im Falle einer Leckage die Auffangwanne vollständig entleert werden kann.

Stapelbehälter sind als geschlossene Behälter auszuführen. Die *Tab. 7.4* zeigt eine mögliche Ausführung dieser Stapelbehälter. Als Material hat sich für alle Abfälle - außer flußsäurehältigen Abfällen - Polypropylen bewährt. Für flußsäurehältige Abfälle muß Polypropylen mit PVDF-Inliner verwendet werden. Die betreffende Tabelle ist nur ein Vorschlag. Es können auch alle anderen Materialien, die entsprechend chemikalienbeständig sind, verwendet werden.

Die Abluft der Stapelbehälter muß abgesaugt und der Abluftanlage zugeführt werden, es sei denn, daß keine Emission von Luftschadstoffen zu erwarten sind (z.B. Abfall-Lauge, CKW-frei).

Neben einem automatischen Niveaumeßgerät muß jeder Stapelbehälter mit einer Temperaturanzeige ausgestattet sein. Beim Mischen von derartigen Abfällen kann es - mit unterschiedlicher Konzentration (z.B. konzentrierte und verdünnte Schwefelsäure) - zu exothermen Reaktionen und damit zum Erwärmen des Behälters kommen. Deshalb muß die Ausführung des Behälters einerseits bis mind. 60 °C temperaturbeständig sein und andererseits muß die Temperaturanzeige mit einer Alarmeinrichtung ausgestattet werden. Wird eine bestimmte Temperatur (z. B. 50 °C) überschritten, so erfolgt Alarm und die Förderpumpe zum Stapelbehälter wird automatisch abgestellt. Neben einer Temperaturkontrolle sind alle Stapelbehälter auch mit Überfüllsicherungen auszustatten.

Die verbindenden Leitungen vom Übernahmebecken zu den Stapelbehältern und in der Folge auch zu den Chemikalienstationen sollten aus demselben Material hergestellt werden, wie die Stapelbehälter. Dies gilt auch für die Schieber. Damit man Leckagen sofort erkennt, sind alle Rohrleitungen oberirdisch aufzuhängen. Zur Vermeidung von Verstopfungen ist ein Innendurchmesser von mind. 100 mm einzuhalten.

7.5.2.4 Stapelbehälter, CPO-Anlagen

Stapelbehälter von CPO-Anlagen können unmittelbar an die Übernahmebehälter anschließen und mit diesen ähnlich wie in Ölabscheidern hydraulisch kommunizieren.

7.5.2.5 Chemikalienlager

Für die chemische Behandlung der Abfälle werden u.a. folgende Chemikalien verwendet:

- Natronlauge
- Natriumbisulfit
- Salzsäure
- Natriumhypochlorit
- Chemikalien für die Aufbereitung komplexbildnerhältiger Sonderabfälle
- Eisen-III-Chlorid
- Polyelektrolyt
- Kalkmilch

Diese Chemikalien müssen in ausreichender Menge vorhanden sein. Hiefür werden eigene Chemikalienlager errichtet. Die Tabelle 7.3 „Chemikalienlager" zeigt, aus welchen Teilen das Chemikalienlager beispielsweise bestehen kann:

Tab. 7.3: „Chemikalienlager"

Hilfsmittel / Chemikalie	Löse behälter a)	Lager behälter	Tages behälter	Sonstiges
Ätznatron	X	X	X	Sack- oder Faßlager für NaOH, gegen Nässe geschützt
Natriumbisulfit	X	X	X	
Salzsäure		X	X	
Natriumhypochlorit		X	X	
Wasserstoffperoxid		X	X	
Sulfidische Fällungsmittel	X	X	X	GiftVO zu beachten !
Eisenchloridlösung	(X)	X	X	
Flockungsmittel	(X)	X	X	
Kalk(milch)	X	X	X	Kalksilo und Kalk-milchaufbereitung
a) Oder zentrale Lösestation, siehe Abschnitt 7.6.6				

Die Lager- und Tagesbehälter sind wieder in Auffangwannen (entweder aus Kunststoff oder als Betonwanne mit Beschichtung augebildet) - getrennt nach sauren und alkalischen Chemikalien - aufzustellen. Auch hier sind die Auffangwannen so groß zu errichten, daß entweder 60 % des Lagervolumens oder zumindestens der Inhalt des größten Behälters aufgefangen werden kann. Gleiches gilt für eine eventuell vorhandene zentrale Lösestation.

Der gesamte Chemikalienlagerbereich (Lagerbehälter sowie Tagesbehälter) ist an die zentrale Abluftreinigungsanlage anzuschließen.

Auffangwannen sind mit einem Gefälle zu einem Pumpensumpf auszubilden, sodaß im Falle einer Leckage die Auffangwanne vollständig entleert werden kann.

Tab. 7.4: Vorschlag für die Ausbildung der Stapelbehälter

Behälter	Stapelbehälter für **alle Abfälle - außer HF-hältige**	Stapelbehälter für **HF-hältige Abfälle**
Werkstoff	Polypropylen, temperaturbeständig bis 60 °C	Polypropylen mit PVDF-Inliner, temperaturbeständig bis 60 °C
Anschlüsse	Zulaufleitung Ablaufleitung Absaugleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Ablaufleitung Absaugleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte, Warneinrichungen Befüllungsstopps	Niveau, Temperatur. Alarm gegen Überfüllung Bei Überschreiten von 50 °C - automatisches Abschalten der Förderpumpe	Niveau, Temperatur. Alarm gegen Überfüllung Bei Überschreiten von 50 °C - automatisches Abschalten der Förderpumpe
Sonstiges	Überfüllsicherung	Überfüllsicherung

Tab. 7.5: Vorschlag für die Ausbildung des Chemikalienlagers

Behälter	Lösebehälter für **Ätznatron**	Lagerbehälter für **Natronlauge**	Tagesbehälter für **Natronlauge**
Werkstoff	Stahl, gummiert	Stahl, gummiert	Stahl, gummiert
Anschlüsse	Einfüllschacht für Ätznatron Frischwasser Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Frischwasser Ablaufleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte	Niveau Temperatur	Niveau	Niveau
Sonstiges	Rührwerkstraverse mit Rührer	Überfüllsicherung	Rührwerkstraverse mit Rührer

Behälter	Lösebehälter für **Natriumbisulfit**	Lagerbehälter für **Natriumbisulfit**	Tagesbehälter für **Natriumbisulfit**
Werkstoff	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen
Anschlüsse	Einfüllschacht für Natriumbisulfit Frischwasser Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Frischwasser Ablaufleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte	Niveau Temperatur	Niveau	Niveau
Sonstiges	Rührwerkstraverse mit Rührer	Überfüllsicherung	Rührwerkstraverse mit Rührer

Fortsetzung Tab.7.5

Behälter	Lagerbehälter für **Salzsäure**	Tagesbehälter für **Salzsäure**	Lagerbehälter für **Natriumhypochlorit-lösung**
Werkstoff	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen
Anschlüsse	Zulaufleitung (Füll-stutzen) Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Frischwasser Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung (Füll-stutzen) Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte	Niveau	Niveau	Niveau
Sonstiges	Überfüllsicherung	Rührwerkstraverse mit Rührer (Überfüll-sicherung)	Überfüllsicherung

Behälter	Tagesbehälter für **Natriumhypochlorit**	Lösebehälter für **sulfidische Fällungsmittel**	Lagerbehälter für **sulfidische Fällungsmittel**
Werkstoff	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen
Anschlüsse	Zulaufleitung Frischwasser Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Einfüllschacht Frischwasser Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Zulaufleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte	Niveau	Niveau Temperatur	Niveau
Sonstiges	Rührwerkstraverse mit Rührer (Überfüll-sicherung)	Rühwerkstraverse mit Rührer	Überfüllsicherung

Fortsetzung Tab. 7.5

Behälter	Tagesbehälter für **sulfidische Fällungsmittel**	Lösebehälter für **Eisen-III-chlorid**	Lagerbehälter für **Eisen-III-chlorid**
Werkstoff	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen
Anschlüsse	Zulaufleitung Absaugung Frischwasser Ablaufleitung Probenahmeleitung	Einfüllschacht Frischwasser Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung	Zulaufleitung Absaugung Ablaufleitung Probenahmeleitung
Meßgeräte	Niveau	Niveau Temperatur	Niveau
Sonstiges	Rührwerkstraverse mit Rührer (Überfüll-sicherung)	Rührwerkstraverse mit Rührer	Überfüllsicherung

Behälter	Tagesbehälter für **Eisen-III-chlorid-Lösung**	Lösebehälter für **Polyelektrolyt**	Tagesbehälter für **Polyelektrolyt**
Werkstoff	Polypropylen	Polypropylen	Polypropylen
Anschlüsse	Zulaufleitung Absaugung Frischwasser Ablaufleitung Probenahmeleitung	Einfüllschacht Frischwasser Ablaufleitung	Zulaufleitung Frischwasser Ablaufleitung
Meßgeräte	Niveau	Niveau	Niveau
Sonstiges	Rührwerkstraverse mit Rührer (Überfüll-sicherung)	Rührwerkstraverse mit Rührer	Rührwerkstraverse mit Rührer (Überfüll-sicherung)

7.5.2.6 Verordnung über brennbare Flüssigkeiten „VbF"

Entscheidend für die Anwendbarkeit dieser Verordnung (BGBl.240/1991) im Bereich der Lagerung und Behandlung von Abfällen ist der § 1 Abs.(4):

§ 1 (4): *„Auf brennbare Flüssigkeiten, die unter das Abfallwirtschaftsgesetz, BGBl. Nr.434/1996, fallen, ist diese Verordnung nur anzuwenden, soweit die abfallwirtschaftsrechtlichen Bestimmungen nicht anderes vorschreiben."*

Das AWG und die Verordnungen zum AWG enthalten bis dato keine spezifischen, den Brandschutz betreffenden Bestimmungen. Die VbF kann daher auch für Abfallbehandlungsanlagen zur Anwendung kommen.

Die VbF unterscheidet folgende Arten brennbarer Flüssigkeiten:

- brennbare Flüssigkeiten der Gruppe A sind *„Flüssigkeiten, die sich selbst oder deren brennbare Bestandteile bei 15°C nicht oder nicht in jedem beliebigen Verhältnis mit Wasser mischbar sind"*
- brennbare Flüssigkeiten der Gruppe B sind *„Flüssigkeiten, die sich selbst oder deren brennbare Bestandteile bei 15°C in jedem beliebigen Verhältnis mit Wasser mischbar sind*
- besonders gefährliche brennbare Flüssigkeiten
- In Gruppe A und Gruppe B werden wiederum verschiedene Gefahrenklassen unterschieden, und zwar:
- Gefahrenklasse I: *„Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt unter 21°C (leicht entzündlich)*
- Gefahrenklasse II: *„Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von 21°C bis einschließlich 55°C (entzündlich)"*
- Gefahrenklasse III: *„Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt von über 55°C bis einschließlich 100°C (schwer entzündlich)*

In die Gruppe A, Gefahrenklasse III fallen zum Beispiel Altöle. Eine Schwierigkeit besteht darin, daß bei Abfällen die Gefahrenklassen in einigen Fällen nicht bekannt sind. Weiters ist die Abgrenzung zwischen Flüssigkeiten und Feststoffen bei Abfällen mit begrenztem Feststoffanteil bisweilen schwierig. Für die Planung von CP-Anlagen ist aber davon auszugehen, daß jedenfalls Flüssigkeiten der Gefahrenklasse III, eventuell auch aller drei Gefahrenklassen, vorhanden sein werden. Ob auch besonders gefährliche brennbare Flüssigkeiten gelagert, umgefüllt oder abgefüllt werden müssen, ist im Einzelfall zu ermitteln.

Die technische Ausstattung an Lagerbehälter, die sicherheitstechnischen Einrichtungen und die erforderlichen Dichtheitprüfungen werden in der VbF in Abhängigkeit von der Lagermenge (= vom Nenninhalt der Behälter) und von der Gefahrenklasse festgelegt. Für größere Mengen existieren Mengenbeschränkungen, Schutzzonen und Verbote für die Lagerung in Gebäuden (siehe VbF § 72 bis 78, § 87 bis 92).

Für den Brand- und Explosionsschutz, die Erdung der Behälter, Unzulässige Orte der Lagerung, unterirdische Behälter etc. existieren in der VbF eigene Paragraphen bzw. Abschnitte.

Bei der Befüllung von Lagerbehälter muß die Abluft entsprechend abgeleitet werden, z.B. durch eine Gaspendelleitung oder durch Ableitung zu einem Abgasreinigungssystem. § 27 (1) formuliert dazu: *„Die beim Füllen des Lagerbehälters ausströmenden Dampf-Luft-Gemische müssen durch Lüftungseinrichtungen, wie Lüftungsleitungen, ohne Gefährdung von Personen oder Sachen und ohne unzumutbare Belästigung von Personen ins Freie oder zu einer Einrichtung zur gefahrlosen Beseitigung oder Verwertung geleitet werden. Bei Vorliegen der Vorausssetzungen des § 14 Abs.1 letzter Satz dürfen Lagerbehälter zur Lagerung*

brennbarer Flüssigkeiten der Gefahrenklasse III auch in Räume entlüftet werden, wenn hierdurch keine Gefährdung oder keine unzumutbare Belästigung von Personen eintritt."

Für Abfallbehandlungsanlagen sind aufgrund der wechselnden Zusammensetzung der Dämpfe Gaspendelleitungen im allgemeinen nicht zweckmäßig. Eine Erfassung und Reinigung der Abluft ist daher jedenfalls vorzunehmen (siehe auch Abschnitt 12).

7.5.2.7 CKW-Anlagenverordnung

Obwohl die CKW-Anlagenverordnung (BGBl.27/1990 und 865/1994) für Abfälle formal nur dann anzuwenden ist, wenn es sich um Geräte zur Regeneration von chlorierten Kohlenwasserstoffen handelt, die mit CKW-Anlagen, also solchen Anlagen, die CKW verwenden (z.B. Chemisch-Putzereien) „in Verbindung" stehen, können die technischen Bestimmungen der CKW-Anlagenverordnung sinngemäß auch für die Lagerung und Behandlung von Abfällen in CP-Anlagen angewendet werden.

Die technischen Bestimmungen der CKW-Anlagen-Verordnung können in Stichworten folgendermaßen zusammengefasst werden:

- CKW-Dämpfe dürfen nicht in Flammen gelangen
- Wannenförmige Ausbildung des Fußbodens oder Auffangwanne
- Dimensionierung der Auffangwanne: im allgemeinen die gesamte CKW-Menge
- Auffangwannen dürfen nicht aus Aluminium oder Aluminiumlegierungen bestehen
- In Kellerräumen und im Erdgeschoß: Absaugung der Bodenluft erforderlich
- Für CKW-Anlagen, die bei bestimmungsgemäßer Verwendung CKW an die Luft abgeben, wurden Emissionsgrenzwerte festgelegt. Diese Emissionsgrenzwerte sind von der Abluftzusammensetzung abhängig (z.B. 100 mg/l für Perchlorethylen).
- Lagerung in offenen Behältern ist verboten. Bruchsichere, dicht verschlossene Behälter sind erforderlich, ebenso Lichtschutz, Schutz vor Wärme.
- Getrennte Lagerung, abseits von leicht entzündlichen Stoffen.
- Lagerbehälter (auch für Abfälle) müssen weiters gekennzeichnet sein.
- Doppelwandige Behälter mit Leckanzeigeeinrichtung oder Aufstellung in Auffangwannen.
- Bei Tankwagen-Lieferungen: Gaspendelleitung oder Abluftreinigung erforderlich.
- Jährliche Überprüfung der Anlage auf Dichtheit und Funktionstüchtigkeit.
- Zumindest jährliche Messung der Abluft, Raumluft, der abgesaugten Bodenluft, des gereinigten Abwassers (falls vorhanden) und im Kühlwasser (falls vorhanden)
- Betriebstagebuch, in dem unter anderem auch der Lösemittel-Verbrauch (in kg) festzuhalten ist.

Es wird nochmals betont, daß für CP-Anlagen die CKW-Anlagenverordnung, welche auf der Basis der Gewerbeordnung erlassen wurde, nicht unmittelbar anzuwenden ist. Gegen eine sinngemäße Anwendung der technischen Anforderungen zur Vermeidung von Diskrepanzen zwischen zentraler und dezentraler Verwertung bzw. Behandlung liegen dagegen keine Einwände vor.

7.5.2.8 Mengenschwellen nach Störfall-Verordnung

Die Störfallverordnung wurde auf Grund der Gewerbeordnung erlassen und regelt primär die organisatorischen Maßnahmen zur Vermeidung von Störfällen und zur Schadensbegrenzung. Behandlungsanlagen zur chemisch-physikalischen Behandlung gefährlicher Abfälle, die nicht im eigenen Betrieb anfallen und auch Lager solcher Abfälle sind nach § 2 Abs.1b als gefahrengeneigte Anlagen einzustufen:

§ 2: *„Im Sinne dieser Verordnung sind gefahrengeneigte Anlagen genehmigungspflichtige und nach Maßgabe des § 12 bereits genehmigte Betriebsanlagen,*

a) in denen in der Anlage 1 zu dieser Verordnung angeführte Stoffe in einem die dort angegebene Mengenschwelle übersteigendem Ausmaß im bestimmungsgemäßen Betrieb (Z2) vorhanden sein können, oder

b) die im § 29 Abs.1 des Abfallwirtschaftsgesetzes, BGBl. Nr.434/1996, angeführt sind"

In einigen Fällen können die Mengenschwellen für sehr giftige Stoffe (2,5 t) oder giftige Stoffe (25 t), welche in Ziffer 35, 36 oder 37 der Anlage 1 der Störfallverordnung genannt wurden, überschritten sein. In diesem Fall unterliegt die Anlage der Störfallverordnung, auch wenn sie nicht unter § 29 Abs.1 des Abfallwirtschaftgesetzes fallen sollte. Dies kann z.B. bei der Lagerung von chlorierten Kohlenwasserstoffen oder von Hg-, chromat- oder PCB-hältigen Abfällen der Fall sein.

Der Inhaber einer gefahrengeneigten Anlage hat eine Sicherheitsanalyse nach § 7 der Störfallverordnung und einen Maßnahmenplan zu erstellen. Sicherheitsanalyse und der Maßnahmenplan sind jährlich dem jeweiligen Stand der Sicherheitstechnik entsprechend anzupassen (Fortschreibung). Störfälle sind meldepflichtig.

Für vor dem 1.Dezember 1991 genehmigte gefahrengeneigte Anlagen ist die Sicherheitsanalyse *„unverzüglich, spätestens jedoch vier Jahre nach Inkrafttreten dieser Verordnung"* (also bis zum 1. Dezember 1995) zu erstellen.

7.6 UMGANG MIT HILFSSTOFFEN, CHEMIKALIEN, BETRIEBSMITTELN

7.6.1 Allgemeines, Unfallstatistik

Chemikalien bzw. Hilfsstoffe werden in CPA- und CPO- Anlagen für die chemische Entgiftung, Neutralisation und für die Emulsionsspaltung eingesetzt. Für den Umgang mit Chemikalien bzw. Hilfsstoffen ergeben sich aus den Bestimmungen des Chemikaliengesetzes, der Chemikalienverordnung, der Giftverordnung und des Arbeitnehmerinnenschutzgesetzes Pflichten für den Anlagenbetreiber und das Personal von CP-Anlagen.

Grundsätzlich sind folgende Schutzprinzipien zu beachten:

- Ein Eindringen von Hilfsstoffen in das Erdreich oder in die Kanalisation ist zu verhindern.
- Der Kontakt mit ätzenden Stoffen muß vermieden werden.
- Die Aufnahme von giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden oder erbgutschädigenden Hilfsstoffen ist zu vermeiden. Dies gilt auch für langfristige Aufnahme geringer Mengen.

- Freisetzungen in die Atmosphäre sind zu minimieren. Dies gilt auch für stoßartige Belastungen.
- Die Verwendung von weniger gefährlichen Hilfsstoffen ist anzustreben.
- Bei unvermeidbaren Restkonzentrationen in der Raumluft ist die Anzahl der exponierten Personen und die Dauer der Exposition so gering wie möglich zu halten.

Wie aus der Unfallstatistik der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt (AUVA) hervorgeht, überwiegen bei Unfällen mit gefährlichen Arbeitsstoffen Verätzungen und - wenn man von Unfällen mit heißen glühenden Stoffen absieht - Unfälle mit heißen Dämpfen/Flüssigkeiten.

Tab. 7.6: Unfälle beim Umgang mit oder durch Einwirkung von gefährlichen Arbeitsstoffen in Österreich (Statistik der AUVA)

Arbeitsstoff:	1989	1990	1991	1992	1993	1994
Sprengmittel	7	5	4	7	3	4
Kriegshilfsmittel	11	17	13	18	9	9
Explosion, Entzündung von Staub, Gasen und Dämpfen	169	159	186	160	144	121
Feuergefährliche Stoffe, Brände, Flammen	218	224	193	199	169	157
Heiße Flüssigkeiten, Dämpfe	1019	1067	1031	958	908	919
Heiße glühende flüssige Stoffe (Eisen, Glas, Asphalt)	1530	1508	1439	1225	1051	1145
Ätzende Stoffe	1336	1350	1223	1284	1156	1169
Giftige und andere, giftig wirksame Stoffe	69	82	82	97	78	59
Sonstige gefährliche Stoffe	24	28	45	37	40	53
Summe	4383	4440	4226	3985	3558	3636

Die wichtigsten Bestimmungen für den Umgang mit Hilfsstoffen sind im Arbeitnehmerinnenschutzgesetz, BGBl. Nr. 450/1994 enthalten (siehe Abschnitte 6.7.1 und 6.7.2).

Das Chemikaliengesetz, die nach dem Chemikaliengesetz erlassenen Verordnungen und die EU-Richtlinie 67/548/EWG (und ihre sieben Anpassungen) sind für CP-Anlagen insofer-

ne von Bedeutung, als sie Bestimmungen für die Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe enthalten, ebenso auch Einstufungen vieler Chemikalien bezüglich ihrer Gefährlichkeit. In den folgenden Abschnitten wird zunächst auf die Chemikalien-Gesetzgebung in Österreich und der EU und anschließend auf die Rechtsvorschriften im Bereich des Arbeitnehmerschutzes verwiesen. Zuletzt werden einige konkrete Hinweise und Empfehlungen für den Umgang mit Hilfsstoffen in CP-Anlagen gegeben.

7.6.2 Chemikaliengesetz - ChemikalienVO - GiftVO / relevante Bestimmungen

Das Chemikaliengesetz (ChemG) regelt das Herstellen, Inverkehrsetzen, den Erwerb, das Verwenden und/oder die Beseitigung von Chemikalien. Es gilt für Chemikalien, die gewerblich hergestellt oder in Verkehr gesetzt werden. Das ChemG gilt nicht für Abfälle und Altöle im Sinne des Abfallwirtschaftsgesetzes, BGBl. Nr. 434/1996. Abfälle und gewerblich hergestellte Hilfsstoffe unterliegen damit auch dann, wenn deren Zusammensetzung oder Verhalten ähnlich ist, unterschiedlichen Rechtsregimen.

z.B.: technische Salzsäure, welche als Hilfsstoff erworben und verwendet wird, unterliegt dem Chemikaliengesetz, Abfall-Salzsäure dagegen dem Abfallwirtschaftsgesetz.

Der Begriff „Verwenden" wird im ChemG folgendermaßen definiert:

„Verwenden ist das Gebrauchen, Verbrauchen, innerbetriebliche Befördern, Lagern und Aufbewahren, Be- und Verarbeiten."

Das Kapitel „Begriffsbestimmungen" (ChemG § 2) unterscheidet weiters „Stoffe", „Zubereitungen" und „Fertigwaren". Für den Betrieb von CP-Anlagen ist nur die Unterscheidung in Stoffen und Zubereitungen relevant.

Beispiele für „Stoffe": Schwefelsäure, Toluol, Dieseltreibstoff

Beispiele für „Zubereitungen": Kupfersulfat-Lösung, Lösemittelgemische

Beispiel für „Fertigwaren": Ein Transformator, der ein Trafo-Öl enthält.

„Stoffe" sind „chemische Elemente oder chemische Verbindungen entschließlich der Verunreinigungen und der für die Vermarktung erforderlichen Hilfsstoffe[1]. Als Stoffe gelten auch Gemische von Stoffen, welche auf Grund von chemischen Reaktionen entstehen oder in der Natur auftreten." Auf die präzise Definition der Begriffe „Zubereitung" und „Fertigware" wird hier nicht näher eingegangen.

Als „gefährliche Stoffe" oder „gefährliche Zubereitungen" werden solche Stoffe oder Zubereitungen bezeichnet, die eine der folgenden Eigenschaften aufweisen:

- explosionsgefährlich
- brandfördernd
- hochentzündlich
- leicht entzündlich
- entzündlich
- sehr giftig, giftig oder mindergiftig
- ätzend

[1] hier Hilfsstoffe im Sinne des ChemG, also nicht als Betriebsmittel für die CP-Anlage verstanden.

- reizend
- umweltgefährlich
- krebserzeugend, fruchtschädigend oder erbgutverändernd
- chronisch schädigend

Die genannten Eigenschaften werden bereits im ChemG definiert. Die Definitionen werden im Anhang B der Chemikalienverordnung (ChemVO), BGBl. Nr.208/1989 präzisiert, z.B. durch Richtwerte für die akute Säugetier-Toxizität, durch Angaben über Flammpunkten etc. Weiters wurde im Anhang A der Chemikalienverordnung eine Liste jedenfalls gefährlicher Stoffe und Zubereitungen festgelegt.

Wenn eine der genannten Eigenschaften zutrifft, dann gilt der Stoff oder die Zubereitung als gefährlich. Dann ergeben sich einige Pflichten für Hersteller und Verwender.

ChemG §16 Abs.1 formuliert dazu folgende allgemeine Pflichten:

„Wer gefährliche Stoffe, gefährliche Zubereitungen oder gefährliche Fertigwaren herstellt, in Verkehr setzt, verwendet oder beseitigt, ist verpflichtet, alle zum Schutz des Lebens und der Gesundheit des Menschen und der Umwelt notwendigen Vorkehrungen und Maßnahmen zu treffen. Wer gefährliche Stoffe, gefährliche Zubereitungen oder gefährliche Fertigwaren verwendet oder beseitigt, hat insbesondere die auf Verpackungen, Beipacktexten oder Gebrauchsanweiungen auf Grund dieses Bundesgesetzes angegebenen Hinweise zu befolgen"

Eine der wichtigsten Pflichten für das Inverkehrbringen gefährlicher Stoffe und gefährlicher Zubereitungen ist die Kennzeichnungspflicht nach § 18 ChemG. Die Kennzeichnung muß folgende Angaben enthalten (Auszug aus ChemG § 18, gekürzt und vereinfacht):

1. Bezeichnung des gefährlichen Stoffes
2. Hersteller oder Importeur
3. Gefahrensymbol(e) und Bezeichnung der Gefahr(en)

   z.B. Totenkopf und „T+" für sehr giftige Stoffe, gleichzeitig Bezeichnung „sehr giftig",

   Totenkopf und „T" für giftige Stoffe, gleichzeitig Bezeichnung „giftig"
4. Standardaufschriften für Gefahren („R-Sätze")
5. Standardaufschriften für Sicherheitsratschläge („S-Sätze")
6. Hinweise auf Gegenmaßnahmen im Unglücksfall
7. Entsorgungshinweise

Zusätzlich sind bei vielen Giften nach der Giftverordnung zusätzlich folgende Angaben enthalten:

8. Konkrete Maßnahmen der Ersten Hilfe
9. Das entsprechende Gegengift, sofern ein solches bekannt ist
10. Die Telefonnummer der Vergiftungszentrale

In Transportgebinden übernommene Hilfsstoffe müssen nach ChemG und ChemVO mit einheitlichen Gefahrensymbolen und Gefahrenhinweisen gekennzeichnet sein. Im Allgemeinen werden sich am Gebinde nur Gefahrensymbole und Kurzbezeichnungen, die übrigen der oben genannten Angaben aber auf einem Beipacktext befinden. Die Beipacktexte („Sicherheitdatenblätter") sind aufzubewahren und beim Umgang mit Hilfsstoffen zu befolgen.

Die Sicherheitsdatenblätter sind vom Lieferanten des Hilfsstoffes bei der erstmaligen Ausgabe jedes gefährlichen Stoffes oder jeder gefährlichen Zubereitung auszufolgen. Diese Sicherheitsdatenblätter müssen nach § 12 der Chemikalienverordnung derzeit noch gemäß ÖNORM Z 1008 gestaltet sein. In Zukunft wird der Inhalt der Sicherheitsdatenblätter ähnlich wie bisher sein, nur die Form wird durch eine EU-Richtlinie in der EU vereinheitlicht.

Bestimmungen für Gifte

Für Gifte - insbesondere für giftige und sehr giftige Stoffe (und Zubereitungen) enthält das ChemG und die auf Basis des ChemG erlassene Giftverordnung, BGBl. Nr. 212/1989 einige zusätzliche Bestimmungen. In Bezug auf den Betrieb von CP-Anlagen wären hier insbesondere zu nennen:

Wer mehrmals Gifte bezieht, benötigt eine Giftbezugslizenz. Nähere Angaben: ChemG § 28, § 29 sowie GiftVO § 2, § 5 und § 6

Es sind genaue und fortlaufende Aufzeichnungen über Art, Herkunft und Verbleib zu führen und am Ende des Kalenderjahres in einer Jahresaufstellung zusammenzufassen. Nähere Angaben: ChemG § 30 und GiftVO § 8

Grundsätzlich ist ein Beauftragter für den Giftverkehr ist zu ernennen. Der Beauftragte für den Giftverkehr ist aber nur zu ernennen, wenn die Bestellung eines Beauftragten für den Giftverkehr wirtschaftlich zumutbar ist. Nähere Angaben: ChemG § 31

Maßnahmen bei der Lagerung und Aufbewahrung von Giften. Nähere Angaben: GiftVO § 13

Nach § 13 Abs.1 dürfen Gifte grundsätzlich nur in ausschließlich dafür bestimmten, versperrbaren Räumen gelagert, aufbewahrt oder vorrätig gehalten werden. Die Absätze 2 ff. in der GiftVO § 13 nennen aber Ausnahmen dazu. Diese Ausnahmen dürften für CP-Anlagen nur dann zutreffen, wenn gewerblich hergestellte Gifte ausschließlich für den Betrieb des Labors übernommen werden, nicht aber für (sehr) giftige Hilfsmittel. Jedenfalls sind Behälter, Leitungen und Pumpen für Gifte, wenn Gifte als Hilfsmittel eingesetzt werden, mit einer Aufschrift „Für Gifte bestimmt" zu kennzeichnen.

Es wird emfohlen, nach Möglichkeit auf den Einsatz von giftigen oder sehr giftigen Stoffen bei der CPB gänzlich zu verzichten. Dies gilt nicht für mindergiftige Stoffe.

Die folgende Tabelle gibt eine Einstufung wichtiger Hilfsstoffe nach der Liste im Anhang A der Chemikalienverordnung und nach der novellierten Giftliste (BGBl. Nr.422/1995) wieder.

Tab. 7.7: Einstufung von Hilfsstoffen nach Giftliste und Chem-VO

Hilfsstoffe	Giftliste 1995 Gift-VO	Liste der Chemikalienverordnung 1989	Anmerkungen und CAS-Nummer
Kalkmilch, $Ca(OH)_2$	---	---	1305-62-0
Salzsäure, HCl	---	ätzend (> 25 %)	7647-01-0
Eisen-III-chlorid $FeCl_3$	mindergiftig	---	
Natronlauge, NaOH bzw. Ätznatron	---	ätzend (Ätznatron)	1310-73-2
Natrium- oder Kalium-hydrogensulfit $Na(K)HSO_3^-$	---	---	7773-03-7 oder 7631-90-5
Organische Filterhilfsmittel	---	---	---
Natriumhypochlorit NaOCl	---	ätzend (> 10 % Cl aktiv)	7681-52-9
Wasserstoffperoxid H_2O_2	---	ätzend (20 bis 60 % ig)	7722-84-1
Eisen-II-sulfat $FeSO_4$	mindergiftig	---	
Natriumsulfid Na_2S oder - polysulfid Na_2S_X	giftig	ätzend	1313-82-8
Bentonit (Schichtsilikate)	---	---	---
Kalksteinmehl $CaCO_3$	---	---	---
Caroat $KHSO_5$	---	---	brandfördernd; a)
Natriumdithionit $Na_2S_2O_4$	mindergiftig	---	
Schwefelsäure H_2SO_4	---	ätzend (> 15 %)	
Trimercaptotriazin (TMT) $C_3N_3(SH)_3$	---	---	a)
Amidoschwefelsäure H_2NSO_3H	---	reizend	
Harnstoff $H_2N(CO)NH_2$	---	---	57-13-6
Bariumchlorid $BaCl_2$	giftig	---	10361-37-2
Eisenchlorid $FeCl_2$	mindergiftig	---	
Soda Na_2CO_3	---	reizend	

a) TMT und Caroat sind giftig oder mindergiftig, aber nicht in der Giftliste enthalten.

7.6.3 Chemikaliengesetzgebung in der EU

Die Chemikaliengesetzgebung der EU fußt der Richtlinie 67/548/EWG über die Einstufung, Verpackung und Kennzeichnung gefährlicher Stoffe aus dem Jahre 1967. Inzwischen wurden vom Rat der EU sieben Änderungen zu dieser Richtlinie verabschiedet, zuletzt mit der Richtlinie 92/32/EWG vom 30.April 1992. Weiters wurden für den Umgang mit Chemikalien folgende EU-Richtlinien, Anhänge und Verordnungen verabschiedet (unvollständig):

Anhänge der Richtlinie 67/548/EWG

Richtlinie 93/90/EWG (Ausnahme für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe)

Richtlinie 93/67/EWG (Risiko-Bewertungssrichtlinie)

Verordnung EWG 793/93 (Altstoffverordnung)

Richtlinie 88/379/EWG und 93/18/EWG (Zubereitungsrichtlinie)

Richtlinie 90/35/EWG und 91/442/EWG (Kindergesicherte Verschlüsse)

Richtlinie 91/155/EWG (Sicherheitsdatenblatt)

Richtlinie 76/769/EWG (Chemikalienverbotsverordnung)

Wichtig für die Einstufung von Stoffen ist die sogenannte „EU-Stoffliste", die derzeit mit dem Titel „Anhang zur Richtlinie 93/72/EWG der Kommission vom 1. Sept.1993 zur neunzehnten

Anpassung an den technischen Fortschritt der Richtlinie 67/548/EWG" vorliegt. Da diese Liste nicht alphabetisch ist und auch nicht nach CAS-Schlüsselnummern geordnet ist, konnte eine rasche Einstufung der im vorherigen Abschnitt genannten Hilfsstoffe nach den EU-Richtlinien nicht vorgenommen werden.

7.6.4 Hilfsstoffe, die in Österreich Anwendung finden:

In den insgesamt 21 CPO- und CPA-Anlagen in Österreich werden zumindest folgende Hilfsstoffe regelmäßig eingesetzt:

Tab. 7.8: Hilfsstoffe in CPO- und CPA-Anlagen in Österreich

Hilfsstoffe, die in mehr als 10 Anlagen eingesetzt werden	Hilfsstoffe, die in 5 bis 10 Anlagen eingesetzt werden	Hilfsstoffe, die in weniger als 5 Anlagen eingesetzt werden
Kalkmilch, $Ca(OH)_2$ Salzsäure, HCl Eisen-III-chlorid $FeCl_3$	Natronlauge, NaOH Natrium- oder Kalium-hydrogensulfit $Na(K)HSO_3^-$ Organische Filterhilfsmittel Natriumhypochlorit NaOCl Wasserstoffperoxid H_2O_2	Eisen-II-sulfat $FeSO_4$ Natriumsulfid Na_2S Tonerde-Spaltmittel bzw. Bentonit (Schichtsilikate) Kalksteinmehl $CaCO_3$ Caroat $KHSO_5$ Natriumdithionit $Na_2S_2O_4$ Schwefelsäure H_2SO_4 Trimercaptotriazin $C_6H_3(SH)_3$ Amidoschwefelsäure H_2NSO_3H Harnstoff $H_2N(CO)NH_2$ Bariumchlorid $BaCl_2$ Eisenchlorid $FeCl_2$ Soda Na_2CO_3 Kalt-Spaltmittel für Emulsionen

Aus der Bestandsaufnahme über die Anlagen und Verfahren war nicht immer eindeutig ersichtlich, ob die genannten Chemikalien als Lösung oder als Feststoff angekauft werden. Im Allgemeinen werden aber folgende handelsübliche Konzentrationen eingesetzt:

Kalkmilch, $Ca(OH)_2$	20 oder 40 % ige Suspension
Salzsäure, HCl	konzentriert, ca. 30 % ig
Eisen-III-chlorid $FeCl_3$	10 bis 25 % ig
Natronlauge, NaOH	33, 45 oder 50 % ig oder festes NaOH („Ätznatron")
Natriumhypochlorit NaOCl	Lösung, 10 bis 13 % wirksames Chlor
Wasserstoffperoxid H_2O_2	30 % ig

7.6.5 Arbeitnehmerschutz beim Umgang mit Hilfsstoffen

Die Grundsätze für den Arbeitnehmerschutz (Umgang mit Hilfsstoffen, Umgang mit Gefahrstoffen generell, Sicherheitsaspekte) wurden bereits im Abschnitt 6 dargestellt.

Zwei wichtige Grundsätze des Arbeitnehmerschutzes sind das Vermeiden von Risiken und die Gefahrenbekämpfung an der Quelle (Aschg § 7). Für den Umgang mit Hilfsstoffen bedeutet dies, daß nach Möglichkeit auf giftige, sehr giftige und stark ätzende Chemikalien verzichtet werden soll.

Die Verpflichtungen zur Meldung, Kennzeichnung und zur Einhaltung von Grenzwerten für (gefährlichen) Arbeitsstoffe soll in Zukunft durch eine Verordnung zum ASchG geregelt werden. Da diese Verordnung noch nicht erlassen wurde, ist weiterhin bei der Beurteilung des Arbeitnehmerschutzes die Kundmachung des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales vom 27.2.12.1994 über maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Technische Richtkonzentrationen („MAK-Werte-Liste 1995") heranzuziehen.

Die MAK-Werte-Liste ist bei der Allgemeinen Unfallversicherungsanstalt, Adalbert-Stifter-Straße 65, 1200 Wien, Tel. Nr. 0222 / 33133 - 300 erhältlich. Auszüge aus der MAK-Werte-Liste werden in des vorliegenden Berichtes im Abschnitt 12.11 dargestellt.

Es ist eine Person namhaft zu machen, die dafür zu sorgen hat, daß alle Sicherheitsbestimmungen beim Umgang mit Chemikalien eingehalten werden. In dieser Funktion hat diese Person insbesondere die Einhaltung der allgemeinen Verhaltensregeln, die Setzung organisatorischer Maßnahmen sowie die Bereitstellung und Verwendung der allgemeinen und persönlichen Schutzausrüstung zu überwachen und Mißstände der Geschäftsleitung zu melden. Eine besonders wichtige Funktion dieses Beauftragten besteht darin, daß er im Hinblick auf den Arbeitnehmerschutz für die Auswahl der für die jeweiligen Arbeiten geeigneten Bediensteten und deren Unterweisung gegenüber der Geschäftsleitung beratend tätig ist (siehe auch Abschnitt 6)

7.6.6 Hinweise und Empfehlungen für den Umgang mit Hilfsstoffen

Wie bereits erwähnt, sollte nach Möglichkeit auf giftige, sehr giftige und stark ätzende Hilfsstoffe verzichtet werden. Dies kann z.B. bedeuten:

- Der Verzicht auf eine Sulfat-Fällung mit Bariumchlorid. Es wäre zu prüfen, ob das sulfathältige Abwasser auch bei Sulfatkonzentrationen über 400 mg/l eingeleitet werden kann, ohne die Kanalisation zu beschädigen.
- Der Verzicht auf konzentrierte Schwefelsäure (>=95 %). Die Verwendung von Schwefelsäure in geringeren Konzentrationen ist nur geringfügig teurer.
- Verringerung des Chemikalieneinsatzes durch gegenseitige Neutralisation oder gegenseitige, kontrollierte Entgiftung
- Verringerung des Einsatzes von Peroxosulfat (Caroat) durch ausreichende Reaktionsdauer für die vorhergehende Cyanid-Oxidation mit Wasserstoffperoxid
-

Trotz dieser Maßnahmen wird immer noch der Einsatz reizender, ätzender oder mindergiftiger Stoffe in nicht geringem Ausmaß erforderlich sein. Die Anforderungen an den Umgang mit diesen Hilfsstoffen ergeben sich aus den bereits genannten Grundsätzen und Gesetzen. In der Folge werden weitere Empfehlungen und Hinweise gegeben:

Die Sicherheitsdatenblätter, die nach der Chemikalienverordnung bzw. nach einschlägigen EU-Bestimmungen vom Lieferanten übergeben werden, und die Listen für die Gefahrenhinweise (R- und S-Sätze) sollen nicht nur in der Verwaltung, sondern auch im Labor bzw. Eingangsbereich und auch in den entsprechenden Lagerräumen sofort verfügbar sein.

Entsprechende Schutzausrüstungen, wie z.B. Korbbrillen, Staubmasken, Atemschutz, Handschuhe, Erste-Hilfe-Kästen etc. müssen vorhanden sein.

Während der Befüllung von Lagerbehältern für flüssige Hilfsstoffe ist eine Ablufterfassung und -reinigung in vielen Fällen erforderlich, z.B. bei Salzsäure. Es können auch Gaspendelleitungen zwischen Chemikalien-Tankwagen und Lagertanks oder zwischen Lagertanks und Tagesbehältern errichtet werden.

Bei der Beschickung von Feststoff-Silos für pulverförmige Hilfsstoffe, z.B. Kalk- oder Kalksteinmehl-Silos, soll die Abluft über einen Staubfilter gereinigt werden.

Die in Abschnitt 7.5.2.5 genannten Anforderungen an die Lagerung von Chemikalien sind einzuhalten (Auffangwannen etc.). Materialien, die ihrer Art und Menge nach geeignet sind, zur schnellen Entstehung oder Ausbreitung von Bränden beizutragen, wie z.B. Papier, Textilien, Holz, Holzwolle, brennbare Verpackungen, dürfen im Lagerabschnitt nicht gelagert werden.

Die Übernahme von Chemikalien und Abfällen ist nach Möglichkeit so zu organisieren, daß nicht gleichzeitig - z.B. an derselben Laderampe - Hilfsstoffe und Abfälle übernommen werden müssen.

Vor der Übernahme oder Umfüllung von Hilfsstoffen ist der Füllstand der zu beschickenden Behälter zu überprüfen, sodaß die Gefahr einer Überfüllung erkannt werden kann. Bei der Übernahme kalter Flüssigkeiten (z.B. im Winter) ist deren Ausdehnung bei Erwärmung auf Raumtemperatur zu beachten.

Vermischungen von Chemikalien untereinander müssen zuverlässig vermieden werden. Leitungen und Pumpen zwischen Lagertanks und Tagesbehältern müssen so angeordnet werden, daß dies gewährleistet ist, ohne daß die Flexibilität in der chemotechnischen Prozeßführung zu sehr eingeengt wird. Die für den Transport verbindliche Kennzeichnung gemäß ChemVO kann auch auch an Lager- und Tagesbehältern beibehalten werden, wenn diese immer wieder mit demselben Hilfsstoff befüllt werden.

Händisches Pumpen oder Umfüllen flüssiger Hilfsstoffe soll vermieden werden.

Für den Umgang mit festen Hilfsstoffen kann eine Lösestation erforderlich sein, die im wesentlichen aus einem Lösetank mit Rührwerk, einem Aufgabetrichter und einer Abluftkabine besteht. Die beiliegende Abbildung (siehe folgende Seite) enthält Vorschläge für die Gestaltung einer Lösestation.

Unterweisungen des Personales betreffend den Umgang mit gefährlichen Stoffen sind mindestens einmal jährlich und bei Neuaufnahmen vorzunehmen. Personen, die gefährliche Stoffe transportieren, handhaben oder verwenden, müssen zuverlässig und über Maßnahmen zur Gefahrenabwehr gut informiert sein. Sie sollten darüber hinaus verpflichtet sein, bei besonderen Vorkommnissen, wie Austritt von Stoffen oder Unfällen, die Betriebsleitung unverzüglich zu informieren.

Es muß ein Maßnahmenplan für den Brandfall, zum Verhalten bei Unfällen und für den Austritt von Stoffen erstellt werden.

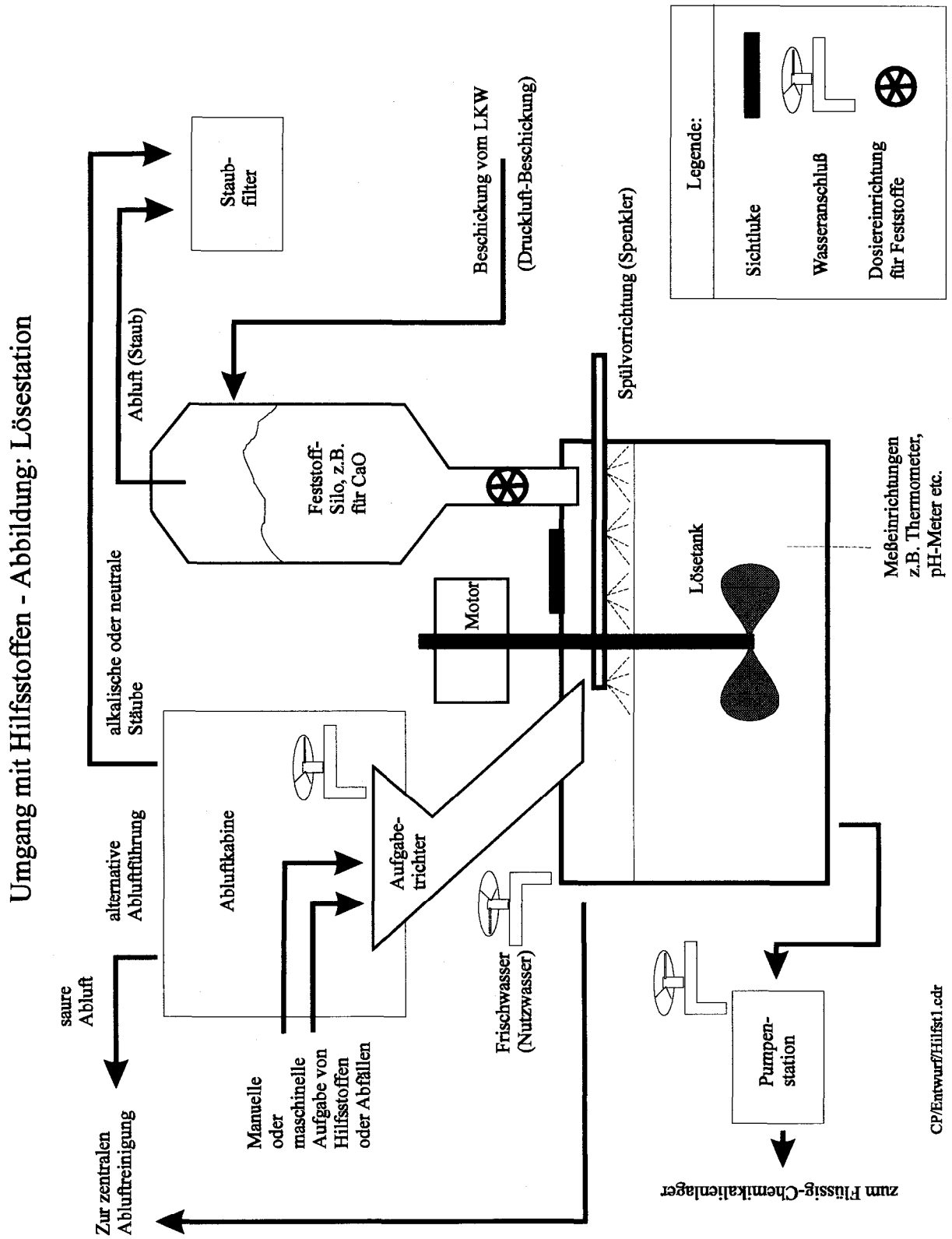


Abb. 7.2: Umgang mit Hilfsstoffen

7.7 LABORAUSSTATTUNG

7.7.1 Allgemeines

Das Labor ist in einer chemisch-physikalischen Aufbereitungsanlage eine wichtige Schaltstelle. Nur die richtige Erkennung der Abfallzusammensetzung gewährleistet die sichere und ordnungsgemäße Beseitigung. An mobile und stationäre CP-Anlagen sind somit auch in der Laborausstattung gleiche Anforderungen zu stellen.

Darüberhinaus begleitet das Labor vom Eingang des Abfalles bis zur Ausgangskontrolle der Rückstände den gesamten Prozeß und des Abwassers. Bezüglich der analytischen Kontrolle sind daher folgende Bereiche zu unterscheiden:

- Eingangskontrolle
- Reaktionskontrolle
- Abwasserkontrolle
- Kontrolle der festen Rückstände
- Kontrolle des anfallenden Altöles
- Abluftkontrolle

Diese Bereiche sind jedoch davon abhängig, ob es sich um eine CPA- oder CPO-Anlage handelt. Demgemäß sind auch die Laborausstattungen unterschiedlich.

Zunächst muß das Labor - unabhängig, ob es für eine CPA- oder CPO-Anlage errichtet wird - eine gewisse Grundausstattung beinhalten. Diese kann stichwortartig wie folgt definiert werden:

- Laborgeräte zur Durchführung klassischer, qualitativer und quantitativer Analytik (Destillations- und Extraktionsapparaturen, Pipetten, Büretten, Becher, Gläser etc.)

- Übliche Laborausstattung mit Kleingeräten (Trockenschrank, Muffelofen, Heizplatte, Mikrowelle, Waage, Magnetrührwerke, pH-Wert- und Leitfähigkeitsmessgeräte, Zentrifuge, Eluiergeräte)

- Geräte zur Probenaufbereitung (Probenzerkleinerung - wie Mühlen - zum Homogenisieren der Proben, verschiedene Aufschlußapparaturen, Schüttler, Rührer, Zentrifugen usw.)

- Analytische Grundgeräte - wie z.B. Titrationssysteme, Photometer, ionensensitive Elektroden

- CSB-Apparatur

- Schnelltest-Prüfsätze (Küvettentests etc.)

- Abzug, Arbeitnehmer- und Brandschutzeinrichtungen

Die erforderliche Laborausstattung an Großgeräten ist davon abhängig, ob es sich um eine CPA- oder CPO-Anlage handelt. Dies wird in den beiden folgenden Kapiteln besprochen.

7.7.2 Zusätzliche Anforderungen an die Laborausstattung bei einer CPO-Anlage

In einer CPO-Anlage sind folgende Bereiche zu kontrollieren:

- Eingangskontrolle
- Abwasserkontrolle
- Kontrolle der festen Rückstände
- Altöluntersuchung

Für die obigen Untersuchungen sind folgende Großgeräte erforderlich:

- IR-Gerät (FTIR)
- AAS oder (und) ICP
- Gaschromatograph mit verschiedenen Detektoren (wie FID und ECD)
- Verbrennungsapparatur (Wickbold) für die Bestimmung des Gesamt-Halogens (Altöl): Eine Bestimmung des Gehaltes an organischem Chlor mit Hilfe der Beilstein-Probe ist wegen der Unempfindlichkeit der Methode ungeeignet. Statt einer Wickbold-Apperatur kann auch ein RFA-Gerät eingesetzt werden. Dieses Gerät hat allerdings den Nachteil einer geringen Probenmenge. Auch eine Chlor-Bestimmung nach Verbrennung in einer Kalorimeterbombe ist eine geeignete Methode.
- Flammpunktgerät

Mitunter kann es zweckmäßig sein, ein Röntgenfluoreszenzspektrometer zu verwenden, da damit einerseits sehr rasch der Halogengehalt im Altöl bestimmt werden kann und andererseits auch sehr leicht die festen Rückstände überprüft werden können .

Toxische Elemente - insbesondere Schwermetalle - lassen sich mit der Röntgen- fluoreszenz halbquantitativ - mit einer Genauigkeit von ca. ± 5 % - abschätzen.

In diesem Zusammenhang sei auf § 21(2) AWG und die Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle hingewiesen (§ 2, Abs. 24). Demnach sollte ein Labor einer CPO-Anlage in der Lage sein, Halogen-, PCB- und Feststoffanteil sowie Flammpunkt von Altölen/Abfällen zu bestimmen. Die hiefür erforderlichen Geräte sind in der obigen Aufstellung berücksichtigt.

7.7.3 Zusätzliche Anforderungen an die Laborausstattung bei einer CPA-Anlage

Die analytische Kontrolle bei einer CPA-Anlage umfaßt die folgenden Bereiche:

- Eingangskontrolle
- Reaktionskontrolle
- Abwasserkontrolle
- Kontrolle der festen Rückstände
- Abluftkontrolle

Für diese Untersuchung sind folgende Großgeräte erforderlich:

- AAS und/oder ICP
- GC mit verschiedenen Detektoren - wie FID, ECD, MS
- HPLC mit verschiedenen Detektoren - wie UV, Leitfähigkeit, Fluoreszenz
- IR-Gerät (FTIR)
- TOC-Gerät

Mobile Anlagen setzen zur Zeit teilweise Kohlenwasserstoff-Analysatoren auf der Basis der Streulichtmessung ein. Dieses Meßprinzip ist zur Bestimmung der gelösten KW-Anteile nicht geeignet und kann daher nur ergänzend neben anderen Meßmethoden eingesetzt werden, nicht jedoch zur alleinigen Überwachung des einzuleitenden Abwassers.

Neben der Eingangs- und Abwasserkontrolle, der Kontrolle der festen Rückstände und der Abluftkontrolle - die mit den zitierten Großgeräten durchgeführt werden können - ist ein wichtiger Aufgabenbereich des Labors die **Reaktionskontrolle**:

Sie beginnt mit der Ausarbeitung der Rezeptur für die Reaktion. Dafür werden Proben der Abfälle - bevor sie tatsächlich entgiftet werden - im Labor in Reihenrührgeräten behandelt.

Basierend auf der chemischen Zusammensetzung - die bereits bekannt sein muß - werden die für die Entgiftung bzw. Neutralisation erforderlichen Chemikalienmengen bestimmt und - aufgrund dieser Untersuchung - dem Arbeiter vor Ort, der dann die Entgiftung bzw. Neutralisation in der Produktion selbst durchführt, eine Richtrezeptur bekanntgegeben.

Mit Hilfe dieser Richtrezeptur beginnt in der CPA-Anlage die Entgiftung. Nach jedem Schritt wird die Entgiftung vor Ort überprüft. Hiefür werden sogenannte Testkits verwendet bzw. werden tragbare pH-Elektroden eingesetzt.

Als Testkits haben sich photometrische Schnellverfahren bewährt. In Form des Küvettentests mit den erforderlichen Reagenzien bereits in einer verschließbaren Küvette stellen sie - in Verbindung mit transportablen Photometern - eine gut reproduzierbare und auch robuste, d.h. eine wenig störanfällige Analytik dar.

Die folgende *Tabelle 7.9* zeigt ein Beispiel über Meßgrößen, Meßbereiche, Methoden und Referenzen, die mit Küvettentests abgedeckt werden können.

Tab. 7.9: Beispiele für Küvettentests, z.B. für die Reaktionskontrolle

Meßgröße	**Dim.:**	**Meßbereiche**	**Methode**	**Referenz**
Blei	mg/l	0,1 - 2,0	PAR	-
Cadmium	mg/l	0,02 - 0,3	Cadion	-
Chrom gesamt	mg/l	0,005 - 1,0	Diphenylcarbazid	DIN 38 405-D24
Chrom (VI)	mg/l	0,005 - 1,0	Diphenylcarbazid	DIN 38 405-D24
Kobalt	mg/l	0,1 - 2,0	Nitroso-R-Salz	--
Kupfer	mg/l	0,01 - 8,0	Bathocuproindisulfonsäure	--
Nickel	mg/l	0,05 - 6,0	Dimethylglyoxim	DIN 38406-E11
Zink	mg/l	0,02 - 6,0	PAR	--
Zinn	mg/l	0,1 - 2,0	Pyridylfluoron	--
Cyanid, gesamt (als CN)	mg/l	0,01 - 0,5	Barbitursäure-Pyridin	DIN 38405 D 13 ISO 6703-1-2-3-1984
Cyanid (als CN, leicht freisetzbar)	mg/l	0,01 - 0,5	Barbitursäure-Pyridin	DIN 68405 D13-2-3 ISO 6703-1-2-3-1984
Fluorid	mg/l	0,1 - 1,5	Spadns	--
Nitrit (als N)	mg/l	0,005 - 6,0	Sulfanilsäure Naphtylamin	DIN 38405-D10 ISO 6777-1984 ÖNORM M 6282
Sulfid	mg/l	0,1 - 2,0	Dimethyl-p-phenyl-diamin	DIN 38 405-D26 ISO 10530-1991

Eine automatische Steuerung der Entgiftung über Redoxpotential ist nicht möglich, da diese sehr stark von der Matrix abhängig ist und es bei den sehr unterschiedlichen Abfällen - die in einer CPA-Anlage entgiftet werden - zu Fehlmessungen kommt. Dies führt zu unvollständigen Entgiftungen. Prinzipiell muß daher die Entgiftung vor Ort von Hand durchgeführt werden (siehe auch Teil B, Abschnitte B1.3 und B1.4). Meßsonden können aber die Kontrolle der Entgiftung erleichtern bzw. bei menschlichem Versagen Alarmsignale auslösen oder die Zufuhr von Chemikalien zu den Reaktionsbehältern automatisch stoppen.

7.8 LITERATUR ZU ABSCHNITT 7

ALLGEMEINE UNFALLVERSICHERUNGSANSTALT: Merkblatt M 366 „Umgang mit Säuren", Merkblatt M 365 „Umgang mit Laugen"

ANONYM: ADR-Handbuch 1995; Kastelic Norka Verlag, Klosterneuburg 1994

DIESEL W., LÜHR H.-P.: Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe. Loseblatt-Sammlung, E.Schmidt Verlag, fortlaufende Erscheinungen.

KUNTSCHER: Das Neue Österreichische Chemikaliengesetz, Weka Verlag, Wien

Landesamt für Wasser und Abfall Nordrhein-Westfalen: Anlagen zur Sammlung und Zwischenlagerung von Sonderabfällen.- Hinweise über Anforderungen an Errichtung und Betrieb, Düsseldorf, 1987.

ÖNORM S 2110 „Analytische Beurteilung von Abfällen"

TRGS 514 - Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern, Ausgabe Dezember 1992. In: DIESEL / LÜHR: Lagerung und Transport wassergefährdender Stoffe, Loseblattsammlung, E.-Schmidt Verlag.

7.9 TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN REAKTIONSTANKS, NACHREAKTIONSTANKS UND AN DIE ENTWÄSSERUNG

7.9.1 Behandlungs- und Nachbehandlungskonzept für die Entgiftung, Neutralisation und Fällung

Die Arbeitsabläufe einer CPA-Anlage zur Entgiftung, Neutralisation und Fällung (im wesentlichen zur Behandlung anorganischer Abfälle) werden in der folgenden Abbildung vereinfacht dargestellt.

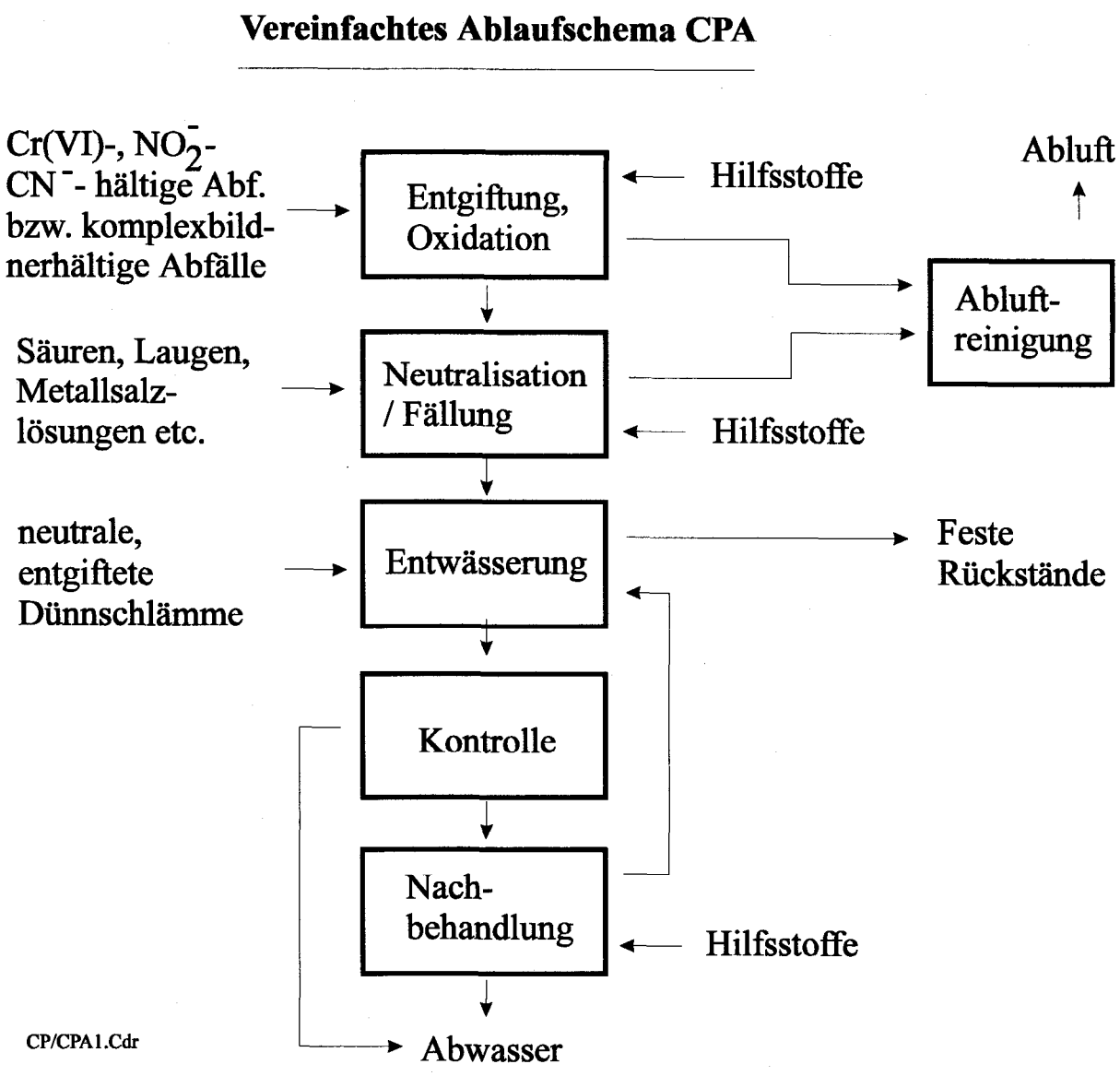


Abb. 7.3: Vereinfachtes Ablaufschema CPA

Die Lagerbereiche für Abfälle und Hilfsstoffe wurden in dieser Abbildung nicht berücksichtigt, da die technischen Anforderungen betreffend Abfallübernahme und -lagerung bereits in anderen Abschnitten des vorliegenden Berichtes dargestellt wurden.

Das vorangehende Ablaufschema gilt generell für Chargen- und Durchlaufanlagen. In der Praxis überwiegen Chargen-Behandlungsanlagen.

Die Begriffe „Reaktionstank" und „Nachreaktionstank" werden auf der Basis dieses Ablaufschemas folgendermaßen definiert:

Reaktionstank: Behälter, dessen Bestimmung die Durchführung chemischer Reaktionen der Entgiftung (Oxidation, Reduktion), Neutralisation und Fällung ist.

Nachreaktionstank: Behälter, der bei längeren Reaktionszeiten (z.B. mehr als 2 Stunden) zur Aufnahme des noch in Reaktion befindlichen Inhaltes eines Reaktionstanks bzw. zur Verlängerung der Reaktionsdauer dient, oder Behälter, dessen Bestimmung die Nachbehandlung nicht einleitbarer Kontrollbehälter-Inhalte ist. Im Nachreaktionstank können gegebenenfalls noch geringe Mengen an Hilfsstoffen zugegeben werden, z.B. zur Feinregulierung des pH-Wertes vor der Entwässerung, oder auch Filterhilfsstoffe.

Für Chargenmischanlagen wird folgende Mindestanzahl und Dimensionierung an Reaktions- und Nachreaktionstanks empfohlen:

Reaktionstanks: Mindestens 1 Reaktionstank, dimensioniert nach der zu erwartenden Abfallmenge und den zu erwartenden Reaktions-, Füll-, Entleerungs- und Stillstandszeiten.

Nachreaktionstanks: Mindestens 2 Nachreaktionstanks. Das Nutzvolumen mindestens eines der Tanks soll größer (eventuell nur geringfügig größer) als der größte Kontrollbehälter-Inhalt sein. Das Nutzvolumen der übrigen Nachreaktionstanks soll größer als oder gleich groß wie das Nutzvolumen des bzw. der Reaktionstank(s) sein.

Lager-, Kontroll- und Übernahmebehälter dürfen nicht als Reaktions- oder Nachreaktionstanks benützt werden. Eine Rückführung von Kontrollbehälter-Inhalten in einen Reaktionstank (statt in einen Nachreaktionstank) ist grundsätzlich zulässig, aber abzuraten, da an Behälterwänden und am Behälterboden des Reaktionstanks anhaftendende Schwermetallhydroxidflocken remobilisiert werden können und eine Nachbehandlung erschweren.

Lager-, Kontroll- und Übernahmebehälter sollen ferner auch nicht zur Eindickung von Dünnschlämmen und neutralisierten, entgifteten Abfällen verwendet werden.

7.9.2 Technische Anforderungen an Reaktionstanks und Nachreaktionstanks

Anforderungen an Reaktionstanks

Reaktionstanks müssen mechanisch stabil und gegenüber den Abfällen und Hilfsstoffen chemisch widerstandsfähig sein.

Die zu erwartenden Temperaturerhöhungen (Reaktionswärme, Neutralisationswärme) dürfen keine die Funktion des Reaktionstanks beeinträchtigenden Verformungen verursachen.

Reaktionstanks sind wie Lagerbehälter in einer ausreichend dimensionierten Auffangwanne aufzustellen. Eine gemeinsame Auffangwanne mit Lagerbehältern, Nachreaktionstanks und Entwässerungseinrichtungen ist im allgemeinen zulässig.

Der Fußboden im Bereich eines Reaktionstanks ist flüssigkeitsdicht auszuführen. Er muß so beschaffen sein, daß freiwerdende Stoffe erkannt und vollständig beseitigt werden können bzw. in die Auffangwanne abfließen.

Reaktionstanks sind soweit geschlossen auszuführen, daß eine Freisetzung von Dämpfen oder Aerosolen in der Halle durch Konvektion ausgeschlossen ist. Sie sind mit einer Abluftterfassung und einer absperrbaren Zuluft-Leitung auszustatten. Der Reaktionsablauf muß optisch überwachbar sein (z.B. Sichtfenster mit entsprechender Beleuchtung). Aufgabetrichter und -leitungen für Feststoffe sind absperrbar auszuführen.

Reaktionstanks müssen vollständig entleerbar sein.

Weiters müssen folgende Ausstattungen bzw. Einrichtungen vorhanden sein:

- Rührwerk zur intensiven Durchmischung des Inhaltes
- Wasseranschluß
- Füllstandsanzeige
- Eine Warneinrichtung für das Überschreiten der zulässigen Temperatur
- Meßeinrichtungen zur Prozeßüberwachung, insbesondere des pH-Wertes, des Redoxpotentiales, der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit.
- Zuleitungen und Dosiereinrichtungen für Hilfsstoffe

Anforderungen an Nachreaktionstanks

Nachreaktionstanks müssen mechanisch stabil und gegenüber den entgifteten, neutralisierten Abfällen und den für die Nachreaktion oder Nachbehandlung eingesetzten Hilfsstoffen chemisch widerstandsfähig sein.

Die zu erwartenden Temperaturen bzw. Temperaturerhöhungen dürfen keine die Funktion des Nachreaktionstanks beeinträchtigenden Verformungen verursachen.

Nachreaktionstanks sind wie Lagerbehälter in einer ausreichend dimensionierten Auffangwanne aufzustellen. Eine gemeinsame Auffangwanne mit Lagerbehältern, Reaktionstanks und Entwässerungseinrichtungen ist im allgemeinen zulässig.

Der Fußboden im Bereich von Nachreaktionstanks ist flüssigkeitsdicht auszuführen. Er muß so beschaffen sein, daß freiwerdende Stoffe erkannt und vollständig beseitigt werden können bzw. in die Auffangwanne fließen.

Nachreaktionstanks sind soweit geschlossen auszuführen, daß eine Freisetzung von Dämpfen oder Aerosolen in der Halle durch Konvektion ausgeschlossen ist, wenn sie zur Nachreaktion bei der Entgiftung eingesetzt werden. Sie sind in diesem Fall mit einer Abluftterfassung und einer absperrbaren Zuluft-Leitung auszustatten. Der Füllstand und Reaktionsablauf muß optisch überwachbar sein (z.B. Sichtfenster mit entsprechender Beleuchtung).
Nachreaktionstanks müssen vollständig entleerbar sein.

Weiters müssen folgende Ausstattungen bzw. Einrichtungen vorhanden sein:

- Rührwerk zur Durchmischung des Inhaltes
- Füllstandsanzeige
- Eine Warneinrichtung für das Überschreiten der zulässigen Temperatur
- Meßeinrichtungen zur Prozeßüberwachung, insbesondere des pH-Wertes, des Redoxpotentiales, der Temperatur und der elektrischen Leitfähigkeit.
- Zuleitungen und Dosiereinrichtungen für Hilfsstoffe, welche für die Nachreaktion oder Nachbehandlung eingesetzt werden.

Zumindest ein Nachreaktionstank ist mit einer Belüftungseinrichtung auszustatten, die eine Oxidation von Fe-II-Verbindungen erlaubt. Bei diesem Nachreaktionstank muß eine Zudosierung von Natronlauge möglich sein.

Weitere Empfehlungen betreffend Reaktionstanks und Nachreaktionstanks

Rührwerke in Reaktionstanks sollen vor allem in Hinblick auf die Zugabe größerer Volumina an Hilfsstoffen und für die gegenseitige Neutralisation auch bei halbem Nutzinhalt betriebsfähig sein. Damit kann außerdem der Füllstand des Reaktionstanks in vielen Fällen deutlich unter dem maximalen Nutzinhalt gehalten werden, sodaß im Fall einer geringfügigen Überschreitung der zulässigen Temperatur eine einfache Gegenmaßnahme - nämlich eine rasche Frischwasserzugabe - möglich ist. Zu beachten sind besonders die für die Behandlung von Cyaniden erforderlichen, großen Hilfsstoff-Volumina.

Rührwerke sollen in ihrer Leistung regulierbar sein, sodaß bei Bedarf die Misch-Energie verringert werden kann (Energiesparmaßnahme und verringerte mechanische Belastung der Schlammflocken).

Die Inbetriebnahme des Rührwerkes und von Pumpen zur Beschickung des Reaktionstanks kann über das Prozeßleitsystem an den Betrieb der Abluftreinigungsanlage gekoppelt werden, sodaß die Inbetriebnahme nur möglich ist, wenn auch die Abluftreinigungsanlage eingeschaltet ist.

Das Absetzen von Feststoffen in Nachreaktionstanks vor der Entwässerung soll vermieden werden. Dazu kann ein Rührwerk in Bodennähe erforderlich sein.

Pumpen und Leitungen sind so anzuordnen, daß im Notfall (bei Ausfall des Rührwerkes) eine Durchmischung von Inhalten durch „im-Kreis-Pumpen" möglich ist. Dies gilt für Reaktions- und Nachreaktionstanks.

Für Nachreaktionstanks können eventuell Frischwasser-Leitungen erforderlich sein.

Hochdruckreinigungseinrichtungen - z.B. mobile Geräte - zur Reinigung von Reaktions-, Nachreaktionstanks und Kontrollbehälter werden empfohlen.

Meßeinrichtungen sollen höhenverstellbar und abnehmbar sein.

Für den Reaktionstank werden zwei voneinander unabhängige Temperatur- und pH-Meßeinrichtungen empfohlen.

Bei der Ablufterfassung am Reaktionstank soll eine Probenahmemöglichkeit für das Abgas geschaffen werden.

Abluftleitungen sollen so geführt werden, daß Kondenswasser, das in den Leitungen gebildet wird, zum Reaktions- oder Nachreaktionstank zurückfließt.

Dosiereinrichtungen für pulverförmige Hilfsstoffe (z.B. Kalksteinmehl) sind am Reaktionstank so auszuführen, daß Verklumpungen, die durch Kondenswasser bzw. Wasserdampf entstehen, nach Möglichkeit vermieden werden.

7.9.3 Technische Anforderungen an die Entwässerung

Allgemeines zur Entwässerung

Sowohl für die Ablagerung als auch für die Verwertung ist eine weitestgehende Entwässerung, nur in seltenen Fällen jedoch auch eine Trocknung der festen Rückstände anzustreben.

Grundsätzlich können zur Entwässerung verschiedene Aggregate eingesetzt werden, z.B.:

- Kammerfilterpressen
- Zentrifugen
- Siebbandpressen
- Vakuum-Bandpressen

Nach der österreichischen Deponieverordnung, BGBl. Nr.164/1996, § 5 „Verbot der Deponierung" Ziffer 1 ist die Ablagerung schlammiger, pastöser oder feinkörniger Abfälle verboten, „wenn die Funktionsfähigkeit des Deponiebasisentwässerungssystems beeinträchtigt wird oder wenn die Standfestigkeit des Deponiekörpers nicht gegeben ist."

Eine Beeinträchtigung der Funktionsfähigkeit des Deponiebasisentwässerungssystems wäre z.B. gegeben, wenn der Schlamm noch so fließfähig ist, daß er massiv in die Poren des Flächenfilters oder die darin verlegten Sickerwasserleitungen dringt und diese verstopft. Die Anforderungen an die Standsicherheit von Deponien werden in der Anlage 3 zur Deponieverordnung präzisiert. Diese Anforderungen werden vor allem bei der Ablagerung in Monodeponie oder in einer Form der Ablagerung, wo überwiegend anorganische Schlämme abgelagert werden, zu beachten sein. Indirekt können sich somit Anforderungen an den Wassergehalt, die Scherfestigkeit und das Kompressionsverhalten von Schlämmen ergeben.

Die Deponieverordnung legt keinen Mindest-Feststoffgehalt für die Ablagerung fest. Erfahrungsgemäß wird bei der Entwässerung anorganischer Schlämme in Kammerfilterpressen ein Wassergehalt von 50 bis 75 % erreicht, also ein Feststoffgehalt von 25 bis 50 % (Masse %). Diese Zahlenwerte beziehen sich auf Trocknung bei 40°C, die bei gipshältigen Abfällen üblich ist, um den Kristallwassergehalt zu erhalten.

Schlämme können bei einem Wassergehalt von z.B. 70 % eine lehmig-pastöse Konsistenz aufweisen, etwa wenn im Feststoff Metallhydroxide überwiegen, oder auch eine stückig-stichfeste Konsistenz, z.B. wenn der „Schlamm" oder „Filterpreßkuchen" überwiegend Gips enthält. In manchen Fällen weisen die Schlämme außerdem thixitrope Eigenschaften auf, das heißt, die Schwerfestigkeit nimmt bei zunehmendem Druck oder zunehmender mechanischer Einwirkung stark ab. Der Schlamm beginnt also z.B. beim Befahren zu „schmieren" Thixotrope Eigenschaften sind im Fall der Ablagerung unerwünscht und nach Möglichkeit durch Änderung der Fällungsbedingungen und durch Einsatz von Filterhilfsmittels zu bekämpfen.

Gegebenenfalls können bei schlechtem Entwässerungsverhalten nach der Entwässerung noch Schlammtrockner eingesetzt werden. Die Trocknung mit elektrischem Strom ist jedoch energieintensiv; der praktische Strombedarf beträgt etwa 500 kWh pro t Wasser.

Durch eine Verfestigung der Rückstände können neben einer Immobilisierung von Schadstoffen auch die bodenphysikalischen Eigenschaften und damit die Standfestigkeiten verbessert werden.

Anforderungen an die Entwässerung

Das Entwässerungsaggregat und die zugehörigen Pumpen und unter Druck befindlichen Leitungen, mit denen für neutralisierte, entgiftete Abfälle befördert und entwässert werden, sind so aufzustellen, daß bei Austritt von Flüssigkeiten diese in eine ausreichend dimensionierte Auffangwanne abfließen.

Die entwässerten Rückstände müssen den Bestimmungen der Deponieverordnung, insbesondere § 5 Ziffer 1 und Anlage 3, entsprechen.

Trübungen und Färbungen des aus dem Entwässerungsaggregat abfließenden Ablaufes (Abwassers) müssen optisch sofort erkennbar sein. Eine Rückleitung in Nachreaktionstanks oder in einen gesonderten Auffangtank muß möglich sein. Bei einer instrumentellen Überwachung ist zu beachten, daß nicht alle Arten von Trübungsmessern störungsfrei funktionieren.

Freie Fließstrecken und Fallhöhen des Ablaufes sind so gering als möglich zu halten, um die Freisetzung von Aerosolen in der Halle zu vermeiden. Eine punktuelle Ablufterfassung kann erforderlich sein.

Bei Filterpressen ist ein Schutz gegen den Austritt von Metallhydroxidsuspensionen zwischen den einzelnen Platten der Filterpresse vorzusehen (Arbeitnehmerschutz). Filterpressen müssen mit einer Überdrucksicherung (z.B. einem Überdruckventil) und einer Druckanzeige ausgestattet werden.

Zusätzliche Empfehlungen

Die Entwässerung soll mit Kammerfilterpressen oder leistungsfähigen Zentrifugen durchgeführt werden. Der Wassergehalt der entwässerten Rückstände soll möglichst gering sein. Eine „stückige" Konsistenz ist anzustreben.

Im Falle der Verwertung soll die Kammerfilterpresse oder Zentrifuge über Einrichtungen verfügen, die ein Waschen des Rückstandes mit Wasser im Entwässerungsaggregat ermöglichen (Verdrängung von Salzen, die bei der Verwertung störend wirken).

Nach Möglichkeit soll eine händische Entleerung von Entwässerungsaggregaten vermieden werden. Eine automatisierte Entleerung direkt in Transportbehälter für den Transport zur Deponie oder zur Verwertungsanlage wird empfohlen, sodaß in der CP-Anlage keine neuerliche Manipulation mit dem Rückstand vorgenommen werden muß.

8 ANFORDERUNGEN AN DIE EMULSIONSSPALTUNG

Ziel der Behandlung von Emulsionen ist eine verwertbare Ölphase und ein in Kläranlagen einleitfähiges Abwasser. Für ein Kapitel „Emulsionsspaltung" in einer Technischen Anleitung bzw. Technischen Richtlinie werden folgende Vorschläge unterbreitet (siehe auch Abschnitt B2 im Teil B dieses Berichtes):

Definition einer CPO-Anlage [nach TA Abfall, Deutschland, 1990]:

Chemische Emulsionsspaltanlagen haben grundsätzlich zu bestehen aus Einrichtungen zur:

- Abscheidung von sedimentierbaren Feststoffen
- Abscheidung von aufschwimmenden Verunreinigungen
- Dosierung von Behandlungschemikalien
- chemische Emulsionstrennung und
- Abscheidung von Reaktionsprodukten

Anlagen zur Membranfiltration haben grundsätzlich zu bestehen aus Einrichtungen zur:

- Abscheidung von sedimentierbaren Feststoffen
- Abscheidung von aufschwimmenden Verunreinigungen
- Feinfiltration
- Membranfiltration

Destillationsanlagen haben grundsätzlich zu bestehen aus Einrichtungen zur:

- Abscheidung von Feststoffen
- Destillation
- Restentölung
- Neutralisation

Anforderungen an die Eingangsanalytik:

Folgende Parameter sind jedenfalls bei der Abfallanlieferung von gebrauchten Kühlschmierstoffen, Öl-Wassergemischen und ähnlichen zu analysieren:

CN', NO_2', Schwermetalle (Pb, Cu, Zn, Ni, Cd, Cr_{GESAMT}), Cl, POX, pH, Leitfähigkeit, CSB

Getrennte Lagerung und Behandlung:

Chlorkohlenwasserstoff-, cyanid- und nitrithaltige Öl-/ Wassergemische sind von übrigen Öl-/ Wassergemischen getrennt zu lagern und entsprechend vorzubehandeln.

Abluft:

Eine Ablufterfassung und -reinigung ist jedenfalls sowohl im Lagerbereich als auch im Behandlungsbereich vorzusehen (Wäscher, Aktivkohlefilter) Die Einhaltung der Abluftemissionen ist zu überwachen (siehe Abschnitt 12).

Säure-Salzspaltverfahren:

Dieses Verfahren zur Emulsionsspaltung entspricht nicht dem Stand der Technik. Es ist nur mehr bei Restkohlenwasserstoffgehalten (wenige hundert Milligramm pro Liter) anzuwenden. Wird dieses Verfahren angewendet, so ist der ölhaltige Hydroxidschlamm bei TOC-Gehalten > 5 % einer geeigneten Verbrennungsanlage zur Abfallbehandlung zuzuführen.

Spaltung mit organischen Spaltmitteln:

Dieses Verfahren ist mittlerweile soweit entwickelt, daß es auch zur externen Abfallbehandlung herangezogen werden kann. Die Spaltung mit organischen Spaltmitteln kann auch erfolgreich mit anderen Emulsionsspaltverfahren (Membranverfahren, Erwärmung) kombiniert werden.

Membranverfahren:

Entspricht dem Stand der Technik zur Behandlung von gebrauchten Kühlschmierstoffen. Es ist jedoch mit hohen Restwassergehalten im Konzentrat zu rechnen.

Verdampferverfahren:

Sind nur dann sinnvoll anzuwenden, wenn genügend Mengen vorhanden sind, daß sie kontinuierlich betrieben werden können. Es handelt sich hierbei um ein energieintensives Verfahren. Es ist besonders auf wasserdampfflüchtige Substanzen zu achten und es sind entsprechende Vorkehrungen (z.B. Strippkolonne) zu treffen. Der Verdampfer-Rückstand ist einer thermischen Behandlung oder thermischen Verwertung zuzuführen.

Umkehrosmose als Nachbehandlungschritt:

Das Rententat („Konzentrat") ist einer geeigneten Verbrennungsanlage zuzuführen.

9 *IMMOBILISIERUNGSANLAGEN*

9.1 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN

Die Deponieverordnung (BGBl.164/1996) verwendet die Begriffe „verfestigen" und „Verfestigung", nicht jedoch die vielleicht umfassendere Bezeichnung „Immobilisierung". § 2 Ziffer 3 lautet dazu:

„Ein verfestigter Abfall ist ein Abfall, den einem Behandlungsverfahren zur festen Einbindung in eine Matrix unterzogen wurde. Abfälle können mit hydraulischen, latent hydraulischen oder mit sonstigen, in chemischer Reaktion abbindenden Bindemitteln eingebunden werden. Weiters bedeutet Verfestigung das Eingießen in Bitumen, Schwefel, Thermoplaste u.a."

Gemäß einer Studie der Universität für Bodenkultur (MOSTBAUER, ZIEGLER, LECHNER, 1994) wird die Immobilisierung unterteilt in eine chemische und eine physikalische Immobilisierung. Die chemische Immobilisierung verursacht eine dauerhafte Verringerung der Mobilität der Abfallinhaltsstoffe durch starke oder schwache chemische Wechselwirkung, z.B. durch kovalente Bindung oder Fällung aber auch durch Adsorption und Absorption.

Die physikalische Immobilisierung verursacht eine Verringerung der Wasserwegsamkeit bzw. der Auslaugung. Die Verringerung der Wasserwegsamkeit entsteht durch die Beigabe von Zusatzstoffen und die innige Vermischung der Zusatzstoffe mit den Abfallstoffen. Durch die innige Vermischung kommt es zu einer Einbindung der Abfallstoffe in eine schadstoffbindende Matrix, es erfolgt eine Einkapselung der Abfallstoffe, wodurch eine innere physikalische Barriere geschaffen wird. Neben der Einkapselung können auch Hydratationsvorgänge zur Verringerung der Wasserwegsamkeiten beitragen. Je nach Größe der eingeschlossenen Abfallstoffe unterscheidet man zwischen einer Mikro- und Makroeinkapselung. Grundsätzlich ist eine Mikroeinkapselung geeigneter zur Verringerung der Wasserwegsamkeiten. Mit einer Änderung der Sieblinie der Zusatzstoffe kann eine zusätzliche dauerhafte Verringerung der Wasserdurchlässigkeit erzielt werden. Diese Maßnahme wird bei der Errichtung von mineralischen Dichtschichten häufig ergriffen.

Der gebräuchliche Begriff Verfestigung, der bislang synonym mit dem Begriff Immobilisierung verwendet wurde, ist nach Vorschlag der oben angegebenen Studie lediglich für die Erhöhung der mechanischen Festigkeit und hier vor allem durch die Erhöhung der Druckfestigkeit und/oder Scherfestigkeit zu verwenden.

In der Praxis der CPB werden derzeit hydraulische und latent hydraulische Bindemittel auch zum Zwecke einer „Konditionierung" einigen Abfällen (z.B. Feststoffen aus Ölabscheiderinhalten) beigemengt. Im Sinne einer Angleichung der Anforderungen an die in dieser Weise „konditionierten" Abfälle an die für Verfestigungsprodukte gemäß Deponieverordnung einzuhaltenden Ablagerungkriterien sollte in Zukunft eine besonders sorgfältige Prüfung des Deponieverhaltens der „konditionierten" Abfälle vorgenommen werden. Beispiele für anzuwendende Prüfmethoden wären:

- Überprüfung der Durchlässigkeit
- Langzeit-Elutionstests, z.B. Lysimeterversuche
- Anwendung von Prüfmethoden zur gemeinsamen Ablagerung mit anderen Abfällen, z.B. TCLP-Prüfmethode (und eventuell Einstufung nach den Beurteilungkriterien der EPA)

Die dafür erforderlichen Prüfmethoden konnten im Rahmen dieses Berichtes nicht festgelegt werden. Festzuhalten ist aber jedenfalls, daß im Falle einer „Konditionierung" durch Zugabe von hydraulischen Bindemitteln (Zement....) oder latent hydraulischen Bindemitteln (Kohleasche...) eine besonders sorgfältige Überprüfung des Deponieverhaltens erforderlich ist.

9.2 EINTEILUNG DER IMMOBILISIERUNGSVERFAHREN

Ein Überblick über die einzelnen Immobilisierungsverfahren ist zB in TITTLEBAUM et.al. (1992) , MOSTBAUER (1995), MOSTBAUER, ZIEGLER, LECHNER (1994) und in der ÖNORM S 2089 (Vorschlag Dezember 1995) zu finden.

Nach MOSTBAUER (1995) et al.werden die Verfahren gemäß folgender Abbildung unterteilt:

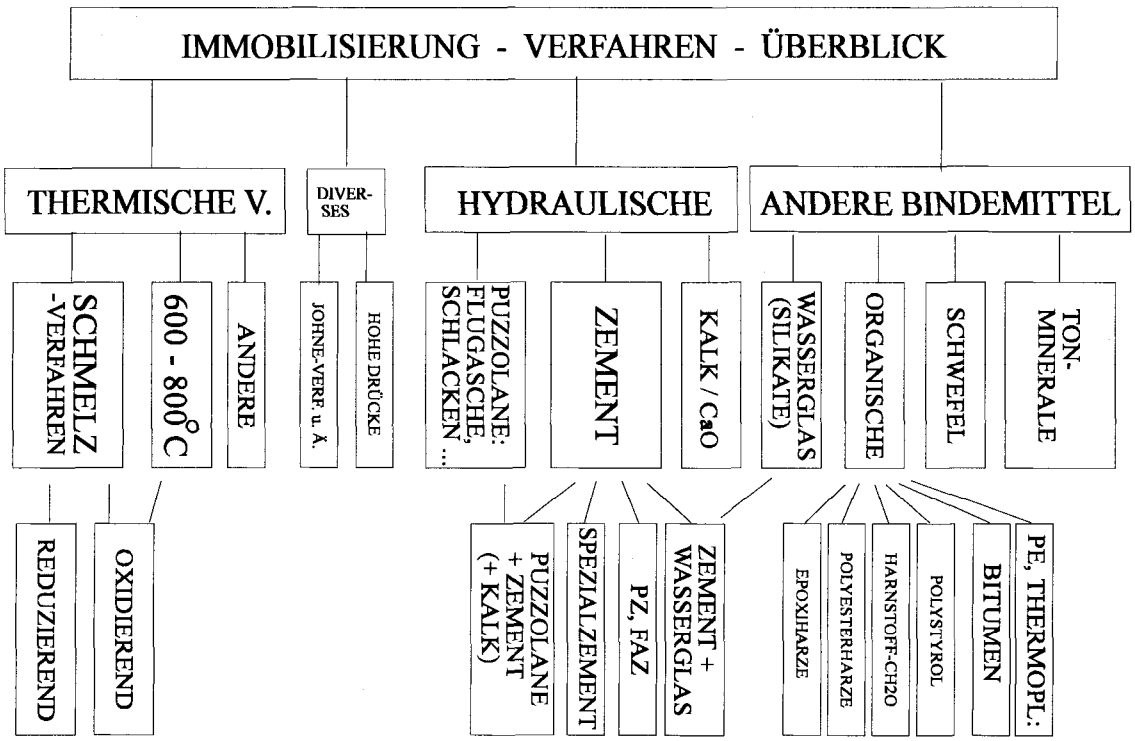


Abb. 9.1 : Überblick über die einzelnen Immobilisierungsverfahren

Es kann im wesentlichen zwischen „kalten" und thermischen Methoden unterschieden werden. Der Stand der Entwicklung der Methoden wird in der Tabelle 9.1 zusammengefasst:

Tab. 9.1: Stand der Technik / Stand der Entwicklung

Methode bzw. Bindemittel	Stand der Technik / Stand der Entwicklung	Beispiele für behandelte Abfälle
Thermische Verfahren (Verglasung)	Großtechnisch anwendbar, aber nur bei einzelnen Verfahren in Anwendung	MVA-Schlacke und -Asche
Zement als hydraulisches Bindemittel	Großtechnische Anwendung	MVA-Schlacke und - Asche Metallhydroxidschlämme
Andere hydraulische Bindemittel	Einzelne Verfahren in Anwendung	Spezielle Abfälle, z.B. mineralölkontaminierter Boden
Latent hydraulische Bindemittel	Großtechnische Anwendung	Rückstände aus kalorischen Kraftwerken
Schwefel, Bitumen als „Bindemittel" a)	Technikumsversuche, großtechnische Anwendung für radioaktive Abfälle	Metallhydroxidschlämme, radioaktive Abfälle
organische Bindemittel	Großtechnische Anwendung	Radioaktive Abfälle, vereinzelt auch andere.
Tonmineralien als Zusatzstoffe	Erste großtechnische Anwendung 1996 b)	MVA-Rückstände, ausgefaulter Klärschlamm
Diverse Verfahren	Meist nur Technikums- oder Laborversuche	Verfahrens-abhängig

a) Der Begriff „Bindemittel" ist hier eigentlich nicht zutreffend, da der Schwefel bzw. das Bitumen nur den Porenraum in den Abfällen auffüllt. Richtiger wäre die Bezeichnung „Zusatzstoff", die jedoch in der Literatur nicht üblich ist.

b) Abfallbehandlungsanlage der Fa. Burgstaller in Haag am Hausruck, Behandlung von aufbereitetem Altlastenmaterial aus einer Mülldeponie.

9.3 GRUNDSÄTZLICHE ANFORDERUNGEN

Einleitung

Das Ziel dieser Arbeit ist es, Anforderungen an die Ausstattung und Betriebsweise von Immobilisierungsanlagen zu erstellen.

Die thermischen Verfahren nehmen eine Sonderstellung unter den Immobilisierungsverfahren ein. Da diese Anlagen eine sehr spezifische Technologie aufweisen, wird in dieser Arbeit darauf nicht näher eingegangen. Die im Folgenden genannten Anforderungen gelten nur für die Immobilisierung mit Bindemitteln oder tonmineralhältigen Zusatzstoffen.

Die Zielvorgaben für die Ausstattung und die Betriebsweise einer Immobilisierungsanlage können in vereinfachter Form folgendermaßen formuliert werden:

1. Einhalten der Deponie-Kriterien für das Produkt gemäß Deponieverordnung

2. Begrenzung und Minimierung von Staub und gasförmigen Emissionen

3. Vermeidung von Abwasser; oder Begrenzung und Minimierung der Abwasser-Emissionen, wenn die Vermeidung technisch nicht möglich ist.

4. Arbeitnehmer(innen)schutz

5. Einhaltung bestimmter verfahrenstechnischer Kriterien zum Immobilisierungserfolg

Zu Punkt 5.: Die bisherigen Erfahrungen auf dem Gebiet der Immobilisierung von Schadstoffen zeigen Kriterien auf, die für den Erfolg einer Immobilisierung entscheidend sind. Sie lassen sich folgendermaßen zusammenfassen:

- FÖRSTER (1995) hat darauf hingewiesen, daß es keine allgemein gültige Rezeptur gibt, es muß für jede Abfallart aufgrund von Voruntersuchungen eine spezifische Rezeptur erarbeitet werden.
- CHLAN (1993), BERNTHALER (1993) und FÖRSTER (1995) haben darauf hingewiesen, daß die Einhaltung der Rezeptur ein eminent wichtiges Problem ist und bereits geringe Abweichungen von dieser Rezeptur große Auswirkungen auf die Druckfestigkeit und die Eluatwerte haben.
- Allgemein wird betont, daß die möglichst homogene Durchmischung der Abfälle mit den Zusatzstoffen ein wesentliches Kriterium ist.
- Alle Abbauvorgänge und Reaktionen, die zu einer Volumsvergrößerung oder deutlichen Schrumpfung führen, können den Behandlungserfolg beeinträchtigen.
- Der Gehalt an abbaubaren organischen Stoffen muß begrenzt sein.

Grenzen der Immobilisierung in Bezug auf die Zusammensetzung der Abfälle

Bei den an Immobilisierungsanlagen angelieferten Abfällen handelt es sich meist um mineralische Abfälle, die mit Schadstoffen und hier im überwiegenden Maße mit Schwermetallen verunreinigt sind. Diese Abfälle können sowohl in fester als auch pastöser Form vorliegen. Flüssige Abfälle sind in der Regel für eine Immobilisierung nicht geeignet bzw. diese können in CPO- oder CPA- Anlagen oder in Verbrennungsanlagen behandelt werden. Lösliche Salze sind ebenfalls für eine Immobilisierung und eine anschließende obertägiger Ablagerung nicht geeignet (MOSTBAUER, ZIEGLER, LECHNER, 1994).

Wie auch in der Literatur (STEGEMANN und COTE, 1990, RAZELL, 1990, WIEDEMANN, 1982 etc.) immer wieder hingewiesen wird, sind Immobilisierungsverfahren, die mit hydraulischen Bindemitteln arbeiten, empfindlich gegen einen zu großen Anteil an organischen Verunreinigungen bzw. Ammonium. Diese Stoffe führen zu einer Störung der Matrix, wodurch die physikalische Immobilisierung verschlechtert wird. Die Folge davon ist eine Erniedrigung der Festigkeit und eine Verschlechterung des Wasserdurchlässigkeitskoeffizienten. Die Bildung von Deponiegas und von belastetem Sickerwasser kann bei abbaubaren organischen Stoffen nicht vermieden werden. Das Immobilisierungsprodukt wird bei einem TOC-Gehalt über 5 % meistens nicht stabil sein.

Ausnahmen bilden besondere Bindemittel und Verfahren für mineralölkontaminierte Böden und biologisch weitestgehend stabilisierte Materialien. Mineralölkontaminierte Böden, z.B. Material aus Ölunfällen, können mit Zement oder Kalk unter Zugabe spezieller ölbindender Komponenten immobilisiert werden, wenn der Mineralölanteil nicht allzu hoch - also z.B. unter ca. 15 Masse % - ist.

Wenn die Immobilisierung auf der Zugabe von Tonmineralien basiert, ist nach KNAAK et.al. (1994) eine Behandlung auch für Stoffe mit einem TOC Gehalt über 5% gelungen (Fallbeispiel weitgehend biologisch stabilisierter Klärschlamm). Einschränkend gilt jedoch, daß es sich bei den organischen Verunreinigungen um Stoffe handeln muß, die anaerob nur mehr schwer abgebaut werden können.

Grundsätzlich können Immobilisierungsverfahren für organische Schadstoffe in einer anorganischen Abfallmatrix auch dann erfolgreich eingesetzt werden, wenn die Schadstoffe aufgrund ihrer Toxizität bereits in sehr geringen Konzentrationen umweltrelevant sind und aufgrund der geringen Konzentration noch nicht störend auf die Ausbildung der Matrix (Matrix des Immobilisierungsproduktes) wirken.

Typische Abfälle die derzeit in Immobilisierungsanlagen behandelt werden bzw. behandelt werden können sind Flugaschen aus Abfallverbrennungsanlagen und Schlacken bzw. Flugaschen aus kalorischen Kraftwerken.

Die Sieblinie der Abfälle hat einen großen Einfluß auf die Durchlässigkeit des Produktes. Sie muß daher jedenfalls bekannt und erforderlichenfalls durch Aufbereitung (Sieben; Mahlen) oder Verschneidung korrigiert werden.

9.4 ORGANISATORISCHE UND TECHNISCHE ANFORDERUNGEN

Bei den nun folgenden Anforderungen wird nicht unterschieden zwischen stationären und mobilen Anlagen. Ausgenommen sind thermische Verfahren der Immobilisierung (Verglasung), für die im Einzelfall die organisatorischen und technischen Anforderungen festzulegen sind.

Hinsichtlich der Ablauforganisation gelten grundsätzlich die Ausführungen des Abschnittes 6. Hier sollen lediglich die aus der Sicht der Immobilisierungsanlagen die für „kalte Methoden" erforderlichen Konkretisierungen bzw. Ergänzungen dargestellt werden.

9.4.1 Ablauforganisation, Kontrollen

Auftragsvorbereitung

Im Zuge der Auftragsvorbereitung ist vor der Anlieferung eine Dokumentation über den Abfall, seine Herkunft und seine Zusammensetzung zu verlangen.

Die Dokumentation hat folgenden Mindestumfang aufzuweisen:

- Name und Adresse des Prüflabors.
- Name und Adresse des Abfallbesitzers.
- Bezeichnung des Herkunftsprozesses
- Beschreibung des Abfalles gemäß Anlage 4 der Deponieverordnung.
- Analyse des Abfalles gemäß Anlage 6 der Deponieverordnung, also auch Eluat-Kennwerte. Wenn aufgrund der Entstehung und Herkunft des Abfalls angenommen werden kann, daß Inhaltsstoffe in unbedeutenden Konzentrationen vorliegen darf der Parameterumfang für diese Untersuchung eingeschränkt werden.
- Gesamtgehalte der Schwermetalle Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Thallium, Vanadium, Zinn (Gemäß Anlage 5 Punkt E. „Beurteilung von verfestigten Abfällen" muß der Schwermetallgehalt des unverfestigten Abfalles in Summe weniger als 10 Masse % TS sein. Dabei sind die genannten Schwermetall-Gehalte zu bestimmen und zu addieren)
- Datum der Analyse.

Eingangskontrolle, Verwiegung

Es ist eine visuelle Eingangskontrolle und eine Identitätsprüfung (siehe unten) im Labor durchzuführen.

Soferne die visuelle Eingangskontrolle oder Identitätsprüfung ein negatives Ergebnis zeigt, ist der Abfall zurückzuweisen.

Die seit der letzten Gesamtbeurteilung verstrichene Zeit ist zu überprüfen. Gegebenenfalls muß eine neue Gesamtbeurteilung durchgeführt werden (siehe folgender Abschnitt).

Die Abfallmasse ist durch Verwiegung zu bestimmen und zu dokumentieren.

Der Wiegeschein muß folgende Mindestinformation aufweisen:

- Name des Wiegemeisters.

- Name und Adresse des Abfallbesitzers.
- Bezeichnung der Abfälle mit Schlüsselnummer gemäß ÖNORM S 2100.
- Angabe der gewogenen Menge.
- Kennzeichen des Lieferautos.
- Datum der Verwiegung.

Identitätsprüfung und Zwischenlagerung nicht approbierter Abfälle

Es ist bei jeder Anlieferung, bei Abfällen gleicher Herkunft (Herkunft aus einem definierten Prozeß) bei nachweislich nur geringfügigen Schwankungen in der Zusammensetzung und regelmäßiger, häufiger Anlieferung zumindest jedoch für je 500 Tonnen angelieferter Abfallmasse eine repräsentative Mischprobe zu entnehmen und eine Identitätskontrolle im Labor durchzuführen. Dafür muß ein entsprechend ausgestattetes Labor vorhanden sein.

Der Abfall ist im Zwischenlager der Immobilisierungsanlage zu lagern, solange die Identitätskontrolle noch nicht abgeschlossen ist. Gegebenenfalls kann die Zwischenlagerung auch beim Abfallerzeuger erfolgen. Die Abfallcharge darf erst nach positivem Ergebnis der Identitätskontrolle zur Behandlung freigegeben werden. Bei negativem Ergebnis der Identitätskontrolle ist mit dem Abfallbesitzer Kontakt aufzunehmen und für geeignete Maßnahmen z.B. Abholung der Abfälle zu sorgen. Durch entsprechende Hinweisschilder ist das Verbot der vorzeitigen Behandlung der Abfallcharge ersichtlich zu machen.

Behandlung, Gesamtbeurteilung der behandelten Abfälle

Nach der Freigabe ist der Abfall nach Maßgabe der betrieblichen Umstände ehestens einer Behandlung zuzuführen.

Der Immobilisierungserfolg ist durch eine Gesamtbeurteilung im Sinne der Deponieverordnung vierteljährlich (in Ausnahmefällen nur einmal pro Jahr) nachzuweisen.

Auf die Bestimmungen der Deponieverordnung betreffend Gesamtbeurteilung und Eignungsprüfung wird hier nicht näher eingegangen. Für die Immobilisierung relevante Bestimmungen befinden sich im § 6, § 7, §8, § 11 und in der Anlage 5 Abschnitt E der Deponieverordnung.

Normvorhaben „Untersuchung verfestigter Abfälle" zur Untersuchung verfestigter Abfälle

Die Arbeitsvorschriften für die betreffenden Prüfmethoden und für die Herstellung der Probekörper werden derzeit im Rahmen des Normungsvorhabens „Untersuchung verfestigter Abfälle" im Österreichischen Normungsinstitut erarbeitet.

Schnellkontrollsystem

Für jedes Verfahren ist ein auf wenige Parameter beschränktes Schnellkontrollsystem zu entwickeln, damit der Immobilisierungserfolg innerhalb kürzester Zeit nach Austritt des Immobiliserungsproduktes aus dem Mischer abgeschätzt werden kann (z.B. Siebanalyse aufgeschlämmter Proben, Wassergehalt etc.).

9.4.2 Dokumentation

Die Dokumentation stellt einen wesentlichen Punkt der Überprüfbarkeit der Anlage dar.

Die wesentlichsten Bestandteile der Dokumentation sind:

- Beschreibung der Abfälle gemäß Anlage 4 der Deponieverordnung.

- Analyse des Abfälle bzw. die bestimmten Schadstoffgesamtgehalte und Eluatwerte; auch Gesamtgehalte der Schwermetalle Antimon, Arsen, Barium, Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Kupfer, Molybdän, Nickel, Quecksilber, Selen, Thallium, Vanadium, Zinn.
- Unterlagen der Eignungsprüfung und Gesamtbeurteilung der behandelten Abfälle gemäß Deponieverordnung.
- Wiegescheine.
- Tagesprotokolle der Behandlungsanlage.

Diese Dokumentation ist 7 Jahre lang aufzubewahren und auf Verlangen der Behörde vorzuweisen.

9.4.3 Technische Anforderungen

Die Anlage ist zu unterteilen in:

- den Übernahmebereich
- das Zwischenlager
- die Mischanlage.

Übernahmebereich, Labor, Zwischenlager, Umgang mit Hilfsstoffen

Es können die im Abschnitt 7 des vorliegenden Berichtes genannten Vorschläge und Anforderungen sinngemäß angewendet werden.

Mischanlage

Die Mischanlage besteht aus

- Aufbereitungsanlage (z.B. Siebung, Zerkleinerung)
- Vorratsbehälter für Abfälle
- Vorratsbehälter für Zusatzstoffe bzw. Hilfsstoffe
- Mischer

Um eine möglichst homogene Durchmischung zu erreichen, sind die Abfälle erforderlichenfalls in einem ersten Verfahrensschritt einer Aufbereitung bzw. Zerkleinerung zuzuführen.

Die Übergabe des Abfalles vom Zwischenlager zur Zerkleinerungsanlage hat geeignet zu erfolgen (zB. mit Radlader, Greifer oder Förderband). Soferne die Situation es erfordert, ist der Abfall mit Wasser zu besprühen, um eine Staubbelastung zu verhindern. Von der Zerkleinerungsanlage zum Vorratsbehälter erfolgt der Transport zweckmäßigerweise mit einem Förderband. Der Vorratsbehälter muß mit einer Füllstandsanzeige ausgerüstet sein.

Bei staubförmigen Medien ist der Transport vom Zwischenlager zum Vorratsbehälter in einem geschlossenen System (zB. geschlossene Förderschnecke) sicherzustellen. Soferne der Abfall so beschaffen ist, daß eine Zerkleinerung nicht erforderlich ist, kann der Abfall di-

rekt aus dem Zwischenlager zum Mischer gefördert werden. In diesem Fall ist die Errichtung eines eigenen Vorratsbehälter für Abfälle nicht erforderlich.

Die Zusatzstoffe wie Zement und Kalk werden, wie bereits erwähnt, meist direkt in den Vorratsbehältern (Silos mit Staubfilter und Füllstandsmessung) gelagert. Ein eigenes Zwischenlager ist in diesen Fällen nicht erforderlich.

Erforderliches Prozeßwasser wird in der Regel direkt dem Leitungsnetz ohne Zwischenschaltung eines Vorratsbehälters entnommen.

Der Transport der einzelnen Stoffe von den Vorratsbehältern zum Mischer hat unter Minimierung der Staubbelastung zu erfolgen. Förderbänder für Abfälle sind immer abzudecken. Große Fallhöhen an den Übergabestellen von einem Förderband auf ein anderes sind zu vermeiden. Staubförmige Medien sollen möglichst in ummantelten Förderschnecken transportiert werden. Der Transport von Säuren und Laugen hat in geschlossenen Rohrleitungen zu erfolgen.

Der Mischer ist der wesentlichste Anlagenteil, der auf das spezielle Medium abzustimmen ist. Die Praxis zeigt, daß in jüngster Zeit neben Chargenmischer auch kontinuierliche Mischer (Durchlaufmischer) zum Einsatz kommen.

Nach FREUNDLICH (1993) haben Durchlaufmischer die Eigenschaft, daß die Güte der Mischung beträchtlich schwanken kann und der Mischprozeß schwer kontrollierbar und nicht protokollierbar ist. Chargenmischer zeichnen sich nach FREUNDLICH (1993) durch eine gleichbleibende Güte der Mischung in Abhängigkeit von der Verweildauer des Mischgutes im Mischer und verschiedener konstruktiver Parameter aus.

Bei Chargenmischer hängt die Qualität der Mischung von der Zugabefolge der Komponenten, von der Position der Einläufe der Komponenten und von der Art der Zugabe der Flüssigkeit ab. Bei feinteilreichen Mischungen hat sich insbesondere eine langsame Eindüsung der Flüssigkeit bewährt. Die Art der Flüssigkeitszugabe hat entscheidenden Einfluß auf die Mischzeit.

Mischer haben meist die Aufgabe, neben der Mischung auch für eine Zerkleinerung der einzelnen Komponenten zu sorgen. Dies ist bei spröden Materialien meist kein Problem, bei plastischen Materialien ist darauf besonders Rücksicht zu nehmen. Eine Vorschaltung eines Zerkleinerungsaggregates ist zur Beschleunigung des Mischvorganges in der Regel sinnvoll, wenn nicht aus mischtechnischen Gründen sogar unbedingt erforderlich.

Antriebsmotore sind erforderlichenfalls explosionsgeschützt auszuführen oder es ist durch einen ausreichenden Luftwechsel im Mischer bzw. in der Mischanlage sicherszustellen, daß keine explosionsfähigen Gasgemische gebildet werden.

Die Feuchtigkeitsmessung ist in den Vorratsbehältern periodisch durchzuführen. Diese Meßwerte sind die Grundlage für die Wasserzudosierung. Eine Messung der Temperatur ist im Regelfall nicht erforderlich. Die Vermeidung von Temperaturspitzen kann durch die Rezeptur sichergestellt werden. In Ausnahmefällen, bei Materialien, die bei sehr kleinen Abweichungen von der Idealmischung bereits zu beträchtlichen Temperaturspitzen neigen, ist eine gesonderte Temperaturmessung erforderlich und im Mischraum zu installieren.

Der Austrag aus dem Mischer erfolgt meist direkt auf einen LKW oder auf eine Absetzmulde, mit dem der immobilisierte Abfall zur Deponie gebracht wird.

Einhalten der Rezeptur

Es wurde bereits mehrfach darauf verwiesen, daß die Einhaltung der Rezeptur eines der entscheidenen Kriterien für den Behandlungserfolg darstellt. Zu diesem Zweck ist sicherzustellen, daß jede Mischungskomponente (Wasser, Abfall, Bindemittel....) von einer Meßeinrichtung erfaßt wird. Bei festen Stoffen ist eine gravimetrische Erfassung sicherzustellen. Dies kann beispielsweise über die Verwiegung mittels Wiegeband oder durch die Installierung von Druckmeßdosen an den Vorratsbehältern erfolgen. Eine volumetrische Erfassung von festen Stoffen zB. über Zellenradschleuse und Förderschnecke kann nur erfolgen, wenn sichergestellt ist, daß diese Stoffe nicht zu Zusammenbackungen bzw. Brückenbildung neigen, und eine Veränderung des spezifischen Gewichtes infolge von Setzungserscheinungen durch eine längere Lagerung nicht zu befürchten ist.

Prozeßwasser kann über eine Wasseruhr, einen induktiven Durchflußmesser oder einen Wasserdosierbehälter volumetrisch gemessen werden. Soferne spezielle Flüssigkeiten wie Säuren zu erfassen sind, kann wahlweise auf eine gravimetrische oder volumetrische Methode zurückgegriffen werden.

Steuerung

Die Steuerung der Gesamtanlage soll über eine Automatisierung (ein Prozeßleitsystem) erfolgen. Neben der Grundforderung an die Automatisierung, daß die einzelnen Mischungskomponenten über das jeweilige Transportsystem und der dazugehörigen Wiegeeinrichtung entsprechend der Rezeptur in den Mischer gefördert werden, muß die Forderung erhoben werden, daß dieses System so ausgeführt wird, daß bei Unterschreiten eines definierten Füllstandes der Vorratsbehälter ein akustisches Signal ertönt und nur mehr die gerade im Mischer befindliche Charge fertiggestellt wird. Danach schaltet die Anlage automatisch ab. Somit kann verhindert werden, daß Fehlchargen produziert werden. Weiters muß das Automatisierungssystem so ausgeführt sein, daß die Verbräuche der einzelnen Komponenten gespeichert werden, um die Möglichkeit einer nachträglichen Überprüfung der Mischrezeptur sicherzustellen. Zu diesem Zweck sind in den Tagesprotokollen insbesondere die Verbräuche aller Materialien zu protokollieren.

Anforderungen an das Prozeßwasser

Immobilisierungsverfahren, die mit hydraulischen Bindemitteln arbeiten, benötigen zum Abbindevorgang Wasser. Je nachdem inwieweit im anfallenden Abfall bereits Wasser gespeichert ist, ist eine Zugabe von Prozeßwasser erforderlich. Für dieses Prozeßwasser gilt wiederum, daß damit nicht jene Stoffe wie organische Schwebstoffe und Ammonium in größerem Maße zugeführt werden dürfen, die sich störend auf die Ausbildung der Matrix auswirken. Grundsätzlich ist aber davon auszugehen, daß Abwasser, welches der Allgemeinen Emissionsverordnung entspricht, für Immobilisierungsverfahren als Prozeßwasser einsetzbar ist.

Abluft

Die Forderung nach der Minimierung der Staubbelastung führt zu der Notwendigkeit einer Umhausung all jener Anlagenteile, wo eine Staubentwicklung zu erwarten ist. Insbesondere zu umhausen sind alle Förderbänder bzw. alle Übergabestellen im Bereich der Fördertechnik. Als besonders neuralgische Stellen sind dabei die Zerkleinerungsanlage der Abfälle und der Einlauf in den Mischer zu nennen. Diese Stellen werden oft aus konstruktiven Gründen nicht mit einer wirkungsvollen Umhausung ausgerüstet werden können, sodaß eine Absaugung dieser Stellen erforderlich ist. Die Absaugung ist mit einem Filter oder Wäscher auszustatten, Zyklone weisen einen zu geringen Abscheidegrad im Bereich der Feinteile auf. Der in den Filtern angesammelte Staub ist nach Möglichkeit wieder in den Verfahrensablauf einzubinden.

Neben der positiven Auswirkungen der Reduzierung der Staubbelastung für die Umwelt ist auf die Wichtigkeit dieser Maßnahmen für den Arbeitnehmerschutz hinzuweisen (siehe auch Abschnitt 6.7).

Bei einigen Immobilisierungsverfahren ist die Bildung gasförmiger Schadstoffe wie zB. Ammoniak zu erwarten. In diesem Falle ist die Absaugung der Abluft so auszulegen, daß dieser Teil der Abluft einem Wäscher zugeführt wird. Diese Bereiche können in einem eigenen System abgesaugt werden. Die Eignung der in den Wäschern anfallenden Kondensate und Waschflüssigkeiten als Prozeßwasser ist zu überprüfen. Die Verwendung als Prozeßwasser hat den Vorteil, daß kein Abwasser behandelt und abgeleitet werden muß.

Da bei gewissen Abfällen die Bildung explosiver Gasgemische nicht ausgeschlossen werden kann, ist für diesen Bereich die Absaugung explosionssicher auszustatten.

Über die Notwendigkeit anderer Maßnahmen zur Reinigung der Abluft (z.B. Aktivkohle-Filter) ist in Abhängigkeit von den zu erwartenden Temperaturen und Reaktionen, also Verfahrensabhängig, zu entscheiden.

Abwasser

Die Anlage und auch Lagerflächen für Abfälle sind soweit zu umhausen bzw. abzudecken, daß kein belastetes Sickerwasser anfällt.

Anfallendes Oberflächenwasser ist zu sammeln und möglichst als Prozeßwasser zu verwerten. Ist dies nicht möglich so ist für eine ordnungsgemäße Einleitung zu sorgen.

9.5 ZUSAMMENFASSENDE DISKUSSION ZUR IMMOBILISIERUNG

Die Immobilisierungsverfahren nehmen einen sehr wichtigen Platz in der Abfallwirtschaft ein. Es ist jedoch anzumerken, daß es sich dabei um Verfahren handelt, bei denen es weder zu einer Schadstoffentfrachtung wie etwa bei Waschverfahren noch zu einer Schadstoffzerstörung wie etwa bei der Verbrennung kommt. Aus diesem Grund wird der Einsatz dieser Verfahren immer dort zweckmäßig sein, wenn eine Zerstörung oder ein Abbau der Schadstoffe technisch nicht möglich oder wirtschaftlich nicht sinnvoll ist.

Der Einsatz der Immobilisierungsverfahren beschränkt sich vorwiegend auf die Behandlung anorganischer Abfälle mit Schwermetallkontaminationen. Geringe Mengen an toxischen organischen Stoffen können dabei im Abfall enthalten sein. Abfälle mit hohem Anteil an biologisch umsetzbaren Stoffen - z.B. Restmüll und Klärschlämme - sind für eine Immobilisierung nicht geeignet.

Der Immobilisierungserfolg beruht auf der Bildung von chemischen Verbindungen, zB. Hydroxiden, oder auf einer Verringerung der Wasserwegsamkeiten.

Für eine breite Palette anorganischer Abfälle hat sich die Immobilisierung mit Zement, Spezialbindemitteln auf Zementbasis und zugehörigen verfahrensspezifischen Zusätzen bewährt. Bei der Immobilisierung bzw. Verfestigung mit latent hydraulischen und/oder hydraulischen Bindemitteln kann im allgemeinen die Einhaltung der von der österreichischen Deponieverordnung vorgeschriebenen Grenzwerte für die Druckfestigkeit, den Wasserdurchlässigkeitskoeffizienten und die Frostbeständigkeit erwartet werden.

Verstärkt kommen derzeit Verfahren auf den Markt, bei denen der Immobilisierungsvorgang auf der Bildung von Silikaten beruht oder solche Verfahren, die auf den Einsatz von Zement verzichten und duktile, plastische Produkte ergeben.

Immobilisierungsverfahren mit Bindemitteln führen meist zu einem Massenzuwachs. Aus der Erfahrung bzw. auch aus der Literatur kann bei einer Immobilisierung mit einem Massenzuwachs zwischen ca. 20 % und 40 %, in Ausnahmefällen auch mehr, gerechnet werden. Der Volumszuwachs ist dagegen fast immer geringer als der Massenzuwachs; es kann sogar eine Volumsverminderung eintreten.

Durch die Deponieverordnung ist eine Deponierung von Immobilisierungsprodukten mit einem TOC Gehalt über 5 % verboten. Aufgrund des Massenzuwachses durch die einzelnen Zusatzstoffe können Abfälle mit geringfügig höheren TOC-Gehalten noch im Einklang mit der Deponieverordnung behandelt und deponiert werden.

9.6 LITERATURLISTE ZU ABSCHNITT 9

BERNTHALER, 1993; „Abfallbehandlung mittels Verfestigung - Ergebnisse aus der Sicht des Amtssachverständigen", Innsbruck 1993, Internationale Fachtagung „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisation schadstoffhaltiger Materialien".

BUNDESGESETZBLATT Nr. 164/1996, Deponieverordnung: „Verordnung des Bundesministers für Umwelt über die Ablagerung von Abfällen (Deponieverordnung)".

CHLAN, 1993; „Mineralisches Deponieabdichtungsmaterial aus Kraftwerksaschen und Chemiereststoffen, großtechnische Anwendung bei einer Aschekippe in der Steiermark", Innsbruck 1993, Internationale Fachtagung „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisation schadstoffhaltiger Materialien".

FÖRSTER, 1995; „Auslaugverhalten zementverfestigter Abfälle", Waste Reports, Nr.1/1995.

FREUNDLICH, 1993; „Immobilisation von Schadstoffen aus mischanlagentechnischer Sicht", Innsbruck 1993, Internationale Fachtagung „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisation schadstoffhaltiger Materialien".

KNAAK et.al., 1994; „Diagenetische Inertisierung", 2. Zwischenbericht, Wien, 1994

LECHNER, 1988; „Richtlinien für die Beurteilung von Abfällen", Hrsg; Bundesministerium für Umwelt, Jugend und Familie.

MBT UMWELTTECHNIK AG et.al., 1991; „Immobilisierung von Rauchgasreinigungsrückständen aus Kehrrichtverbrennungsanlagen (IMRA)", Hrsg: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft et.al.

MOSTBAUER, 1995; „Überblick über die Möglichkeit der Immobilisierung", Waste Reports 1/95, S.4-11. Hrsg: Abteilung Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.

MOSTBAUER, ZIEGLER, LECHNER,1994; „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisierung von Abfällen", Studie im Auftrag des Magistrates der Stadt Wien, Wien 1994.

n.n., 1996: Das Lose-Verladen von problematischen Reststoffen. Schüttgut 2 / 96 Nr. 3 S. 462-463.

RAZZELL, 1990: Chemical fixation, soliditication of hazardous waste. Waste management & research Vol.8, S.105-111, 1990.

RIEHL-HERWIRSCH, CARNIEL, BINNER et al., 1996: Diagenetische Inertisierung - ein Immobilisierungsverfahren. Lysimeterversuche Katzelsdorf, NÖ, 1992-1996. Präsentation und Kurzfassung des Endberichtes, 11.9.1996.

SAXER, LOTTNER, LUKAS, 1993; „Die Beurteilung der Qualität von immobilisierten Produkten", Innsbruck 1993, Internationale Fachtagung „Möglichkeiten und Grenzen der Immobilisation schadstoffhaltiger Materialien".

STEGEMANN, COTE, 1990: Summary of an investigation of test methods for solidified waste evaluation. Waste Management Vol.10, S.41-51, 1990.

TAUW UMWELT GesmbH, 1994; „Handbuch Altlasten und Grundwasserschadensfälle - Immobilisierung von Schadstoffen in Altlasten", Hrsg: Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg.

TITTLEBAUM et.al., 1992; „State of the art on stabilisation of hazardous organic liquid wastes ad sludges"

VESELY, 1995; „Langzeit - Eluattests an mit Thermoplasten verfestigten Abfällen", Waste Reports, Nr.1/1995, S.19-25. Hrsg: Abteilung Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.

VORTISCH, 1995; „Diagenetische Immobilisierung - Geologisch Mineralogische Grundlagen und Beispiele aus der Natur", Waste Reports, Nr.1/1995. Hrsg: Abteilung Abfallwirtschaft, Universität für Bodenkultur, Wien.

WIEDEMANN, 1982: Verfahren zur Verfestigung von Sonderabfällen und Stabilisierung von verunreinigten Böden. Berichte 1/82. Umweltbundesamt Berlin.

WIFI, 1995; Info Blatt „Rechtliche Stellung und Verantwortung der Beauftragten im Betrieb", Wirtschaftskammer Niederösterreich.

10 ABWASSER

Im vorliegenden Abschnitt wird die Notwendigkeit der Kontrolle und Analyse der Abwasserzusammensetzung vor der Einleitung in die Kanalisation besonders betont.

Der Entwurf des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (BMLF) betreffend die Einleitung von Abwasser aus CP-Anlagen wird als Grundlage für die Begrenzung von Abwasseremissionen übernommen und in einigen Punkten diskutiert. Dabei wird vom Umweltbundesamt die Meinung vertreten, daß eine Direkt-Einleitung unzulässig sein soll.

10.1 ALLGEMEINES

Sowohl bei CPO-, als auch CPA-Anlagen fallen folgende Arten von Abwässern an:

* Oberflächenwässer (Niederschlagswasser)

* Häusliche Abwässer

* Betriebliche Abwässer inklusive Waschwasser aus der Reigung von Fahrzeugen und Anlagenteilen, die mit Abfall in Berührung kommen können

Diese drei Arten von Abwässern müssen getrennt erfaßt und der entsprechenden Entsorgung zugeführt werden. Im Folgenden wird nur auf die betrieblichen Abwässer eingegangen. Eine CPO- oder CPA-Anlage muß in der Lage sein, dem betrieblichen Abwasser eine derartige Qualität zu geben, daß dieses in eine Kanalisation abgeleitet werden kann.

Die Lagerung und das Umfüllen von Abfällen in Bereichen, in denen keine abgedichteten Flächen oder keine Auffangwannen vorhanden sind, ist unzulässig (siehe auch Abschnitt 7.5).

CP-Anlagen können kontinuierlich oder im Chargenbetrieb arbeiten. Das Abwasser fällt daher entweder chargenweise oder - seltener - kontinuierlich an. Das in den CP-Anlagen anfallende Abwasser muß vor der Einleitung in die Kanalisation zunächst in einem Kontrollbehälter zwischengespeichert werden. Dabei sind mindestens drei Kontrollbehälter erforderlich. Ein Kontrollbehälter wird befüllt, der zweite analysiert und der dritte (und weitere) wird freigelassen bzw. steht als Reserve zur Verfügung. Dies bedeutet, daß auch bei kontinuierlichem Betrieb das Abwasser chargenweise in die Kanalisation eingeleitet wird. Zeitpunkt der Einleitung (Beginn und Ende) und die Abwassermenge sind im Betriebstagebuch zu dokumentieren (siehe Abschnitt 6.4.2).

10.2 KONTROLLBEHÄLTER, NACHBEHANDLUNG VON ABWASSER

Jeder Kontrollbehälter muß mindestens so groß sein, daß das Abwasser für die Zeit der chemischen Analyse zwischengespeichert werden kann. Im Normalfall sollte die Analyse innerhalb von 24 Stunden abgeschlossen sein, sodaß auch das Volumen des Kontrollbehälters dem Abwasseranfall von 24 Stunden oder mehr entsprechen muß.

Je größer der Kontrollbehälter, desto länger ist die Verweilzeit im Kontrollbehälter und desto weniger oft muß das - im Kontrollbehälter anfallende - Abwasser vor der Einleitstelle analysiert werden. Sehr große Kontrollbehälter werden daher eine Einsparung bei den Analysenkosten mit sich bringen.

Da das anfallende Abwasser nicht oder nur sehr wenig aggressiv ist, wird an die Werkstoffe - die für den Kontrollbehälter verwendet werden - kein großer Anspruch gestellt. Die *Tabelle 10.1.* gibt einen Überblick über die technische Ausstattung der Kontrollbehälter.

Tab. 10.1: Anforderungen an Abwasser-Kontrollbehälter (Vorschlag)

BEHÄLTER:	Kontrollbehälter
WERKSTOFFE:	GFK oder Stahl, außen lackiert
ANSCHLÜSSE:	Zulaufleitungen von Filterpressen (Behälter wird von unten befüllt) Probenahmeleitung (Hahn) Ablaufleitung zum Kontrollschacht Rücklaufleitung (siehe Abb. 10.1.)
MESSGERÄT:	Niveaumessgerät
SONSTIGES:	Mannloch; Überlaufsicherung; Hochdruck-Reinigungseinrichtung

Da sich in den Kontrollbehältern unter Umständen eine Schwefelschicht, ein Algenbewuchs oder ein Bakterienrasen ausbilden kann, sind diese im regelmäßigen Abstand mit Hochdruck-Reinigungseinrichtungen zu reinigen.

Die Behälter benötigen neben einem Niveaumeßgerät und einer Überlaufsicherung noch eine Probenahmeeinrichtung. Diese Probenahmeeinrichtung kann ein einfacher Hahn sein, mit dessen Hilfe aus dem Kontrollbehälter eine Stichprobe entnommen werden kann. Dieser Hahn soll sich in gleicher Höhe befinden, wie die Ablaufleitung zum Meßschacht (zur Kanalisation), damit Schlamm - der aus einer ungewollten Nachfällung im Kontrollbehälter entstanden ist - miterfaßt wird.

Da in diesem Behälter ein Ausgleich des Abwassers über längere Zeit stattfindet, ist diese Stichprobe gleichzeitig als Mischprobe anzusehen.

Zeigt sich bei der chemischen Analyse, daß der geforderte Behandlungserfolg nicht erreicht wird bzw. Grenzwerte überschritten werden, so ist das Abwasser zu einer erneuten oder zusätzlichen Behandlung in der CPO- oder CPA-Anlage zuzuführen.

Die *Abb. 10.1* zeigt schematisch diese Rückführung.

Je nachdem, welcher der Abwasseremissionwerte nicht eingehalten werden, muß eine Rückführung in die Stapelung (Lagerbehälter), in die Entgiftung bzw. Spaltung und in die Neutralisation bzw. Fällung oder eine spezifische Nachbehandlung (z.B. Flockung und erneute Filtration, Aktivkohle-Behandlung, Sandfilter) möglich sein.

Somit ist ein entsprechend verzweigtes Leitungssystem erforderlich. Das Leitungssystem soll aber keine „Umgehungsmöglichkeiten" schaffen, durch die z.B. der Ablauf von Entwässerungsaggregaten (Kammerfilterpressen etc) oder flüssige Abfälle selbst am Kontrollbehälter vorbei der Kanalisation übergeben werden könnten.

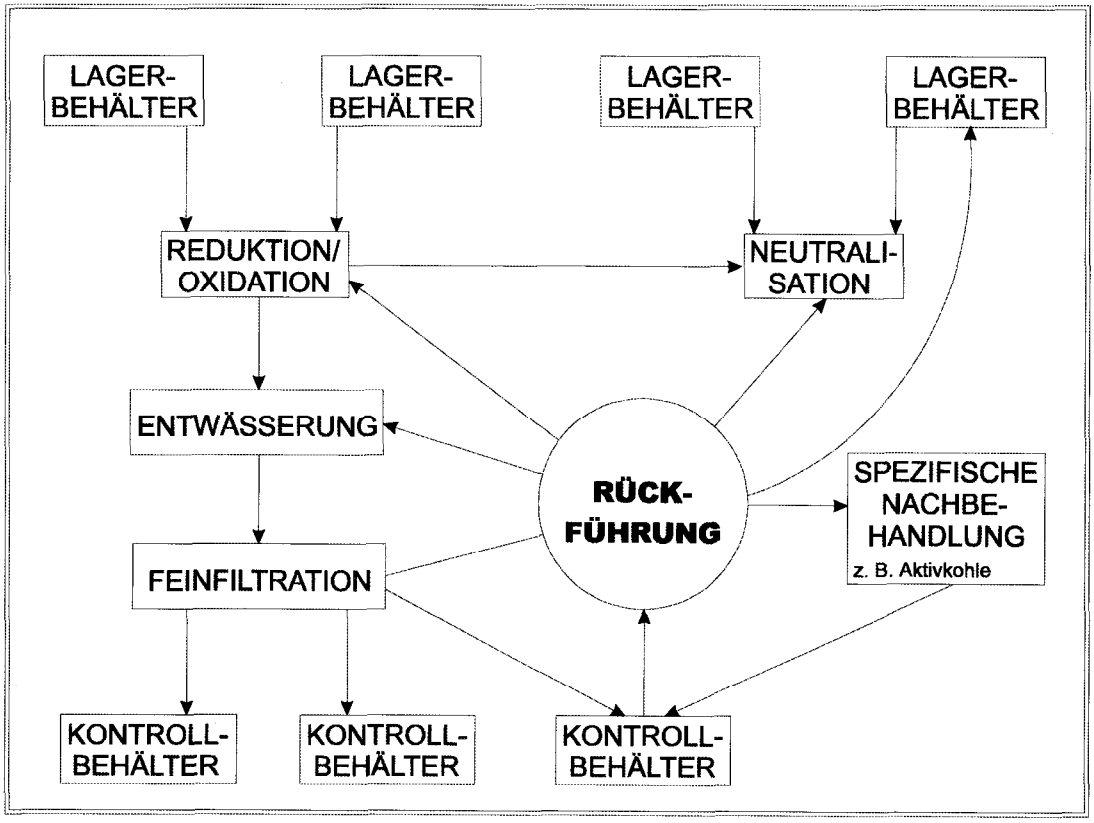


Abb. 10.1: Rückführung von Abwasser in die Anlage, am Beispiel einer CPA-Anlage

10.3 GRUNDLAGEN ZUR BEGRENZUNG DER ABWASSEREMISSIONEN DURCH SUMMENPARAMETER

Abwasser aus CP-Anlagen kann eine Vielzahl an gelösten oder suspendierten organischen Stoffen enthalten. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn die Art der Behandlung auf anorganische oder auch auf andere, mit dem betreffenden Verfahren gut behandelbare organische Stoffe abzielt.

Wie bei der Einleitung von Abwasser anderer Herkunft können die vielen Komponenten im Abwasser nicht immer durch Einzelstoff-Analysen bestimmt werden, sodaß eine Festlegung der organischen Schadstoffbelastung bzw. der organischen Fracht über Summen- oder Gruppenparameter erfolgen muß. Man darf dabei aber nicht vergessen, daß die dabei üblichen organischen Summenparameter, wie TOC, CSB, BSB, AOX, EOX etc. nur Konventionen sind, die im Einzelfall keine endgültigen Aussagen über die ökologischen Wirkungen des Abwassers erlauben. In der Bewertung organischer Abwasserfrachten können in Einzelfällen auch biologische Testverfahren sinnvoll angewendet werden, z.B. Daphnien-Test, Fischtoxizität, Leuchtbakterientest etc. (= ökotoxikologisches Screening). Die Übertragbarkeit von Ergebnissen dieser Prüfmethoden auf Abwasser- oder Gewässerbiozönosen ist jedoch sehr beschränkt.

Für die CPB bedeutet dies, daß die oben genannten Summenparameter nur dann sinnvoll anzuwenden sind, wenn auch gleichzeitig die Kriterien für die Zuordnung von Abfällen zu der Behandlungsanlage (siehe Abschnitt 5) eingehalten werden. Das Vermischen von Abwässern und Abfällen wie z.B. Deponiesickerwasser oder gebrauchten fotographischen Entwicklungsbädern in CP-Anlagen, ohne daß dadurch die diesen Abfällen innewohnenden organischen Frachten vermindert werden, insbesonders ein „Verschneiden" oder Verdünnen im Abwasser-Kontrollbehälter, ist unzulässig.

Durch rein mechanischen Methoden zur Abscheidung von Öl oder Kohlenwasserstoffen aus dem Abwasser können naturgesetzliche vorhandene Restlöslichkeiten nicht unterschritten werden. Es ist zu beachten, daß der Abfallerzeuger, der einen Ölabscheiderinhalt einem Behandler übergeben hat, mit denselben Restlöslichkeiten zu rechnen hat wie der Abfallbehandler, wenn rein mechanische Methoden (Abskimmen, Schwerkraftabscheidung) eingesetzt werden. Solange es sich bei der organischen Phase um gebrauchtes Motoren- oder Getriebeöl handelt, das auch der Altöldefinition des Abfallwirtschaftsgesetzes (AWG § 21) entspricht und nur einen geringen Anteil an produktionsspezifischen Verunreinigungen aufweist, werden die Restlöslichkeiten verhältnismäßig gering sein. Interessant ist in diesem Zusammenhang, daß die Restlöslichkeiten von Mineralölprodukten deutlich vom Aromaten-Gehalt abhängen:

Tab. 10.2: Restlöslichkeiten von Mineralölprodukten:

Bestandteile bzw. Löslichkeit in Wasser	Leicht-benzin	Normal-benzin	Super-benzin	Kerosin	Dieselöl
Restlöslichkeit (Sättigungskonz. in mg/l)	60	164	380	9	4
Benzol	0,4	1 bis 2	7,3	----------	----------
Toluol	0,3	7,2	9,7	----------	----------
Xylole	0	10,1	13,0	----------	----------
Olefine (Ungesättigte KW)	0	19,8	12,1	0,5	----------
Gesättigte KW	99,3	54,0	41,4	78,5	----------
Aromaten gesamt	---------	----------	----------	21,0	----------

Quelle zur Tabelle 10.2: WEBER (1984).

Gerade niedermolekulare, leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe, insbesondere ungesättigte Kohlenwasserstoffe und Aromaten, zeigen eine nicht vernachlässigbare Restlöslichkeit. Die theoretische Sättigungsgrenze in Wasser wird aber unter Umständen bei weitem nicht erreicht, wenn nicht ein Reinstoff, sondern ein Kohlenwasserstoff-Gemisch mit der wäßrigen Phase in Kontakt ist. Weiters ist die Restlöslichkeit von der Temperatur abhängig. Es kann auch vorkommen, daß ein bereits bis zu seiner Sättigungsgrenze in Wasser gelöster Bestandteil bei Hinzutritt weiterer, sehr schwer löslicher Kohlenwasserstoffe durch diese, seiner nunmehr verminderten partiellen Löslichkeit entsprechend, aus der wäßrigen Phase in die Öl-Phase verdrängt wird. Andererseits können Tenside die Löslichkeit sprunghaft ansteigen lassen.

Trotz dieser Vorbehalte ist stets zu bedenken, daß bei Aromaten und kurzkettigen Kohlenwasserstoffen Restlöslichkeiten von einigen hundert mg/l KW erreicht werden können. Wenn also Ölabscheiderinhalte und vergleichbare Abfälle durch rein mechanische Methoden behandelt werden, dann setzt dies eine sorgfältige Trennung und Erfassung von leichtflüchtigen (z.B. Benzin) und schwerflüchtigen (z.B. Dieselöl, Schmieröl) Stoffen voraus. Dies entspricht gleichzeitig auch etwa einer Trennung nach Gefahrenklassen. In diesem Fall ist eine Restkonzentration von ca. 10 oder 20 mg/l KW im Abwasser ein realistisches Ergebnis der Behandlung. Für genau definierte Prüfbedingungen (allerdings nicht praxisnah) ist mit Koaleszenzabscheidern nach DIN 1999 Teil 4 bis 6 auch eine Ablaufkonzentration von maximal 5 mg/l erreichbar (GRÄF, HARTINGER et al, Ergänzungslieferung 1994).

Gleichzeitig mit einer Abtrennung des Mineralöles in mechanischen Ölabscheidern oder Emulsionsspaltanlagen werden auch meistens die bescheidmäßig geforderten oder allgemeinen Abwasseremissionswerte für den Phenol-Index eingehalten. In einigen wenigen Fällen (z.B. bei schwer spaltbaren Emulsionen) kann es jedoch zu einer erhöhten Phenol-Restlöslichkeit (ca. 30 bis 50 mg/l) kommen, die im Behandlungsverlauf erst verzögert auftritt. Die Ursache für diese Phenol-Restlöslichkeiten bzw. diese Remobilisierung aus der Ölphase sind noch nicht endgültig geklärt (Vermutung: anaerober Abbau von Tensiden).

Was die CSB-, BSB- und TOC-Belastung des Abwassers aus CP-Anlagen insgesamt anbelangt, können derzeit nur Größenordnungen genannt werden.

Die Restlöslichkeit von Mineralölprodukten hat nur einen geringen Anteil an der CSB-Belastung. Die größten organischen bzw. CSB-Frachten und Konzentrationen im Abwasser sind entweder auf gut lösliche organische Abfallinhaltsstoffe oder auf Stoffe zurückzuführen, die während der Lagerung in die wäßrige Phase übergehen. Als Beispiele wären zu nennen:

- Karbonsäuren und Karbonsäure-Salze, die beim anaeroben Abbau entstehen (Voraussetzung: der Abfall muß abbaubare organische Stoffe enthalten)
- Triethanolamin und andere Alkanolamine (in Emulsionen)
- Borsäureester (in Emulsionen)
- Glykole (Hydrauliköle)
- Glanzzusätze (Galvanikbäder)
- Komplexbildner, z.B. Ethylendiamin, Weinsäure, EDTA (Galvanikbäder)
- Oxidationsmittel, z.B. Nitroaromaten (Entmetallisierungen)
- Oxalsäure (chemisches Beizen)
- Puffersubstanzen, z.B. Zitronensäure (Galvanikbäder)
- Reduktionsmittel, z.B. Hypophosphit, Boranate (chemische Metallisierung)
- Thiosulfat (Fixierbäder)
- Tenside (Oberflächenbehandlungsbäder generell, Entfettung,Galvanikbäder, Emulsionen)
- Elektrochemisch gebildete organische Stoffe, die als Nebenprodukt der Elektrolyse aus Glanzbildnern, Tensiden und Komplexbildnern durch sogenannte Umlagerungs- und Radikalreaktionen gebildet werden (Galvanikbäder)

Nach OSTWALD (1995) ist durch Triethanolamin (Korrosionsinhibitor in Kühlschmierstoffen) bei der Trennung von Emulsionen mittels Ultrafiltration im Permeat ein CSB-Wert von ca. 5.000 mg/l zu erwarten. Dieser Wert stimmt in der Größenordnung überein mit von BEGERT genannten, bislang unveröffentlichten Daten über den Ablauf von CPO-Anlagen. Nach Angaben eines Anlagenbetreibers können hohe CSB- und BSB-Werte von „einigen tausend mg/l" auch dadurch entstehen, daß Ölabscheiderinhalte, welche neben Öl auch andere organische Stoffe enthalten, längere Zeiten gelagert werden bzw. bereits beim Abfallerzeuger anaerob wurden. Es ist naheliegend, daß hier (ähnlich wie in Deponien) saure Gärungsvorgänge eintreten; z.B. durch Abbau zellulosehältiger Bestandteile.

Auch die Merkblätter der Deutschen Abwassertechnischen Vereinigung (ATV) enthalten einige Angaben über die zu erwartende Abwasserbelastung in diversen metallverarbeitenden Branchen (ATV, 1991), die auch für die CPB von Bedeutung sind, da einige der genannten Abfälle bzw. Abwässer auch extern zur Behandlung übergeben werden. Die Tabelle 10.3 zeigt einen Auszug aus den in den ATV-Merkblättern genannten Daten:

Tab. 10.3: Auszug aus Angaben der ATV-Merkblätter;betreffend organische Inhaltsstoffe

	ATV-		Kohlen-	

Abfallbezeichung und Herkunft	H 765 Blatt Nr.	pH-Wert	wasserstoffe gesamt	CSB
Emulsionen aus mechanischer Metallbearbeitung	Blatt Nr.5	7 bis 10	Ölgehalt: 2 bis 20 %	Wäßrige Phase: 5000 bis 20000 mg/l
Gleitschleifabwasser aus mechanischer Metallbearbeitung	Blatt Nr.5	7,5 bis 10	5 bis 100 mg/l	2000 bis 8000 mg/l
Abwasser aus der Elektro-tauchlackierung	Blatt Nr.8	3,5 bis 8	0 bis 5 mg/l	4000 bis 10000 mg/l (unfiltriert)
Abwasser aus Spritzlackieranla-gen	Blatt Nr.8	4 bis 13	1 bis 100 mg/l	2000 bis 30000 mg/l
Heißentlackung	Blatt Nr.8	12 bis 13	----------	5000 bis 15000 mg/l
Kaltentlackung	Blatt Nr.8	5 bis 8	---------- (enthält aber CKW !!)	2500 bis 4500 mg/l

Bei den in den ATV-Merkblättern genannten Werten handelt es sich um Orientierungswerte. Die Abwasserinhaltstoffe und deren Konzentrationen können selbstverständlich von Fall zu Fall stark unterschiedlich sein.

Dem Umweltbundesamt stehen ferner Daten von vier österreichischen Anlagen und sämtliche Bescheiddaten betreffend die Einleitung von Abwasser in die Kanalisation zur Verfügung (Stand: 1990 bis 1994). Da es sich dabei teilweise nur um Einzelanalysen handelt, ist eine Verallgemeinerung - also etwa eine Aussage über „die bei CP-Anlagen zu erwartende Abwasserbelastung" nicht zulässig. Für den CSB-Wert liegen von drei Anlagen Meßdaten über vor, die ein grobes Bild der organischen Abwasserbelastung vermitteln:

Anlage A, CPO-Anlage: 10.000 mg/l

Anlage B, CPA-Anlage: 2.500 mg/l

Anlage C, CPA-CPO-Anlage mit biologischer Abwasserreinigung: 500 bis 1100 mg/l; Zulaufwerte zur biologischen Stufe um etwa 1500 bis 2000 mg/l

Die resultierenden organischen Frachten können bei kleineren Kläranlagen zu Belastungsspitzen und damit zu einem merklichen zusätzlichen Bedarf an Energie für die Belüftung führen; im Extremfall auch zu Betriebsstörungen.

10.4 NATIONALE UND INTERNATIONALE GRENZWERTE

In Österreich liegt derzeit ein Entwurf des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft (BMLF, Referat IV 2a) über Abwasser-Grenzwerte für CP- und mechanisch-biologische Abfallbehandlungsanlagen vor. Der Titel des Entwurfes lautet (Stand: 17.6.1997):

„Verordnung des BMLF über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung".

Nach §4 Abs.(2) Ziffer 12.2 der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung gelten die allgemeinen Emissionsgrenzwerte der AAEV nicht für die physikalisch-chemische Abfallbehandlung. Der oben genannte Entwurf wird nach einer Diskussionsphase voraussichtlich als verbindliche Verordnung erlassen.

In Deutschland gibt es zur Zeit für den Ablauf von CPO- und CPA-Anlagen ebenfalls keine - durch eine spezielle Verordnung geregelten - Grenzwerte. Es existiert jedoch der Entwurf eines 66. Anhanges zur Allgemeinen Rahmenverwaltungvorschrift über "Anforderungen an das Einleiten von Abwasser in Gewässer" (Anhang 66: Behandlung von produktionsspezifischen Rückständen, Produktrückständen sowie Altölbearbeitung; Stand: 20.12.1992). Dieser Entwurf ist in Tab. 10.2. aufgenommen worden.

In der Schweiz gilt für CP-Anlagen die Allgemeine Verordnung über Abwassereinleitung.

Der Entwurf der Emissionsverordnung des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft wurde nicht veröffentlicht; die Diskussion über die Grenzwerte und Übergangsfristen ist derzeit noch im Gange. In der folgenden Tabelle wurden daher nur die aktuellen Werte der Allgemeinen Abwasseremissionsverordnung (AAEV) aus dem Jahr 1996 eingetragen.

Bei der Gegenüberstellung der Werte in der Tabelle 10.5 ist zu beachten, daß in Deutschland, der Schweiz und Österreich unterschiedliche Regelungen bezüglich der Fremdüberwachung gelten. In Deutschland ist z.B. eine Bewertung der Abwasseremissionen auf Basis einer qualifizierten 2-Stunden-Mischprobe üblich; in Österreich gilt die „vier von fünf-Regel". Damit sind die angegebenen Abwassergrenzwerte nur bedingt vergleichbar.

Tab. 10.4: Vergleich der Emissionsgrenzwerte Österreichs mit denen von Nachbarländern

		ÖSTERREICH	SCHWEIZ	BRD
PARAMETER		Allgemeine Abwasser-emissionsverordnung (AAEV) 8)	Verordnung über Abwasser-einleitung	66.Anhang zur Allgemeinen Rahmenverwaltungsvorschrift / Entwurf
		Stand: 1996 Fließgewässer	Stand: 1.7.90 Gewässer	Stand: 20.12.92 Gewässer 1)
Temperatur	°C	30	30	.
Toxizität (Fischgiftigkeit)	GF	< 2	-	2 4)
Abfiltrierbare Stoffe	mg/l	30 bzw. 50	-	-
Absetzbare Stoffe	ml/l	0,3	0,3	-
pH-Wert	-	6,5 - 8,5	6,5 - 8,5	-
Aluminium - ber. als Al	mg/l	2	10	.
Arsen - ber. als As	mg/l	0,1	0,1	0,1
Barium - ber. als Ba	mg/l	5	5	-
Blei - ber. als Pb	mg/l	0,5	0,5	0,5
Cadmium - ber. als Cd	mg/l	0,1	0,1	0,2
Chrom-ges. - ber. als Cr	mg/l	0,5	2	0,5
Chrom-VI - ber. als Cr	mg/l	0,1	0,1	0,1
Eisen - ber. als Fe	mg/l	2	2	-
Cobalt - ber. als Co	mg/l	1	0,5	-
Kupfer - ber. als Cu	mg/l	0,5	0,5	0,5
Nickel - ber. als Ni	mg/l	0,5	2	1,0
Quecksilber - ber. als Hg	mg/l	0,01	0,01	0,05
Silber - ber. als Ag	mg/l	0,1	0,1	-
Zink - ber. als Zn	mg/l	2	2	2
Zinn - ber. als Sn	mg/l	2	2	-
Freies Chlor - ber. als Cl_2	mg/l	0,2	0,05	0,5 3)
Ammonium - ber. als N	mg/l	10	2)	-
Cyanid leicht freisetzbar - ber. als CN	mg/l	0,1	0,1	0,1 3)
Fluorid - ber. als F	mg/l	10	10	-
Nitrit - ber. als N	mg/l	1	1	-

Fortsetzung Tab. 10.4:

		ÖSTERREICH	SCHWEIZ	BRD
PARAMETER		Allgemeine Abwasser-emissionsverordnung (AAEV) 8)	Verordnung über Abwasser-einleitung	66.Anhang zur Allgemeinen Rahmenverwaltungsvorschrift / Entwurf
		Stand: 1996 Fließgewässer	Stand 1.7.90 Gewässer	Stand 20.12.92 Gewässer 1)
Sulfat, berechnet als SO_4	mg/l	im Bedarfsfall festzulegen 7)	2)	
Sulfid, berechnet als S	mg/l	0,1	0,1	0,1
CSB, berechnet als O_2	mg/l	75	---	---
Gesamter org. geb. Kohlenstoff, TOC	mg/l	25	---	---
AOX, berechnet als Cl	mg/l	0,5	0,1	1,0 6)
Summe der Kohlenwasserstoffe	mg/l	10	10	---
Phenolindex, berechnet als Phenol	mg/l	0,1	0,05	1,0 5)
Flüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe BTX	mg/l	0,1	---	0,1

1) qualifizierte Stichprobe oder 2 - Stunden - Mischprobe

2) kantonsabhängig

3) Stichprobe

4) Ist das Abwasser durch Chlorid und / oder Sulfat belastet, kann ein höherer Verdünnungsfaktor zugelassen werden. Der Verdünnungsfaktor G_F für die Fischgiftigkeit darf nicht höher sein als derjenige Zahlenwert, der sich ergibt, wenn die Konzentrationen aus der Summe von Chlorid und Sulfat im Abwasser, ausgedrückt in Gramm pro Liter, durch den Zahlenwert Acht geteilt wird. Entspricht der sich ergebende Zahlenwert nicht einem Verdünnungsfaktor, der im Bestimmungsverfahren festgesetzten Verdünnungsfolge, so gilt der nächsthöhere Verdünnungsfaktor.

5) Für Abwasser, das gemeinsam mit Abwasser anderer Herkunft in einer zentralen biologischen Abwasserbehandlungsanlage abschließend behandelt wird, gilt ein Wert von 20 mg/l.

6) Bei Chloridgehalten über 1 g/l wird der Blindwert in einer Blindprobe mit 1 g/l Chlorid bestimmt. Das Produkt aus Blindwert und dem Chloridverdünnungsfaktor wird vom AOX - Wert abgezogen.

7) Bei Indirekt-Einleitung 200 mg/l, im Einzelfall nach Baustoffen u. Mischungsverhältnissen in der öffentlichen Kanalisation höhere Werte zulässig (ÖNORM B 2503, Sept. 1992).

8) Kommentare und Fußnoten sowie wenige Parameter der AAEV wurden hier nicht dargestellt.

Die Helsinki Kommission zum Schutz der Ostsee (HELCOM) und die Kommission zum Schutz der Nordsee (PARCOM) haben speziell für die Oberflächenbehandlung von Metallen Abwassergrenzwerte erstellt. Diese wurden als Empfehlungen für die Anrainerstaaten der Ostsee und Nordsee in der „Helcom Recommendation 16/6" und der „Parcom Recommendation 92/4" verabschiedet. Diese Abwasserrichtwerte wurden unter Berücksichtigung der Möglichkeiten der chemisch-physikalischen Behandlung der im wesentlichen mit anorganischen Stoffen belasteten Abwasserströme festgelegt (CPA-Behandlung). Die HELCOM geht dabei davon aus, daß Cadmium- und Quecksilberhältige Abwasserströme getrennt von den anderen Abwässern zu behandeln sind. Folgende Richtwerte wurden empfohlen:

Tab. 10.5: Richtwerte gemäß HELCOM für die Direkt- und Indirekteinleitung von Abwasser aus der Oberflächenbehandlung von Metallen

Parameter	Richtwert (mg/l)	Richtwert für Kleinanlagen (mg/l) a)
Blei	0,5	2,0
Cadmium	0,2	0,2
Chrom gesamt	0,7	2,8
Chrom-VI	0,2	0,2
Kupfer	0,5	2,0
Nickel	1,0	4,0
Quecksilber	0,05	0,05
Silber	0,2	0,2
Zink	2,0	4,0
freies Cyanid	0,2	0,2
Flüchtige organische Halogenkohlenwasserstoffe, als VOX b)	0,1	0,1
Organische Stoffe	Nicht festgelegt. Es wird angemerkt, daß eine biologische Behandlung erforderlich sein kann. Dies beeinhaltet auch eine Abwasserbehandlung in Kläranlagen.	
a) Dieser Richtwert gilt für Anlagen, deren Metallfracht vor der Abwasserbehandlung bzw. vor der „end-of-the-pipe"-Behandlung geringer als 200 g pro Tag ist, definiert als Summe der Gehalte des Abwassers an Chrom, Kupfer, Blei, Nickel und Zink. b) VOX: entspricht etwa dem POX. Kann nach den Empfehlungen der HELCOM unter bestimmten Voraussetzungen auch durch Analyse von Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan, berechnet als Cl, ermittelt werden.		

Die Empfehlungen und Richtwerte der PARCOM sind fast gleichlautend mit denen der HELCOM.

In Bezug auf die Begrenzung der organischen Summen- und Gruppenparameter im Abwasser sind in Österreich insbesondere die Abwasser-Emissionsverordnungen des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft für Tankstellen und KFZ-Werkstätten und für metallverarbeitender Betriebe von Bedeutung. Zu beachten ist z.B., daß die wäßrige Phase von Ölabscheiderinhalten in vielen Fällen praktisch ident ist mit dem Ablauf der Tankstelle bzw. des Werkstättenbetriebes. Die Grenzwerte für metallverarbeitende Betriebe dagegen sind generell richtungsweisend für eine chemisch-physikalische Behandlung anorganischer Abfälle.

In der folgenden Tabelle wurden daher die betreffenden Grenzwerte für die Einleitung in die Kanalisation gegenübergestellt. Die Tabelle enthält auch die Werte für absetzbare und abfiltrierbare Stoffe und Werte der Verordnung über Sickerwasser aus Abfalldeponien.

Tab. 10.6: Auszüge aus spezifischen österreichischen Emissionsverordnungen / Einleitung in die Kanalisation

Parameter a)	Tankstellen und KFZ-Werkstätten d)	Metallverarbeitende Betriebe e)	Sickerwasser aus Abfalldeponien f)
Adsorbierbare org. geb. Halogene - AOX, berechnet als Cl	0,1 mg/l	1 mg/l	0,5 mg/l
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	50 mg/l	100 mg/l	----------
Summe der Kohlenwasserstoffe KW	10 mg/l	15 mg/l	15 mg/l
Ausblasbare org. geb. Halogene - POX	0,1 mg/l	0,1 mg/l	----------
Chemischer Sauerstoffbedarf CSB	----------	----------	< 200 mg/l oder Abbaugrad > 65 % bzw. > 75 % c)
Absetzbare Stoffe	10 ml/l	3 ml/l b)	----------
Abfiltrierbare Stoffe	----------	„keine Beeinträchtig. des Kanalisations- und Klärbetriebes“	„keine Beeinträchtig. des Kanalisations- und Klärbetriebes“

a) Einige, für den jeweiligen Industriebereich spezifische Anmerkungen zu den oben genannten Parametern wurden aus den Verordnungen nicht mit in der Tabelle übernommen.

b) Bei Abwasser aus der Anodisierung von ausschließlich unlegiertem Aluminium oder bei Abwasser aus der Beize von ausschließlich unlegiertem Eisen: 10 ml/l

c) Genauer Wortlaut: „Die Einleitung von Sickerwasser ist nur zulässig, wenn ein biologischer Abbaugrad von mindestens 75 % (bei Sickerwasser aus Deponien für Kompost oder für biologisch stabilisierten Klärschlamm aus der biologischen Abwasserreinigung 65 %) im Abbautest nachgewiesen wird. Die Anforderung gilt nicht, wenn das Sickerwasser nach Vorbehandlung einen CSB-Gehalt von weniger als 200 mg/l aufweist."

d) Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus Tankstellen und Fahrzeugreparatur- und Waschbetrieben, BGBl. 1993/872.

e) Verordnung über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der metallischen Oberflächenbehandlung, BGBl. 1992/609.

f) Verordnung über die Begrenzung von Sickerwasseremissionen aus Abfalldeponien, BGBl. 1992/613.

10.5 DISKUSSIONSBEITRAG ZUR DIREKTEINLEITUNG

Die Anlage A des Entwurfes der „Verordnung des BMLF über die Begrenzung von Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen oder biologischen Abfallbehandlung" (September 1996) unterscheidet Emissionsgrenzwerte für Abwasser bei Einleitung in ein Fließgewässer bzw. bei Einleitung in eine öffentliche Kanalisation.

Aufgrund der zu erwartenden organischen Belastung des Abwassers, der stark wechselnden Abwasserbelastung und der Störfallrisiken soll Abwasser aus CP0- und CPA-Anlagen nicht direkt in Gewässer eingeleitet werden. Dies entspricht auch weitestgehend dem Ist-Zustand der derzeitigen Einleitung bei bestehenden Anlagen. In einigen dieser Anlagen wird bzw. wurde vor kurzem Abwasser mit Tankwägen zu Kläranlagen befördert.

Bei spezialisierten CP-Anlagen, in denen nur wenige Abfallarten behandelt werden und für den Fall, daß bei diesen Anlagen die Streuungen in der Abwasserzusammensetzung nur gering sind kann dagegen unter Umständen auch eine direkte Einleitung in Betracht gezogen werden. Über die Einleitung von Abwasser aus spezialisierten CP-Anlagen ist auch bei der Indirekt-Einleitung im Einzelfall zu entscheiden. Sie könnten eventuell aus dem Geltungsbereich der zukünftigen Abwasseremissionsverordnung ausgenommen sein.

10.6 DISKUSSIONSBEITRAG ZUR ÜBERWACHUNG DER ABWASSEREMISSIONEN

Bei der Überwachung der Emissionswerte ist zwischen Eigenüberwachung und Fremdüberwachung zu unterscheiden.

Die Eigenüberwachung erfolgt durch Entnahme von Stichproben aus vollen Abwasser-Kontrollbehältern und - bei Vorhandensein einer eigenen biologischen Reinigungsstufe - aus dem Ablauf der biologischen Stufe, zum Beispiel unmittelbar vor der Einleitung in die Kanalisation bzw. in den Kontrollschacht.

Für die Fremdüberwachung muß ein Abwasser-Kontrollschacht mit Einrichtungen zur Probenahme vorhanden sein, die den Bestimmungen der AAEV und dem bereits genannten BMLF-Verordnungsentwurf über die Abwasseremissionen aus der physikalisch-chemischen und biologischen Abfallbehandlung entsprechen.

Entsprechend dem Punkt 1 der Anlage C der AAEV sind bei der Fremdüberwachung Konzentrationen und Frachten von Abwasserinhaltsstoffen oder sonstige Abwasser-Eigenschaften anhand mengenproportionaler (in Ausnahmefällen zeitproportionaler) nicht abgesetzter, homogenisierter Tagesmischproben zu bestimmen. Gemäß Punkt 2 der Anlage C der AAEV sind davon die Parameter "Temperatur, abfiltrierbare und absetzbare Stoffe, pH-Wert, Chrom-VI, freies Chlor, Cyanid, Sulfid, POX und BTX" ausgenommen, die aus Stichproben untersucht werden. Abweichend davon könnten zukünftig zur Fremdüberwachung auch qualifizierte Stichproben bzw. 2-Stunden-Mischproben herangezogen werden. Man sollte hierbei auch den Fall bedenken, daß die betreffende CP-Anlage gerade kein Abwasser ableitet; also in Ausnahmefällen auch die Fremdüberwachung durch Probenahme in zumindest halbvollen Kontrollbehältern zulassen.

Als Grundsatz der Fremdüberwachung gilt jedenfalls, daß die Abwasserzusammensetzung der Probe(n) die Zusammensetzung des Abwassers bei häufigen und störungsfreien Betriebszuständen repräsentieren soll.

Grob- und Feinsandfilter und andere (nicht-biologische) Nachbehandlungsstufen für das Abwasser sind jedenfalls vor dem Kontrollbehälter anzuordnen, sodaß der Restgehalt an abfiltrierbaren Stoffen im Abwasser vor dem Kontrollbehälter entfernt werden kann.

Die Abbildungen 11.2 und 11.3 stellen Vorschläge für die Eigenkontrolle von Abwasser in CPA- und CPO-Anlagen dar.

Bei Anlagen ohne eigene biologische Abwasserreinigung wird - wie bereits erwähnt - eine Probe von jedem vollen bzw. zur Entleerung bestimmten Kontrollbehälter gezogen und analysiert. Bei Anlagen mit biologischer Abwasserreinigung werden in den Kontrollbehältern nur die Einleitebedingungen für anorganische Stoffe sowie eine ausreichende Ölabtrennung aus dem Abfall überprüft. Der Inhalt des Kontrollbehälters wird erst nach Analyse der entsprechenden Parameter (abscheidbares Öl, Schwermetallkonzentrationen, pH-Wert etc.) zur biologischen Reinigung freigegeben. Die Eigenkontrolle der organischen Summenparameter, wie CSB-Wert, BSB-Wert, Ammonium-N und Summe der Kohlenwasserstoffe erfolgt in diesem Fall zweckmäßig im Nachklärbecken oder im Ablauf des Nachklärbeckens. Bei zumindest einer österreichischen Anlage ist derzeit bereits die CPO- und CPA-Behandlung komplett getrennt; das Abwasser aus der CPO-Behandlung wird über eine biologische Stufe geleitet und gelangt danach erst in Kontrollbehälter, das Abwasser aus der CPA-Behandlung wird ohne biologische Behandlung in eigenen, nur für die CPA-Behandlung bestimmten Kontrollbehältern aufgefangen. Auch diese Variante (in den Abbildungen nicht dargestellt) ist eine dem Stand der Technik entsprechende Eigenkontrolle.

In Meßschacht zur Fremdüberwachung soll auch der pH-Wert und die elektrische Leitfähigkeit kontinuierlich überwacht werden. Die kontinuierliche Messung der Temperatur - wie sie manchmal in Wasserrechtsbescheiden vorgeschrieben ist - ist wenig zweckmäßig. Da die Aufenthaltszeit des Abfalles in der Anlage mehrere Tage beträgt, ist die Abwassertemperatur oft der Raum- bzw. Umgebungstemperatur gleichzusetzen.

Bei manchen Entgiftungsreaktionen in CPA-Anlagen kann es zu Nachreaktionen kommen, wodurch es auch möglich ist, daß noch im Kontrollbehälter nach der Probenahme eine pH-Verschiebung stattfindet. Wird bei der Ableitung der pH-Wert über- oder unterschritten, dann ist unverzüglich die Ableitung automatisch zu verriegeln.

In der Bewertung der Abwasseremissionen wird gemäß AAEV die „4 von 5"-Regel angewendet, d.h. ein Grenzwert gilt als eingehalten, wenn bei 5 aufeinanderfolgenden Messungen 4 Meßwerte den Emissionswert nicht um mehr als 50 % überschreitet. Für den pH-Wert und die Abwassertemperatur bestehen analoge Regelungen (Angabe von Toleranzbreiten).

Diese Regeln sollen aber nur für die Fremdüberwachung und für Eigenüberwachung nach einer eigenen biologischen Reinigungsstufe gelten, nicht jedoch für die Eigenüberwachung

in Abwasser-Kontrollbehälters. In Abwasser-Kontrollbehälters gespeichertes Abwasser soll ausnahmslos einer neuerlichen oder zusätzlichen Behandlung zugeführt werden, wenn Abwassergrenzwerte überschritten sind.

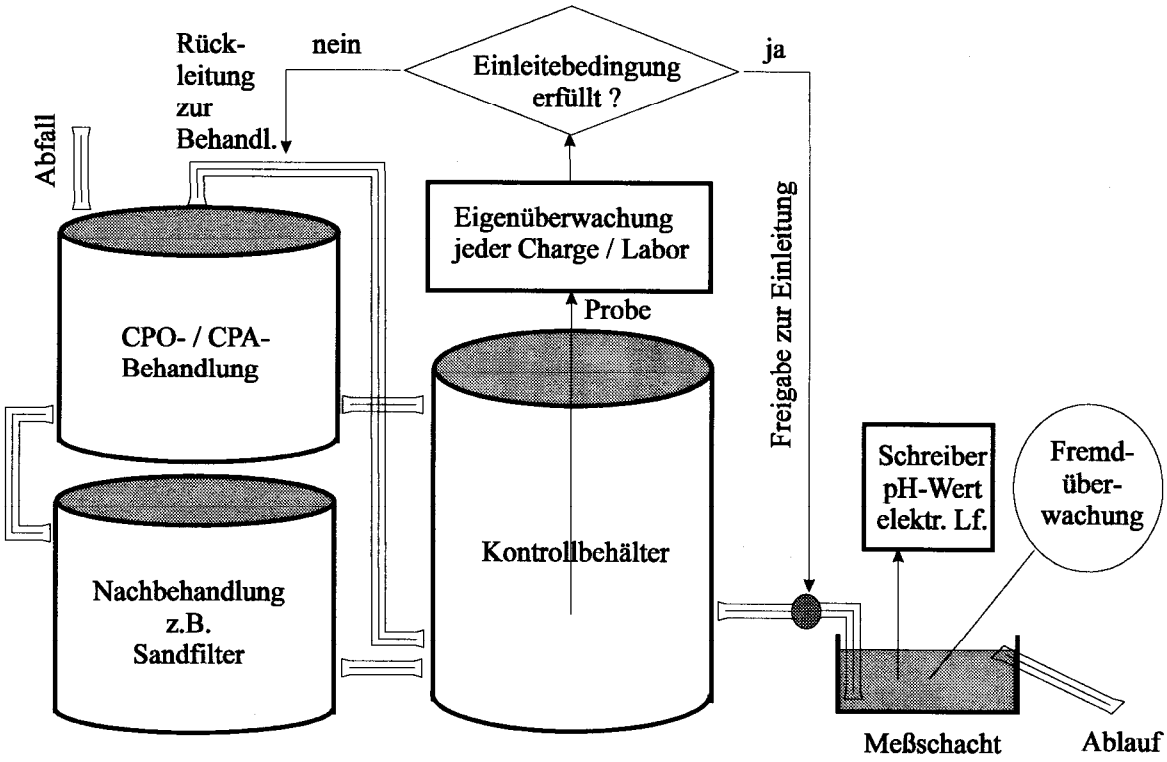


Abb. 10.2: Überwachung der Abwasser-Emissionen / Anlagen ohne eigene biologische Abwasserreinigung

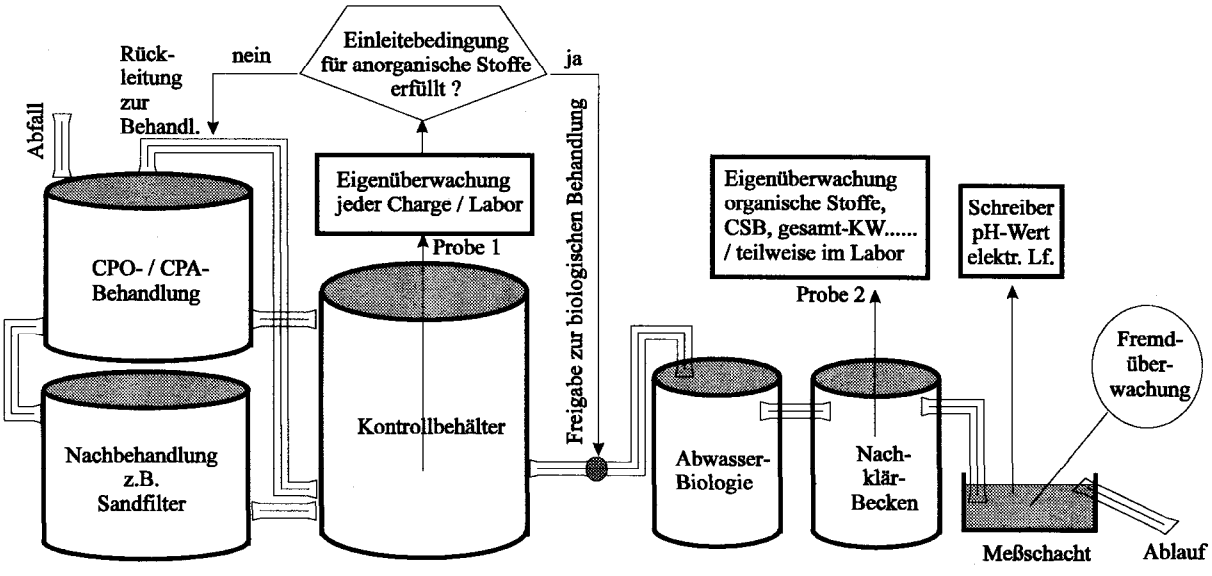


Abb. 10.3: Überwachung der Abwasser-Emissionen / Anlagen mit eigener biologischer Abwasserreinigung

10.7 ANALYSENMETHODEN FÜR ABWASSER

Tab. 10.7: Analysenmethoden für Abwasserparameter

PARAMETER	**Analysenmethode**	**B E Z E I C H N U N G**
Temperatur	ÖNORM M 6616, März 1994	Wasseruntersuchung - Bestimmung der Temperatur
Abfiltrierbare Stoffe	ÖNORM M 6274, Sep. 1985	Wasseruntersuchung - Bestimmung der Massenkonzentration an abfiltrierbaren Stoffen und ihres Glührückstandes
Absetzbare Stoffe	ÖNORM M 6271, Mai 1985	Wasseruntersuchung - Bestimmung des Volumenanteils der absetzbaren Stoffe in Wasser und Abwasser
pH-Wert	DIN 38404-C5, Jänner 1984	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Physikalische und physikalisch-chemische Kenngrößen (Gruppe C); Bestimmung des pH-Wertes (C5)
Aluminium	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
Arsen	DIN 38405-D18, Sept. 1985 Aufschluß gem. Pkt. 10.1	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Bestimmung von Arsen mittels Atomabsorptionsspektro-metrie (D18)
	ÖNORM EN 26595, Juni 1993	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Arsen; photometrisches Vefahren mit Silberdiethyldithiocarbamat (ISO 6595:1982)
Barium	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
Blei	DIN 38406-E6, Mai 1981	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Blei (E6)
	ÖNORM ISO 8288, Jän. 1987	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei; Methode der Flammen-Atom-absorptions-Spektrometrie
Cadmium	DIN 38406-E19, Juli 1980	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Kationen (Gruppe E); Bestimmung von Cadmium (E19)
	EN ISO 5961, Juli 1995	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Cadmium durch Atomabsorptions-Spektrometrie (ISO 5961:1994)

Chrom	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
Chrom-VI	ÖNORM M 6288, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von Chrom-VI - Spektrophotometrische Methode mit 1,5-Diphenylcarbazin
Eisen	ÖNORM M 6279, Okt. 1991 ÖNORM M 6260, Sept. 1989	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) Wasseruntersuchung; Bestimmung von Eisen; spektrophotometrische Methode mit 1,10-Phenanthrolin
Cobalt	ÖNORM M 6279, Okt. 1991 ÖNORM ISO 8288, Jän. 1988	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) Wasseruntersuchung; Bestimmung von Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei; Methode der Flammen-Atomabsorptions-Spektrometrie
Kupfer	ÖNORM M 6279, Okt. 1991 ÖNORM ISO 8288, Jän. 1988	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) Wasseruntersuchung; Bestimmung von Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei; Methode der Flammen-Atomabsorptions-Spektrometrie
Nickel	ÖNORM M 6279, Okt. 1991 ÖNORM ISO 8288, Jän. 1988	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES) Wasseruntersuchung; Bestimmung von Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei; Methode der Flammen-Atomabsorptions-Spektrometrie
Quecksilber	ÖNORM ISO 5666/1, Okt. 1984	Wasseruntersuchung; Bestimmung des Gesamt-Quecksilbers mittels flammenloser Atomabsorptions-Spektrometrie, Bestimmung nach Aufschluß mit Permanganat-Peroxodisulfat
Silber	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)

Zink	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
	ÖNORM ISO 8288, Jän. 1988	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Cobalt, Nickel, Kupfer, Zink, Cadmium und Blei; Methode der Flammen-Atom-absorptions-Spektrometrie
Zinn	ÖNORM M 6279, Okt. 1991	Wasseruntersuchung - Bestimmung von 33 Elementen mittels Atomemissions-Spektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-AES)
Freies Chlor	ÖNORM M 6255, Juli 1986	Wasseruntersuchung - Bestimmung von freiem Chlor und Gesamtchlor - Titrimetrische Methode mit N,N-diethyl-1,4-phenylendiamin
	ÖNORM M 6256, Nov. 1985	Wasseruntersuchung; Bestimmung von freiem Chlor und Gesamtchlor; colorimetrische Methode mit N,N-diethyl-1,4-phenylendiamin für die Routineüberwachung
Ammonium-Stickstoff	ÖNORM ISO 7150-1, Dez. 1987	Wasseruntersuchung - Bestimmung von Ammonium - Manuelle spektrophotometrische Methode
	ÖNORM M 6242, Sept. 1989	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Ammonium; potentiometrische Methode
Cyanid, leicht freisetzbar	ÖNORM M 6285, Dez. 1988	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Gesamtcyanid und leicht freisetzbarem Cyanid
Fluorid	ÖNORM M 6607, Sep. 1992	Wasseruntersuchung - Bestimmung von Fluorid
Nitrat-Stickstoff	ÖNORM EN ISO 10304-1, Juli 1995	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchlromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304-1:1992)
	ÖNORM M 6238-1,Sep. 1986	Wasseruntersuchung - Bestimmung von Nitrat - Spektrophotometrische Methode mit 4-Fluorphenol nach Destillation
Nitrit-Stickstoff	ÖNORM EN ISO 10304-1, Juli 1995	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchlromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304-1:1992)
	ÖNORM EN 26777, Mai 1993	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung von Nitrit - Spektrometrisches Verfahren (ISO 6777:1984)

Gesamtphosphor	ÖNORM M 6237, Nov. 1986 Aufschluß nach Pkt. 6.4.1.1	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Phosphorverbindungen; spektrophotometrische Methode mit Ammoniummolybdat
Sulfat	ÖNORM EN ISO 10304-1, Juli 1995	Wasserbeschaffenheit - Bestimmung der gelösten Anionen Fluorid, Chlorid, Nitrit, Orthophosphat, Bromid, Nitrat und Sulfat mittels Ionenchlromatographie - Teil 1: Verfahren für gering belastete Wässer (ISO 10304-1:1992)
Sulfid	DIN 38405-D26, April 1989	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Anionen (Gruppe D); Photometrische Bestimmung des gelösten Sulfids (D26)
Sulfit	DEV-D6	Bestimmung des Sulfit-Ions
Gesamter org. geb. Kohlenstoff	ÖNORM M 6284, Jän. 1988	Wasseruntersuchung; Bestimmung des gesamten organisch gebundenen Kohlenstoffs (TOC)
Chemischer Sauerstoffbedarf	ÖNORM M 6265, März 1991	Wasseruntersuchung; Bestimmung des chemischen Sauerstoffbedarfes
Biochemischer Sauerstoffbedarf	ÖNORM M 6277, Feb. 1991 mit Nitrifikationshemmung	Wasseruntersuchung; Bestimmung des biochemischen Sauerstoffbedarfes nach 5 Tagen (BSB_5) - Verdünnungsmethode
Adsorbierbare org. gebundene Halogene AOX	ÖNORM M 6275, Nov. 1987	Wasseruntersuchung; Bestimmung der adsorbierbaren organisch gebundenen Halogene (AOX)
Schwerflüchtige lipophile Stoffe	DIN 38409-H17, Mai 1981	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Summarische Wirkungs- und Stoffkenngrößen (Gruppe H); Bestimmung von schwerflüchtigen, lipophilen Stoffen (Siedepunkte > 250 °C) (H17)
Summe der Kohlenwasserstoffe	ÖNORM M 6608, Aug. 1995	Wasseruntersuchung; Bestimmung von Kohlenwasserstoffen mittels Infrarot-Spektroskopie
Ausblasbare org. geb. Halogene (POX)	ÖNORM M 6275, Nov. 1987	Wasseruntersuchung - Bestimmung der adsorbierbaren organisch gebundenen Halogene (AOX)
Phenolindex	ÖNORM M 6286/B, Sep. 1988	Wasseruntersuchung; Bestimmung des Phenolindex; spektrophotometrische Methoden mit 4-Aminoantipyrin nach Destillation
Summe der flücht. aromat. KW. Benzol, Toluol, Xylol (BTX)	DIN 38407-F9, Mai 1991	Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung; Gemeinsam erfaßbare Stoffgruppen (Gruppe F); Bestimmung von Benzol und Homologen mittels Gaschromatograph

10.8 LITERATUR ZU ABSCHNITT 11

ANONYM: Anhang 66: Behandlung von produktionsspezifischen Rückständen, von Produktrückständen sowie Altölaufbereitung, Entwurfsfassung vom 30.9.1992

ANONYM: Entsorgung 2000, Sonderabfall, Leitfaden für Kommunen, Wirtschaft und Politik. Verlag Bonner Energie-Report, 1991

ATV: Regelwerk der Abwassertechnischen Vereinigung, Hinweis H 765, Blätter 1 bis 10, „Abwasser, das in der metallverarbeitenden Industrie anfällt", Eigenverlag, St.Augustin, Ausgabe 1991.

BITTNER; F.:Abwasserreinigungsanlage für flüssige Sonderabfälle. WLB Wasser, Luft und Boden 4, 1990

GRÄF, HARTINGER, LOHMEYER, SCHWERING: Abwassertechnik in der Produktion - Verminderung, Behandlung, Rückgewinnung. Loseblattsammlung. WEKA-Verlag, Augsburg. Erstausgabe: 1993.

LAHMEYER INTERNATIONAL GmbH, REFERAT UMWELTTECHNIK: Stand der Technik bei chem. - phys. Verfahren in der Abfallbehandlung. Forschungsbericht 103 02 121 des Umweltbundesamtes, 1991

MEIXELSPERGER, R.: Vorbehandlung durch Dekantieren, Entgiften und Neutralisieren. Thomè-Kozmiensky (Herg.): Sonderabfallbeseitigung, Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, Band 5, Erich Schmidt Verlag 1977, S. 78 - 96

OSTWALD E.: Ölhaltige Prozeßlösungen und deren Abwässer. In: Abwasser und Abfall in der metallverarbeitenden Industrie. Hrsg: Landesgewerbeanstalt Bayern, Nürnberg, Haus der Technik, Aachen, 1995.

WEBER, R.: Schwerkraftabscheider zur Entölung von Rohabwässern in Mineralölraffinerien. S.343-364. In: Neuere Verfahrenstechnologien in der Abwasserreinigung, Abwasser- und Gewässerhygiene. Oldenburg Verlag, 1984.

11 FESTE RÜCKSTÄNDE

Abfälle (Rückstände) aus der chemisch-physikalischen Behandlung sind einer zulässigen Behandlung oder Verwertung zuzuleiten. Die Anforderungen an die Abfälle und dafür erforderlichen Abfalluntersuchungen richten sich nach der jeweiligen Behandlung oder Verwertung.

Anmerkung: Alle Rückstände bzw. Output-Materialien aus der chemisch-physikalischen Behandlung wurden in diesem Abschnitt dem Abfallbegriff zugeordnet. Dies geht konform mit den Begriffsbestimmungen des AWG, wonach selbst dann eine bewegliche Sache als Abfall bezeichnet werden kann, wenn dafür ein Entgelt erzielt wird.

11.1 ANFORDERUNGEN BEI DER ABLAGERUNG

Für die Ablagerung von Abfällen sind die Bestimmungen der Deponieverordnung, BGBl. Nr. 164/1996 anzuwenden. Dabei sind insbesonders die § 5 „Verbot der Deponierung" genannten Ausschlußkriterien und die im Anhang 1 der Deponieverordnung genannten Grenzwerte (siehe Tabelle 11.1) einzuhalten.

Weiters sind insbesondere folgende Bestimmungen der Deponieverordnung zu beachten:

- Eine Gesamtbeurteilung von Abfällen nach § 6 wird vorzulegen sein; die Gesamtbeurteilung enthält eine Beschreibung des Abfalls gemäß Anlage 4 der Deponieverordnung und eine Untersuchung der in Anlage 6 genannten Parameter. Untersuchungsmethoden dazu werden in Anlage 5 beschrieben (z.B. das Herstellen des Eluates).
- Die Eingangskontrolle bei der Deponie ist nach § 8 durch den Deponiebetreiber durchzuführen.
- Für Verfestigungsprodukte enthält die Deponieverordnung in § 11 und Anlage 5 Punkt E besondere Bestimmungen.

Die Deponieverordnung nennt in § 5 Ausnahmen zum TOC-Gehalt abzulagernder Abfälle (< 5 Masseprozent). Von den in § 5 genannten Ausnahmen trifft für CPA- und CPO-Anlagen keine einzige, für Verfestigungsanlagen nur die Ausnahme a) zu:

Ausnahme a) zum TOC-Grenzwert:

„mit Kunststoffen oder Bitumen verfestigte Abfälle hinsichtlich des Verfestigungsmediums"

Galvanik- und Metallhydroxidschlämme werden im allgemeinen die Grenzwerte für Schadstoffgesamtgehalte der Massenabfalldeponie (Tabelle 7 in Anlage 1); insbesondere die Schwermetallgehalte für Chrom, Zink und Kupfer nicht erfüllen; diese können aber in Einzelfällen bei ausreichender vorangehender Behandlung die Anforderungen an Reststoffdeponien erfüllen. Dies ist selbstverständlich in jedem Fall zu überprüfen. Für die Reststoffdeponie gilt ein TOC-Grenzwert von < 3 Masse % TS oder alternativ dazu ein Glühverlust unter 5 Masse %. Die Summe der Kohlenwasserstoffe (bestimmt durch Extraktion mit 1,1,2-Trichlortrifluorethan) darf bei Ablagerung in einer Reststoffdeponie 0,5 Masse % nicht überschreiten.

Die Anforderungen an Schadstoffgesamtgehalte und Eluat-Grenzwerte für Baurestmassen-, Reststoff- und Massenabfalldeponien werden in folgenden Tabellen zusammengefaßt:

Tab. 11.1: Eluatgrenzwerte gemäß Deponieverordnung (1996)

	DEPONIEVERORDNUNG 1996					
	Grenzwerte für Schadstoffgehalte im **Eluat** in mg/l					b)
Parameter	**Baurest-massendeponie**		**Reststoff-deponie**		**Massenabfall-deponie**	
pH-Wert	6 bis 13		6 bis 12	a)	6 bis 13	
elektrische Leitfähigkeit	300 mS/m	a)	1000 mS/m	a)	----	
Abdampfrückstand	2500		3.000		10.000	

Arsen (As)	0,075		0,1		----	
Aluminium (Al)	2		10	a)	----	
Barium (Ba)	2		10		----	
Blei (Pb)	0,2		1,0		----	
Bor (B)	3		----		----	
Cadmium (Cd)	0,05		0,1		----	
Chrom gesamt (Cr)	0,2		2,0		----	
Chrom sechswertig (als Cr)	0,05		0,1		----	
Cobalt (Co)	0,2		0,5		----	
Eisen (Fe)	0		2,0	a)	i.G.f.	c)
Kupfer (Cu)	1		1,0		----	
Nickel (Ni)	0,2		1,0		----	
Quecksilber (Hg)	0,005		0,01		----	
Silber (Ag)	0,1		0,1		----	
Zink (Zn)	2		10		----	
Zinn (Sn)	1		2		----	
Ammonium (als N)	4		10		1000	
Chlorid (als Cl)	500		----		----	
Cyanide, leicht freisetzb.(als CN)	0,1		0,1		2	
Fluorid (als F)	5		10		50	
Nitrat (als N)	50		i.G.f.	c)	i.G.f.	c)
Nitrit (als N)	1		1,5		100	
Phosphat (als P)	5		5		i.G.f.	c)
Sulfat (als SO4)	500	a)	----		2500	
TOC (als C)	50	a)	50		i.G.f.	c)
Summe der Kohlenwasserstoffe	5	a)	10		----	
EOX (als Cl)	0,3		i.G.f.	c)	3	
anionenaktive Tenside (als TBS)	0,5		2		i.G.f.	c)
a) Die in der Deponieverordnung diesbezüglich vorhandenen Anmerkungen wurden hier aus Platzgründen nicht eingefügt, sind jedoch stets zu beachten.						
b) Die Deponieverordnung gibt die Grenzwerte in der Dimension mg/kg TS an						
c) i.G.f. = "im Genehmigungsfall festzulegen"						

Achtung: Dimension mg/l. Für die Umrechnung in mg/kg TS ist mit 10 zu multiplizieren.

Tab. 11.2: Gesamtgehalte gemäß Deponieverordnung (1996)

	DEPONIEVERORDNUNG 1996					
	Grenzwerte für Schadstoff-Gesamtgehalte in mg/kg TS					
Parameter	**Baurest-massendeponie**		**Reststoff-deponie**		**Massenabfall-deponie**	
Arsen (As)	200	1)	5000		500	
Barium (Ba)	----		----		10000	
Blei (Pb)	500		----		3000	
Cadmium (Cd)	10		5000		30	
Chrom gesamt (Cr)	500	1)	----		5000	
Cobalt (Co)	100	1)	----		500	
Kupfer (Cu)	500	1)	----		5000	
Nickel (Ni)	500	1)	----		2000	
Quecksilber (Hg)	3		20 / 3000	4)	20	
Silber (Ag)	----		----		50	
Zink (Zn)	1500	1)	----		5000	
Gesamter organisch gebundener Kohlenstoff, TOC (als C) 2)	30000	3)	30000	5)	50000	
Summe der Kohlenwasserstoffe	100	3)	5000		20000	
POX (als Cl)	----		----		1000	
Summe der polyzyklischen aromat.Kohlenwasserstoffe (PAK)	2,0	3)	i.G.f.	6)	100	

1) Für die Ablagerung verglaster, mineralischer Schmelzen: Im Einzelfall höher Grenzwerte.
2) Bei einem Glühverlust von nicht größer als 5 Masseprozent gilt der TOC-Wert als eingehalten.
3) Für Boden und Erde sind unter gewissen Voraussetzungen höhere Grenzwerte zulässig
4) Der höhere Wert gilt für Hg in Form schwerlöslicher sulfidischer Verbindungen.
5) Gilt nicht für die Verfestigung mit organischen Bindemitteln und für elementaren Kohlenstoff.
6) i.G.f. = "im Genehmigungsfall festzulegen"

11.2 VERWERTUNG, THERMISCHE BEHANDLUNG, EXTERNE CP-BEHANDLUNG

Die Möglichkeit der Verwertung von besonders metallreichen Schlämmen richtet sich nach den Metallmarktpreisen, den zur Verfügung stehenden technisch-metallurgischen Einrichtungen, Kapazitäten und Anlagen und den bei diesen Anlagen erforderlichen Umweltstandards. Nach der derzeitigen Situation sollte vor allem bei besonders Cu-, Pb- und Ni-reichen Schlämmen bzw. Feststoffen und bei edelmetallhältigen Abfällen eine stoffliche Verwertung möglich sein.

Für die Übergabe von Abfällen an Anlagen zur thermischen Behandlung sind die Übernahme- und Ausschlußkriterien der jeweiligen Behandlungsanlage anzuwenden; weiters werden Untersuchungen gemäß ÖNORM S 2110, Punkte „Thermische Behandlung - Erstanlieferung" und „Thermische Behandlung - Folgeanlieferung" empfohlen.

Für die Übergabe von Abfällen an andere CP-Anlagen sind die Mindeststandards und Empfehlungen dieses Berichtes anzuwenden (siehe Abschnitte 5 und 7.4).

11.3 AUSGANGSKONTROLLE; RÜCKSTELLPROBEN; AUFZEICHNUNGEN

Es ist nach § 14 Abs.1 des Abfallwirtschaftsgesetzes für jedes Kalenderjahr eine Jahresübersicht über die Art, Menge und den Verbleib der anfallenden Abfälle zu erstellen (siehe auch Abschnitt 6.4.3). Die Daten aus dieser Jahresübersicht können mit Analysendaten übernommener und übergebener Abfälle so kombiniert werden, daß eine Bilanzierung von Schadstofffrachten möglich ist.

Eine laufende analytische Kontrolle der festen Abfälle (=Ausgangskontrolle) durch den Betreiber der CP-Anlage ist vorzunehmen; im Falle der Verwertung im Sinne einer Qualitätssicherung, sonst als Ergänzung zu den Eingangskontrollen, die bei den Abfallübernehmern durchgeführt werden, oder auch als zusätzliche Kontrollmaßnahme für den Behandlungserfolg.

Für diese Kontrolluntersuchung müssen entsprechende Laborgeräte, wie z.B. zur Elution und Filtration der Eluate, vorhanden sein. (siehe auch Abschnitt 7.7 betreffend Anforderungen an die Laborausstattung).

Zur Beweissicherung sind regelmäßig, zumindest aber 2 mal im Monat, von jedem Behandlungsstrang (CPO und/oder CPA) repräsentative Rückstellproben der anfallenden Abfälle zu entnehmen. Die Probenmenge für die Rückstellproben soll mindestens 300 g betragen, bei Verfestigungsprodukten jedoch die dem Anhang E Abschnitt 5 der Deponieverordnung entsprechende, größere Menge. Diese Rückstellmuster können - wieder mit Ausnahme von Verfestigungsprodukten - im allgemeinen in einem kühlen, nicht beheizten Raum, z.B. einem Kellerraum, aufbewahrt werden. Die Proben sind über einen Zeitraum von mindestens 3 Jahren aufzubewahren.

11.4 ZUORDNUNG ZUM ABFALLKATALOG UND EINSTUFUNG ALS GEFÄHRLICHER BZW. NICHT GEFÄHRLICHER ABFALL

Grundsätzlich sind die Rückstände entsprechend AWG § 2 Ziffer (5) und der Verordnung über die Festsetzung gefährlicher Abfälle (derzeit BGBl. 49/1991; Novelle in Vorbereitung) als gefährlicher oder nicht gefährlicher Abfall einzustufen.

Die Abfälle aus der chemisch-physikalischen Behandlung weisen jedoch unterschiedliche Zusammensetzung auf, was eine Zuordnung zu Schlüsselnummern bisweilen erschwert. Häufig werden die Rückstände aus CPO- und CPA-Anlagen folgenden Schlüsselnummern der ÖNORM S 2100 (1.3.1990) zuzuordnen sein:

Tab. 11.3: Zuordnung zum Abfallkatalog, Behandlungshinweise nach ÖNORM S 2100 (1990)

Schlüs-sel- Nr.	Bezeichnung	C/P	BB	TB	D	Derzeit gefährlicher Abfall:
31641	Calciumfluoridschlamm	-	-	-	K	nein
511	Galvanikschlämme	+	-	-	K	ja
51302	Zinkhydroxid	+	-	-	K	ja
51308	Aluminiumhydroxid	+	-	-	K	nein
51309	Eisenhydroxid	+	-	-	K	nein
51310	sonstige Metallhydroxide	+	-	-	K	ja
54102	Altöle a)	-	-	+	-	---
54408	Sonstige Öl-Wassergemische	+	-	+	-	ja
547	Mineralölschlamm	+	-	K	-	ja
554	Lösemittelhaltige Schlämme, Betriebsmittel und wäßrige Gemische	+	-	K	-	ja

a) Die der Altöldefinition des AWG § 21 entsprechen

Anmerkung: Die in Tabelle 12.3 angegebenen Zuordnungen für dreistellige Schlüsselnummern zu Behandlungsmethoden decken sich nicht immer mit den in der ÖNORM bei den fünfstelligen Schlüsselnummern vorhandenen, geben aber den Inhalt der ÖNORM sinngemäß wieder.

Für Verfestigungs- und Immobilisierungsprodukte existieren in der ÖNORM S 2100 keine eigenen Schlüssel-Nummern. Verfestigte Abfälle sind mit einer Schlüssel-Nummer und dem Zusatz „verfestigt" zu bezeichnen.

12 ABLUFT

12.1 IST-ZUSTAND BEI DEN ANLAGEN IN ÖSTERREICH

Die bei österreichischen CP-Anlagen vorhandenen technischen Einrichtungen zur Abluftreinigung wurden im September 1996 bei einer telefonischen Umfrage durch das Umweltbundesamt erhoben. Acht der insgesamt 22 befragten Standorte besitzen keine Abluftreinigung. Von diesen acht Standorten betreiben zwei eine CPA- und CPO-Anlage und sechs nur CPO-Anlagen. Ein Luftwechsel in Hallen wird zur Erfüllung Arbeitnehmerschutzbestimmungen bei diesen Anlagen in einigen Fällen durchgeführt. Die Abluft wird aber nicht erfaßt oder gereinigt.

Bei den übrigen 14 Standorten sind Einrichtungen zur Erfassung und Reinigung der Abluft vorhanden. Alle CPA-Anlagen mit nennenswerter Durchsatzleistung für anorganische Abfälle besitzen ein einstufiges oder zweistufiges Wäscher-System zur Reinigung der Abluft. Die Zielsetzungen sind nach Angaben von Anlagenbetreibern dabei primär die Vermeidung von Emissionsstößen bei der Befüllung von Lagerbehältern, in denen Abfallsäuren gelagert werden und eine Sicherheit gegen Störfälle (z.B. Entstehung nitroser Gase).

Bei Wäschern werden verschiedene Fabrikate eingesetzt. Dabei sind folgende Systeme im Einsatz:

- Einstufige Wäscher, die mit NaOH zur Einstellung des pH-Wertes betrieben werden
- Zweistufige Wäscher, die in der ersten Stufe mit NaOH, in der zweiten Stufe mit NaOH, Wasser oder Salzsäure betrieben werden.
- Zweistufige Wäscher, die in der ersten Stufe mit NaOH, in der zweiten Stufe wahlweise nicht oxidierend oder oxidierend betrieben werden. Als Oxidationsmittel wird H_2O_2 oder $KMnO_4$-Lösung eingesetzt.

Die Wäscher können auch Aerosole bis zu einem bestimmten, im Einzelfall nicht genau bekannten Grenzdurchmesser abscheiden.

Luftmengen-Angaben liegen nur wenige vor. Die Luftmenge aus dem CPA-Bereich kann in Abhängigkeit vom Be- und Entlüftungskonzept ca. 2000 m^3/h aber auch mehr als 20.000 m^3/h betragen.

Für Lagerbereiche wird in Bescheiden in vielen Fällen ein Aktivkohlefilter gefordert, insbesondere dann, wenn in der Anlage auch chlorierte Kohlenwasserstoffe oder PCB-hältige Abfälle übernommen werden. An sechs Anlagen ist dafür ein Aktivkohle- oder Aktivkoksfilter vorhanden. Zur Kontrolle der Reinigungsleistung des Aktivkohlefilters kann nach der ersten Filterstufe (die Filter sind mehrstufig aufgebaut) der TOC-Gehalt der Abluft kontinuierlich gemessen werden.

Die Abluft aus dem CPO-Bereich wird nur in 2 Fällen gemeinsam mit der Abluft aus dem CPA-Bereich im Wäscher gereinigt. Bei den meisten CPO-Anlagen ist keine Ablufterfassung und -reinigung vorhanden. Vier CPO-Anlagen reinigen die Abluft über ein Biofilter. In einer CPO-Anlage wird die Abluft im Bereich der gemeinsamen Lagerung mit brennbaren, gefährlichen Abfällen abgesaugt und als Primärluft für die Verbrennungsanlage verwendet.

Der Verzicht auf eine Abluftreinigung im CPO-Bereich wird teilweise damit begründet, daß keine Abfälle mit Flammpunkt unter 55°C bzw. keine flüchtigen Abfälle übernommen werden und daher auch nicht mit flüchtigen Stoffen zu rechnen ist. Es kann jedoch zu Geruchsproblemen aufgrund der Übernahme und Behandlung von Ölabscheiderinhalten kommen. In Ölabscheidern oder bei der Lagerung organisch belasteter Abfälle, die beim Abfallerzeuger

oft Monate oder Jahre daueren kann, laufen anaerobe Vorgänge ab, die zur Bildung säurerlicher oder anaerob-schwefeliger Gerüche führten können. Damit sind Stoßbelastungen stets möglich, die auch bei vorhandenem Biofilter infolge Überlastung des Filters zu Geruchsproblemen führen. Die Geruchseinwirkung ist dabei selbstverständlich von der örtlichen Situation abhängig (Distanz zu Anrainern, Sensibilisierung der Anrainer).

12.2 ABLUFTERFASSUNG, GRUNDSÄTZE DER ABLUFTREINIGUNG

Bei einer chemisch-physikalischen Abfallbehandlungsanlage ist die Abluft - die in den folgenden Behältern anfällt bzw. abgesaugt wird - zu reinigen:

A) Aus der CPA-Anlage:

Übernahmebehälter
Stapel- bzw. Lagerbehälter
Reaktionsbehälter, Neutralisationsbehälter
Nachreaktionsbehälter, falls vorhanden
Filterpresse

B) Chemikalienstation

Lösebehälter
Lagerbehälter
Tagesbehälter
Kalkmilchaufbereitungsbehälter

C) Aus der CPO-Anlage:

Übernahmebehälter
Stapel- bzw. Lagerbehälter
Diverse Behälter und Reaktionsbehälters je nach Verfahren, z.B. Konzentrat- und Perkolatbehälter, Durchlaufflotation, Emulsionsspaltung

Zusätzlich empfiehlt es sich, die gesamte Abluft (einschließlich Abzug) - die im Labor anfällt - an den Abluftwäscher anzuschließen. Sollte dies nicht möglich sein, ist die Laborabluft getrennt zu behandeln. Hiefür gibt es heute bereits im Handel erhältliche, kompakte Abluftreinigungsgeräte.

Wenn - wie vorgesehen - bei CPO- und CPA-Anlagen alle Emissionsquellen mit einer Absaugung versehen sind, ist es meistens nicht mehr erforderlich, die Abluft aus der Halle bzw. aus den offenen Lagerbereichen einer Abluftreinigung zuzuführen. Eine zusätzliche punktuelle Ablufterfassung kann jedoch aus Gründen des Arbeitnehmerschutzes erforderlich sein.

Die in einer CP-Anlage anfallende Abluft kann sowohl anorganische als auch organische Schadstoffe enthalten. Bei den anorganischen Schadstoffen können es sowohl saure als auch (seltener) alkalische Bestandteile sein.

Die Zuluftleitungen, die Ablufterfassung und die Abluftreinigungsanlage müssen für unterschiedlichen Luftdurchsatz, z.B. für Betriebszeiten und Stillstandzeiten der Anlage oder für unterschiedliche Betriebszustände, ausgelegt werden. Dies gilt insbesonders für die Ventilatoren bzw. den Ventilator einer zentralen Abluftreinigungsanlage.

Die Absaugeinrichtungen sollen ständig in Betrieb sein. Daher sind diese mit Durchlaufwächtern auszustatten. Bei Ausfall des Ventilators ist dies optisch und akkustisch anzuzeigen.

Bei großen Luftwechselzahlen bzw. großer Abluftmenge kann ein Wärmetauscher zur Vorwärmung der Zuluft erforderlich sein, um Energie für die Heizung der Arbeitsräume einzusparen.

12.3 MÖGLICHKEITEN DER ABLUFTREINIGUNG

Besonders geeignet zur Reinigung von Abluftströme CPO- und CPA-Anlagen ist die oxidierende Gaswäsche, wobei gleichzeitig ein Oxidationsmittel der Gas- bzw. flüssigen Phase zugesetzt wird. Durch die dabei ablaufenden Vorgänge, wie physikalische und chemische Adsorption und Absorption, Oxidation, Kondensation sowie Auswaschung von Feststoffpartikeln ist eine sehr weitgehende Reinigung der Abluft möglich.

Als Oxidationsmittel kommen in Frage:

a) Oxidantien auf Basis Sauerstoff (aktiver Sauerstoff, 0_2, 0_3, H_20_2)

b) Oxidantien auf Basis Sauerstoffverbindungen höherwertiger Metalle ($KMn0_4$)

c) Oxidantien auf Basis Chlor (Cl_2, $Cl0_2$, $0Cl^-$)

Oxidantien auf Basis Chlor bewirken nicht nur eine Aufsalzung der Waschflüssigkeit, sondern es gibt auch vom apparativen Aufwand Probleme im Hinblick auf Korrosionen. Zusätzlich sollte Chlor aus ökologischen Gründen möglichst sparsam eingesetzt werden.

Bei Verwendung von Permanganat kann es infolge der Braunsteinbildung zu Ablagerungen im System kommen.

Am günstigsten erscheint daher die Anwendung von Oxidantien auf Basis von Sauerstoff und hier vor allem des Ozons. Ozon läßt sich aus sauerstoffhältigen Gasgemischen oder Sauerstoff an Ort und Stelle durch stille elektrische Entladung erzeugen.

Bei CPA-Anlagen - wo nur Säuren aufgearbeitet werden - kann es ausreichend sein, einen alkalischen Gaswäscher zu installieren.

Bei CPO-Anlagen - wo es primär um die Beseitigung der Geruchsstoffe geht - kann eine Abluftreinigung auch mit biologischen Abluftreinigungssystemen - wie Biofilter oder Biowäscher - durchgeführt werden.

Chemische Wäscher, Biowäscher und Biofilter können in den meisten Fällen Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe nicht effektiv abscheiden. Für den Lagerbereich von Abfällen, die flüchtige Kohlenwasserstoffe und Chlorkohlenwasserstoffe als maßgebliche Bestandteile enthalten, ist daher eine eigene Ablufterfassung und Abluftreinigung vorzunehmen. Als Abluftreinigungstechnik wird in diesem Fall die Adsorption an Aktivkohle oder Aktivkoks empfohlen. Beim Umgang mit flüchtigen Kohlenwasserstoffen und Chlorkohlenwasserstoffen ist im gesamten Anlagenbereich besondere Vorsicht notwendig. Massive Verdunstungen und Flüssigkeitsverluste sind zu vermeiden.

12.4 OXIDIERENDE GASWÄSCHE MIT OZON

Die umstehende *Abb. 12.1* zeigt schematisch eine Abgaswaschanlage mit oxidierender Gaswäsche mit Ozon.

In der Anlage saugt ein Radialventilator über ein Rohrleitungsnetz die Abluft durch eine zweistufige Gaswäsche.

Die Abluft passiert hintereinander zwei Gaswäscher und wird dabei selektiv gewaschen. Die Gaswäscher sind Zonen-Düsen-Wäscher mit Füllkörpereinbauten. Sie arbeiten im Gegenstromprinzip. Die Waschflüssigkeit wird durch eine Kreiselpumpe im Kreislauf gepumpt und über Exzenterdüsen besonders fein verteilt. Dadurch wird für den Stoffaustausch eine große Phasengrenzfläche zwischen Gas und Waschflüssigkeit erzeugt, die zudem ständig erneuert wird. Zwischen den Düsenstöcken sind Spezialfüllkörper angeordnet, die für eine gleichmäßige Strömung innerhalb des Apparates sorgen und gleichzeitig Oberfläche für den Stoffaustausch anbieten.

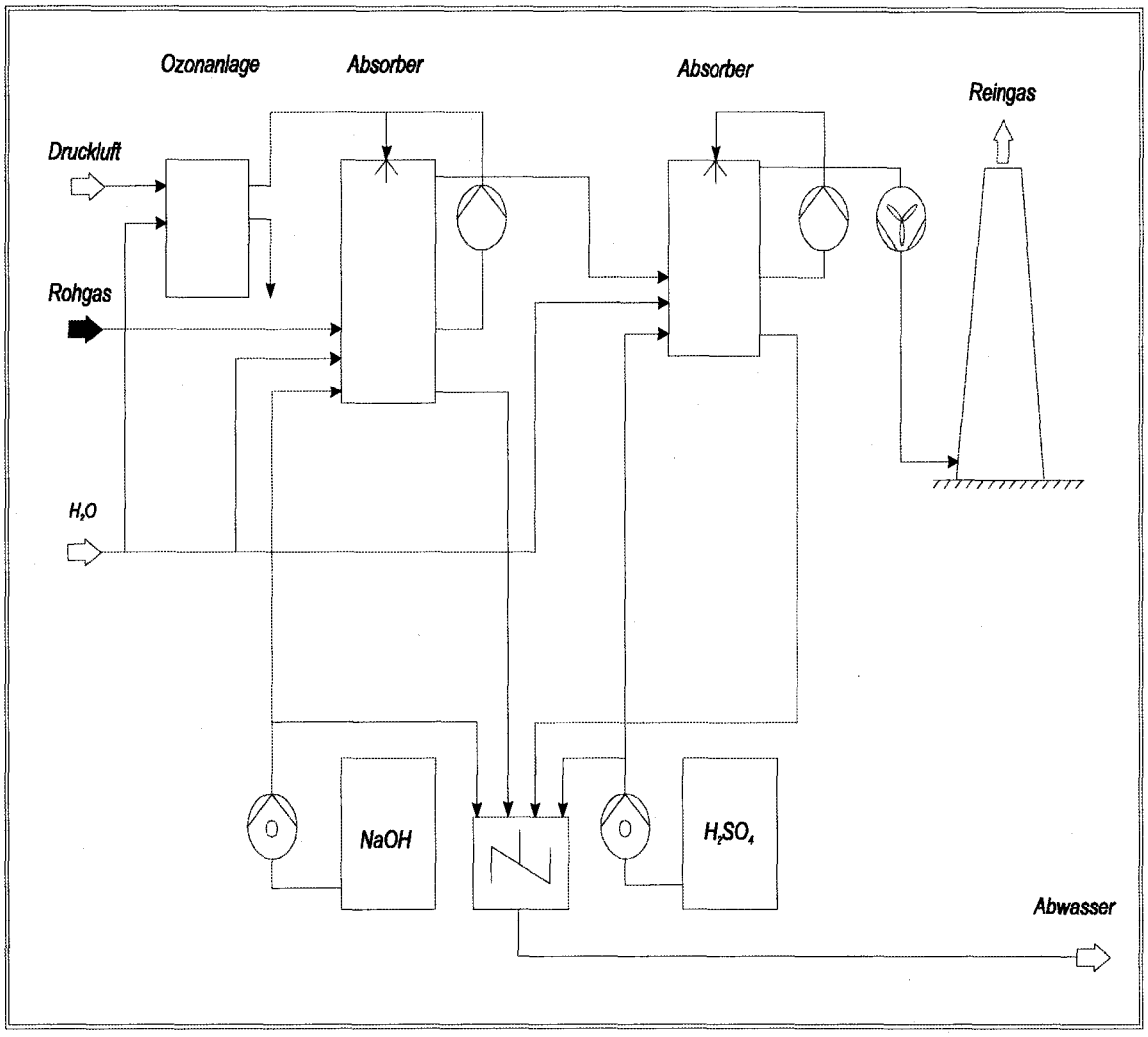


Abb. 12.1: Oxidierende Gaswäsche mit Ozon, Verfahrensschema

Jeder Gaswäscher soll einen hochwirksamen Tropfen- oder Aerosolabscheider besitzen, der verhindert, daß Waschflüssigkeitströpfchen durch den Abgasstrom mitgerissen werden. Die Gaswäscher müssen unanfällig gegenüber Luftmengenschwankungen sein.

Im ersten Gaswäscher wird als Waschflüssigkeit eine verdünnte Natronlauge verwendet. Dadurch können Schadstoffe - die sich in einer alkalischen Lösung adsorbieren lassen (wie z.B. Säuren, Schwefelverbindungen etc.) - absorbiert werden. Durch Zugabe von Ozon in den Waschflüssigkeitskreislauf werden die adsorbierten Schadstoffe gleichzeitig oxidiert. Durch die oxidative Behandlung lassen sich viele luftfremde Stoffe in weniger schädliche Verbindungen bzw. leichter abscheidbare Verbindungen umwandeln.

Die Ozonerzeugung erfolgt durch stille elektrische Entladung aus dem Sauerstoff getrockneter Luft im Entladungsraum des Ozongenerators. Die freiwerdende thermische Energie wird mittels Kühlwasser abgeführt. Die Trocknung der Luft erfolgt durch Adsorption des Wasserdampfes auf ein feuchtigkeitsanziehendes Präparat. Die Regeneration des Trokkenmittels geschieht automatisch durch entsprechende Gegenstromspülung. Durch die Zugabe des Ozons in den Waschflüssigkeitskreislauf bei pH = 13 bis 14 ist sichergestellt, daß kein Ozonüberschuß auftritt. Die Einleitung des Ozons in den Waschflüssigkeitskreislauf geschieht über einen Injektor in der Pumpendruckleitung.

Im zweiten Gaswäscher wird eine verdünnte Schwefelsäure als Waschflüssigkeit eingesetzt. Damit lassen sich Schadstoffe, die sich in einer sauren Lösung adsorbieren lassen (wie z.B.: Stickstoffverbindungen), aus dem Abluftstrom entfernen.

Beim Betrieb von Ozongeneratoren ist wegen der Toxizität von O_3 eine Überwachung Ozon-Konzentration am Arbeitsplatz und in der gereinigten Abluft erforderlich. Weiters ist (ähnlich wie in Ozon-Freibädern) ein Störfallkonzept zu erstellen.

12.5 KONTROLLE UND ENTSORGUNG DER WASCHFLÜSSIGKEITEN

Die Funktionstüchtigkeit der Waschflüssigkeiten ist kontinuierlich oder in regelmäßigen Zeitabständen zu überprüfen. Die Waschflüssigkeit bzw. die für die Abluftreinigung eingesetzten Hilfsstoffe sind bei Bedarf zu erneuern. Eine Behandlung der Waschflüssigkeiten in der CP-Anlage kann erforderlich sein.

Die Waschflüssigkeiten der beiden Wäscher können zum Beispiel automatisch durch Messung des pH-Wertes überwacht werden. Bei Erschöpfung der Waschflüssigkeit steigt bzw. fällt der pH-Wert, was optisch und akkustisch angezeigt wird.

12.6 ALTERNATIVE (BIOTECHNOLOGISCHE) ABLUFTREINIGUNGS-SYSTEME

Bei CPO-Anlagen kann es leicht zur Überschreitung von Geruchsschwellenwerten kommen. Bei CPA-Anlagen und Immobilisierungsanlagen - wo fast nur anorganische Inhaltsstoffe verarbeitet werden - ist dies selten der Fall. Die folgende Tabelle zeigt Beispiele von Substanzen, die bei CPO-Anlagen zu Geruchsproblemen führen können.

Tab. 12.1: Geruchsschwellenwerte für einige ausgewählte Stoffe

S t o f f	ml/m³ (ppm)	mg / m³
Ameisensäure	1,0	1,9
Ammoniak	2,7	1,9
Essigsäure	1,0	2,5
Ethanol	10,0	19,1
Methanol	4,0	5,3
Schwefelkohlenstoff	0,2	0,6
Schwefelwasserstoff	0,002	0,003

Weitere Geruchsstoffe, die bei CPO-Anlagen auftreten können, sind z.B.:

* Carbonsäuren C_3 bis C_5
* Alkene C_8 bis C_{11}
* Ester, Aldehyde
* Di- und Trisulfide, Mercaptane
* Aromatische Kohlenwasserstoffe, Terpene

Für die Reinigung von - mit Geruchsstoffen - belasteter Abluft können oxidierende Wäscher, Biowäscher oder Biofilter eingesetzt werden. Biofilter haben gegenüber Biowäschern den Nachteil, daß sie bei Stoßbelastungen wenig geeignet sind. Saure pH-Wert im Biofilter, die etwa durch Zufuhr von HCl oder H_2S auftreten, können die Reinigungsleistung erheblich beeinträchtigen. Bei Biowäschern dagegen wird der Geruchsstoff in der flüssigen Phase angereichert und dann erst bei kontrollierten pH- und Nährstoffverhältnissen abgebaut. Um Biofilter gegenüber Stoßbelastungen weniger empfindlich zu machen, müssen sie verhältnismäßig groß dimensioniert werden.

Die Methoden der biotechnologischen Abluftreinigung (Biofilter, Biowäscher) werden hier nicht näher beschrieben. Diesbezüglich wird auf die unten angeführte Literatur und auf die ÖNORM S 2020 „Biofiltermaterialien auf Kompostbasis - Anforderungen und Prüfparameter" verwiesen. Grundsätzlich ist anzumerken, daß biologische Systeme gegenüber toxischen Stoffen und Milieuveränderungen (z.B. pH-Wert-Verschiebungen) empfindlich sind.

Literaturhinweise zur biotechnologischen Abluftreinigung:

MARGESIN R., SCHNEIDER M., SCHINNER F. (1996): Praxis der biologischen Abluftreinigung. Springer -Verlag, 357 Seiten.

UMWELTBUNDESAMT und ÖSTERR. GESELLSCHAFT für BIOTECHNOLOGIE (1995): Abluftreinigung - Theorie und Praxis biologischer und alternativer Technologien - 23. bis 25. Nov. 1994, Igls. Erhältlich bei: Dipl.Ing. M. Schneider, Umweltbundesamt, Tel. Nr. 0222 / 31304 / 5548.

12.7 GRUNDSÄTZLICHES ZUR BEGRENZUNG VON ABLUFTEMISSIONEN AUS CP-ANLAGEN

Als wichtigster anorganischer Luftschadstoff wird bei CPA-Anlagen gasförmiges Chlorwasserstoff (HCl) angesehen. Die bei besonderen Betriebszuständen (z.B. Befüllung eines Lagerbehälters mit Abfallsäure) zu erwartenden HCl-Frachten im Abgas können nicht ohne die Gefahr von Vegetationschäden oder von Anrainer-Belästigungen emittiert werden. Daneben wird von Anlagenbetreibern die Abluftreinigung unter dem Aspekt der Minderung der Auswirkungen von Störfällen gesehen. Dabei ist primär an die Reaktionen zwischen Säuren bzw. zwischen Säure und cyanidischen Abfällen zu denken. Ein derartiger Störfall ist in Bezug auf die Abluftzusammensetzung natürlich nicht systematisch überwachbar; d.h. dafür lassen sich keine Grenzwerte formulieren. Andererseits ist für den gewöhnlichen Betrieb bzw. für Betriebszustände, die periodisch wiederkehrend eintreten werden, die Formulierung von Abluft-Standards erforderlich. Es wurden daher ausgehend von der Schweizer Luftreinhalte-Verordnung (Stand vom 1.11.1995) und unter Berücksichtigung vergleichbarer Regelwerke für Anlagen in Österreich Vorschläge für Richtwerte von HCl, organische Stoffe (als Summenparameter TNMVOC), H_2S, NH_3 HCN und ClCN erarbeitet.

Daneben ist zu fordern, daß in den Wäschern eine wirksame Aerosol-Abscheidung vorhanden sein muß.

Die Überwachung der Emissionwerte erfolgt jährlich oder eventuell auch kontinuierlich. Bezugs-Sauerstoffgehalt soll der aktuelle Sauerstoffgehalt sein.

Die Wirksamkeit der Abgasreinigungssysteme in Bezug auf die genannten Parameter ist auch bei typischen Belastungszuständen zu prüfen.

Zum Schutz der Arbeitnehmer sind die vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales verlautbarten, jeweils aktuellen MAK-Werte an Arbeitsplätzen einzuhalten. Arbeitnehmer dürfen ferner durch Gerüche nicht unangemessen belästigt werden.

12.8 RICHTWERTE UND MESSMETHODEN

Tab. 12.2: Vorschlag für Abluft-Richtwerte für CPA- und CPO-Anlagen

Stoff	Richtwert mg/ Nm^3	Meßmethode / Anmerkung
	HMW, O_2 = 21 %	
Ammoniak NH_3	30 mg/Nm^3	VDI Blatt 1, Ausgabe 4/82, Angabe des Ergebnisses in mg/N^3 Ammoniak
Summe aus Chlor Cl_2 und Chlorcyan ClCN	2 mg/Nm^3	Im Falle der Oxidation von Cyaniden mit Chlor oder Hypochlorit einzuhalten
Chlorwasserstoff HCl	30 mg/Nm^3	DIN EN 1911 Teil 1, Teil 2 oder Teil 3 (Ausgabe 9/95) oder VDI 3480 Blatt1, Blatt 2 oder Blatt 3 (Ausgaben 7/84, 1/92)
Cyanwasserstoff und Cyanide, angegeben als HCN	5 mg/Nm^3	----------
Schwefelwasserstoff H_2S	5 mg/Nm^3	VDI 3486 Blatt 1, Blatt 2 oder Blatt 3, Ausgabe 4/79 bzw. 11/80
Organische Stoffe, als TVOC oder TNMVOC a)	50 mg/Nm^3	VDI 3481 Blatt 3, Ausgabe 10/95
a) Organische Stoffe werden als Summe der flüchtigen organischen Stoffe (TVOC) oder als Summe der flüchtigen organischen Stoffe abzüglich der Methan-Konzentration (TNMVOC) begrenzt. Die in der rechten Spalte angegebene Meßmethode erfaßt alle brennbaren organischen Stoffe inklusive Methan, liefert also einen Meßwert für TVOC. Eine getrennte gaschromatographische Bestimmung von Methan ist zulässig. TNMVOC wird als Differenz aus der TVOC- und Methankonzentration der Abluft berechnet. Zu beachten ist ferner, daß die genannte Meßmethode chlorierte Kohlenwasserstoffe nur teilweise erfaßt. Diese sind daher im Einzelfall zu überprüfen.		

Für die Abluft von Immobilisierungsanlagen ist eine davon abweichende Regelung möglich. Zu beachten sind mögliche Staubemissionen aus dem Mischer, insbesondere bei der Immobilisierung bzw. Verfestigung staubender Abfälle. Die Richtwerte für Ammoniak, Chlorwasserstoff und Schwefelwasserstoff sind aber jedenfalls einzuhalten.

12.9 EMISSIONSKONTROLLEN, BEURTEILUNG DER EMISSIONEN

Bei der Beurteilung der Emissionen sind kontinuierlich wiederkehrende Belastungssituationen für das Abluftreinigungssystem (zu erwartende bzw. tatsächlich eintretende Rohgas-Spitzenbelastungen) und die durchschnittlichen Konzentrationen und Massenströme zu berücksichtigen. Wie dabei mit dem Problem der je nach Betriebszustand stark streuenden Emissionen bei der CPB umgegangen werden soll, ist derzeit noch ungeklärt. Vergleichbare Bewertungsansätze sind jedoch z.B. in der Schweizer Luftreinhalteverordnung oder im derzeit vorliegenden Entwurf zur Technischen Anleitung zur thermischen Behandlung von Abfällen vorhanden.

12.10 ABNAHME-MESSUNGEN FÜR ABLUFTREINIGUNGSSYSTEME

Abnahme-Messungen sollen nach Einbau von Abluftreinigungssystemen bzw. bei Inbetriebnahme oder nach einem erheblichen Umbau der CP-Anlage durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei um eine einmalige, sorgfältige Überprüfung der Reinigungsleistung des Abluftreinigungssystemes unter realen Belastungssituationen. Bei Abnahme-Messungen sind die maßgeblichen Emissionskonzentrationen bei verschiedenen Belastungssituationen für das Abluftreinigungssystems zu überprüfen, z.B. (nur beispielhaft, im Einzelfall festzulegen):

- Beim Befüllen eines Lagerbehälters, in dem bereits Abfall-Salzsäure vorhanden ist
- Bei der Neutralisation von Säure im Reaktionsbehälter, solange der pH-Wert noch nicht neutral ist
- Während der Cyanidentgiftung
- Bei Reaktionen, bei denen die Entwicklung nitroser Gase zu erwarten ist

12.11 KONZENTRATIONEN GESUNDHEITSSCHÄDLICHER ARBEITSSTOFFE

Die zulässigen Konzentrationen an gesundheitsschädlichen Arbeitsstoffen werden vom BM für Arbeit und Soziales in den Amtlichen Nachrichten „Arbeit - Gesundheit - Soziales" veröffentlicht. Es handelt sich hierbei um maximale Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK-Werte) und technische Richtkonzentrationen (TRK-Werte). Die folgende *Tab. 12.3* zeigt beispielhaft MAK-Werte von Stoffen, wie sie bei CPO- und CPA-Anlagen vorkommen können:

Tab. 12.3: MAK-WERTE für einige ausgewählte Stoffe

Stoff (CAS-Nummer)	**Formel**	**MAK ml/m³ (ppm)**	**MAK mg/m³**	**Spitzenbegrenzung (Kategorie)**
Ammoniak (7664-41-7)	NH_3	25	18	I
Chlor (7782-50-5)	Cl_2	0,5	1,5	I
Chlorwasserstoff (7647-01-1)	HCl	5	7	I
Cyanwasserstoff (74-90-8)	HCN	10	11	II,1
Essigsäure (64-19-7)	H_3C-COOH	10	25	I
Fluorwasserstoff (7664-39-3)	HF	3	2	I
Ozon (10028-15-6)	0_3	0,1	0,2	I
Salpetersäure (7697-37-2)	$HN0_3$	2	5	I
Schwefeldioxid	SO_2	2	5	I
Schwefelsäure (7664-93-9)	H_2S0_4	----------	1 G	I
Schwefelwasserstoff (7783-06-4)	H_2S	10	15	V
Wasserstoffperoxid (7722-84-1)	H_20_2	1	1,4	I

Werden alle Lagerbereiche, Becken bzw. Anlagenteile - wie sie im Kap. 13.1 einleitend aufgezählt wurden - abgesaugt und die Abluft einer Abluftreinigungsanlage zugeführt, gibt es üblicherweise keine Probleme mit der Einhaltung von MAK-Werten.

Sollten wider Erwarten die MAK-Werte überschritten werden oder unzumutbare Geruchsbelastungen eintreten, dann muß die Hallenluft insgesamt bzw. die Luft am Arbeitsplatz punktuell abgesaugt werden. Es erscheint zweckmäßig, diese Absaugung getrennt von den übrigen Abluftreinigungssystemen durchzuführen bzw. für eventuelle Störfälle einzuplanen, da es sonst zu einer erheblichen Verdünnung der zu reinigenden Abluft oder zur einer lüftungstechnischen Überforderung des Abluftreinigungssystemes kommen würde.

12.11.1 Einhaltung der MAK-Werte bei Spitzenbelastungen

MAK-Werte sind historisch als Acht-Stunden-Mittelwerte konzipiert und angewendet worden. In der Praxis schwankt jedoch die aktuelle Konzentration der Arbeitsstoffe in der Atemluft häufig in erheblichem Ausmaß. Die Abweichung nach oben vom Mittelwert bedarf bei vielen Stoffen der Begrenzung, um Gesundheitsschäden zu verhüten. Da die Wertigkeit für die gesundheitliche Beurteilung solcher Konzentrationsspitzen vom besonderen Wirkungscharakter der Stoffe abhängt, wurde ein System der Erfassung und Einordnung möglichst aller - in der MAK-Werte-Liste - erfaßten Arbeitsstoffe in überschaubaren Kategorien geschaffen, das neben den toxikologischen Erfordernissen auch die analytische Vollziehbarkeit berücksichtigt. Eine begrenzte Anzahl von Expositionsspitzen pro 8-Stunden-Arbeitstag, die den MAK-Wert bis zur Kurzzeithöhe überschreiten, ist zulässig.

Der Acht-Stunden-Mittelwert ist in jedem Falle einzuhalten. Unter dieser Prämisse gelten für die Begrenzung von Expositions-Spitzen der Arbeitsplatzkonzentrationen nach oben folgende Kategorien (siehe Folgeseite):

Tab. 12.4: Kategorien für Expositionsspitzen am Arbeitsplatz

Kategorie	Kurzzeitwert-höhe	Kurzzeitwert-dauer	Häufigkeit pro Schicht
I Lokal reizende Stoffe	2 x MAK	5 min, Momentanwert*)	8
II resorptiv wirksame Stoffe Wirkungseintritt innerhalb 2 h			
II,1: Halbwertszeit **) < 2 h	2 x MAK	30 min, Mittelwert	4
II,2: Halbwertszeit 2 bis 8 h	5 x MAK	30 min, Mittelwert	2
III resorptiv wirksame Stoffe Wirkungseintritt > 2 h Halbwertszeit > Schichtlänge (stark kumulierend)	10 x MAK	30 min, Mittelwert	1
IV sehr schwaches Wirkungspotential MAK > 500 ml/m³	2 x MAK	60 min, Momentanwert*)	3
V geruchsintensive Stoffe	2 x MAK	10 min, Momentanwert*)	4

*) Der Momentanwert ist ein Wert, der von der Konzentration zu keiner Zeit überschritten werden soll.

**) Halbwertszeit = Zeitdauer, bis eine zur Zeit bestehende Konzentration auf die Hälfte abgesunken ist.

12.12 WISSENSDEFIZITE ZUR ABLUFT AUS DER CPB

Abluftmessungen aus der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung beschränken sich bisher auf punktuelle Messungen für einzelne Betriebszustände und einzelne Anlagen. Syste-

matische Messungen an Anlagen sind nicht bekannt. Die Datenbasis für eine sachliche Diskussion bei der Festlegung von Emissionsrichtwerten ist damit zur Zeit nicht sehr groß. Für eine weitere Bearbeitung des Themas wäre die Durchführung eines bzw. mehrerer Meßkampagnen unter definierten Betriebsbedingungen erforderlich.

Wissensdefizite bestehen weiters auch bei:

- den aus wirklich belasteten Bereichen abgezogenen Luftmengen; diese können im Vergleich zur gesamten Abluftmenge einer Anlage gering sein
- der Quantifizierung der Geruchsemissionen
- der Häufigkeit und Dauer von Betriebszuständen, die zu Emissionen führen können
- der Staubbelastung beim Umgang mit festen, trockenen Abfällen und Hilfsstoffen

Unter Berücksichtigung dieser Wissensdefizite sind die in Abschnitt 12.8 genannten Richtwerte und Meßmethoden als erste Ansätze für eine weitere Diskussion, keinesfalls jedoch als endgültige Basis für eine verbindliche Festlegung des Standes der Technik anzusehen.

ANLAGE : Abkürzungen

Häufig verwendete Abkürzungen

AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz (österreichisches AWG)
CPB	Chemisch-physikalische Behandlung
CP-Anlage	Anlage zur chemisch-physikalischen Behandlung
CPA	Chemisch-physikalische Behandlung anorganischer Abfälle
CPO	Chemisch-physikalische Behandlung organischer Abfälle
CSB = COD	Chemischer Sauerstoffbedarf
TS	Trockensubstanz
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff (total organic carbon)
VO	Verordnung

Abkürzungen zu Teil B

D2-EHPA	Di-2-Ethylhexylphosphat
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure bzw. deren Natriumsalz
FHM	Flockungs- oder Filterhilfsmittel
HEDTA	H-Ethylendiamintetraessigsäure
KB	Komplexbildner
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
NTA	Nitrilotriessigsäure bzw. deren Natriumsalz; $N(CH_2\text{-}COOH)_3$
Ox.	Oxidation
PCB/PCT	Polychlorierte Biphenyle/ Terphenyle
Red.	Reduktion
TEA	Triethanolamin
Quadrol	Tetrakis-2-Hydroxypropylethylendiamin
UV	Ultraviolette Strahlung, elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen unter 380 nm.
ϑ	Temperatur in Grad Celsius

Chemische Summenformeln:

Amidoschwefelsäure	NH_2SO_3H
Blutlaugensalz	gelbes: $K_4[Fe(CN)_6]$, rotes: $K_3[Fe(CN)_6]$
Ettringit	$3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}3CaSO_4{\cdot}31H_2O$, Thaumasit, Calciumsulfoaluminat. Die Bildung der Ettringitkristalle im erhärteten Beton führt wegen des hohen Kristallwasseranteils zur Sprengung oder Lockerung des umgebenden Zementgels.
Harnstoff	NH_2CONH_2
Hydroxoapatit	$Ca_5(PO_4)_3OH = 3Ca_3(PO_4)_2{\cdot}Ca(OH)$

12.12 WISSENSDEFIZITE ZUR ABLUFT AUS DER CPB

Abluftmessungen aus der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung beschränken sich bisher auf punktuelle Messungen für einzelne Betriebszustände und einzelne Anlagen. Systematische Messungen an Anlagen sind nicht bekannt. Die Datenbasis für eine sachliche Diskussion bei der Festlegung von Emissionsrichtwerten ist damit zur Zeit nicht sehr groß. Für eine weitere Bearbeitung des Themas wäre die Durchführung eines bzw. mehrerer Meßkampagnen unter definierten Betriebsbedingungen erforderlich.

Wissensdefizite bestehen weiters auch bei:

- den aus wirklich belasteten Bereichen abgezogenen Luftmengen; diese können im Vergleich zur gesamten Abluftmenge einer Anlage gering sein
- der Quantifizierung der Geruchsemissionen
- der Häufigkeit und Dauer von Betriebszuständen, die zu Emissionen führen können
- der Staubbelastung beim Umgang mit festen, trockenen Abfällen und Hilfsstoffen

Unter Berücksichtigung dieser Wissensdefizite sind die in Abschnitt 12.8 genannten Richtwerte und Meßmethoden als erste Ansätze für eine weitere Diskussion, keinesfalls jedoch als endgültige Basis für eine verbindliche Festlegung des Standes der Technik anzusehen.

ANLAGE : Abkürzungen

Häufig verwendete Abkürzungen

AOX	Adsorbierbare organische Halogenverbindungen
AWG	Abfallwirtschaftsgesetz (österreichisches AWG)
CPB	Chemisch-physikalische Behandlung
CP-Anlage	Anlage zur chemisch-physikalischen Behandlung
CPA	Chemisch-physikalische Behandlung anorganischer Abfälle
CPO	Chemisch-physikalische Behandlung organischer Abfälle
CSB = COD	Chemischer Sauerstoffbedarf
TS	Trockensubstanz
TOC	Gesamter organischer Kohlenstoff (total organic carbon)
VO	Verordnung

Abkürzungen zu Teil B

D2-EHPA	Di-2-Ethylhexylphosphat
EDTA	Ethylendiamintetraessigsäure bzw. deren Natriumsalz
FHM	Flockungs- oder Filterhilfsmittel
HEDTA	H-Ethylendiamintetraessigsäure
KB	Komplexbildner
LCKW	Leichtflüchtige chlorierte Kohlenwasserstoffe
NTA	Nitrilotriessigsäure bzw. deren Natriumsalz; $N(CH_2\text{-}COOH)_3$
Ox.	Oxidation
PCB/PCT	Polychlorierte Biphenyle/ Terphenyle
Red.	Reduktion
TEA	Triethanolamin
Quadrol	Tetrakis-2-Hydroxypropylethylendiamin
UV	Ultraviolette Strahlung, elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen unter 380 nm.
ϑ	Temperatur in Grad Celsius

Chemische Summenformeln:

Amidoschwefelsäure	NH_2SO_3H
Blutlaugensalz	gelbes: $K_4[Fe(CN)_6]$, rotes: $K_3[Fe(CN)_6]$
Ettringit	$3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}3CaSO_4{\cdot}31H_2O$, Thaumasit, Calciumsulfoaluminat. Die Bildung der Ettringitkristalle im erhärteten Beton führt wegen des hohen Kristallwasseranteils zur Sprengung oder Lockerung des umgebenden Zementgels.
Harnstoff	NH_2CONH_2
Hydroxoapatit	$Ca_5(PO_4)_3OH = 3Ca_3(PO_4)_2{\cdot}Ca(OH)$

Teil B: Darstellung und Bewertung einzelner Technologien

INHALTSVERZEICHNIS

B1 BEHANDLUNG ANORGANISCHER ABFÄLLE 3

B1.1 EINLEITUNG 3

B1.2 IN ÖSTERREICH VON ABFALLBEHANDLERN ANGEWENDETE BEHANDLUNGSMETHODEN 3

B1.3 OXIDATION 5

B1.3.1 Überblick über die verwendeten Oxidationsmittel 5
B1.3.2 Oxidation von Cyaniden 5
B1.3.2.1 Allgemeines 6
B1.3.2.2 Oxidation mit Wasserstoffperoxid 6
B1.3.2.3 Oxidation mit Caroat (Peroxomonosulfat) bzw. H_2O_2 und Caroat 7
B1.3.2.4 Oxidation mit Natriumhypochlorit bzw Chlor 7
B1.3.2.5 Oxidation mit Ozon 8
B1.3.2.6 Oxidation mit Wasserstoffperoxid und UV-Strahlung 8
B1.3.2.7 Anodische Oxidation 9
B1.3.2.8 Weitere Behandlungsverfahren für Cyanid 9
B1.3.2.9 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Oxidation von Cyaniden 11
B1.3.3 Oxidation von Nitrit 12
B1.3.3.1 Oxidation mit Wasserstoffperoxid 12
B1.3.3.2 Oxidation mit Natriumhypochlorit 12
B1.3.3.3 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Oxidation von Nitrit 13

B1.4 REDUKTION 13

B1.4.1 Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen 13
B1.4.1.1 Reduktion mit Natriumhydrogensulfit 14
B1.4.1.2 Reduktion mit Schwefeldioxid 14
B1.4.1.3 Reduktion mit Eisen(II)-Sulfat 14
B1.4.1.4 Reduktion mit Natriumdithionit 14
B1.4.1.5 Reduktion mit Natriumthiosulfat bzw. Fixierbädern 14
B1.4.1.6 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen 15
B1.4.2 Reduktion von Nitrit 15
B1.4.2.1 Reduktion mit Amidoschwefelsäure 15
B1.4.2.2 Reduktion mit Harnstoff 16
B1.4.2.3 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Reduktion von Nitrit 16

B1.5 NEUTRALISATION/FÄLLUNG 17

B1.5.1 Allgemeines 17
B1.5.2 Fällung der Schwermetalle 19
B1.5.2.1 Fällung als Metallhydroxid 19
B1.5.2.2 Fällung als Metallsulfid 20
B1.5.2.3 Fällung mit weiteren Fällungsmitteln 21
B1.5.2.4 Vor- und Nachteile der Verfahren 22
B1.5.3 Fällung anionischer Abwasserinhaltsstoffe 23
B1.5.3.1 Fällung des Fluorids /nach ATV, 1991 und Hartinger, 1994] 23
B1.5.3.2 Fällung des Sulfats /nach ATV, 1991/ 23
B1.5.3.3 Fällung des Phosphats /nach ATV, 1991/ 24
B1.5.4 Fällung der Metalle aus komplexbildnerhaltigen Abwässern 24

B1.6 SELEKTIVIONENAUSTAUSCHER 27

B2 EMULSIONSSPALTUNG 28
B2.1 EINLEITUNG 28
B2.2 ZUSAMMENSETZUNG VON EMULSIONEN 29
B2.3 VERFAHREN ZUR EMULSIONSSPALTUNG - ALLGEMEINES 32
B2.4 CHEMISCHE SPALTUNG 33
B2.4.1 Säure/Salz Spaltung 33
B2.4.1.1 Flotation 35
B2.4.1.2 Adsorption 37
B2.4.2 Organische Spaltung 38
B2.5 PHYSIKALISCHE VERFAHREN 40
B2.5.1 Membranverfahren 40
B2.5.2 Ultrafiltration (UF) 41
B2.5.2.1 Umkehrosmose 44
B2.5.3 Verdampferverfahren 45
B2.6 ELEKTROCHEMISCHE VERFAHREN 48
B2.7 BEISPIEL FÜR EINE VERFAHRENSKOMBINATION 48
B2.8 VERWERTUNG VON FESTSTOFFEN AUS ÖLABSCHEIDERN, SANDFÄNGEN 49
B2.9 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE 49
B2.10 NASSOXIDATION 50

B3 BEISPIELE FÜR BEHANDELBARE ABFÄLLE 52
B3.1 ADSORPTION 52
B3.2 CHEMISCHE EMULSIONSSPALTUNG 53
B3.3 EINDAMPFUNG 53
B3.4 ELEKTRODIALYSE 53
B3.5 ENTGIFTUNG (OXIDATION, REDUKTION) 54
B3.6 ENTWÄSSERUNG 54
B3.7 EXTRAKTION 55
B3.8 FÄLLUNG 55
B3.9 FLOTATION 56
B3.10 IMMOBILISIERUNG 56
B3.11 NAßOXIDATION 56
B3.12 NEUTRALISATION 56
B3.13 OZONISIERUNG 57
B3.14 STRIPPUNG 57
B3.15 ULTRAFILTRATION (PARTIKELFILTRATION) 57
B3.16 UMKEHROSMOSE 58
B3.17 ZEMENTATION 58

B4 LITERATUR ZUM ABSCHNITT B 59
B4.1 LITERATUR ZUR BEHANDLUNG ANORGANISCHER ABFÄLLE (CPA) 59
B4.2 LITERATUR ZUR EMULSIONSSPALTUNG (CPO) 60

B1 BEHANDLUNG ANORGANISCHER ABFÄLLE

B1.1 EINLEITUNG

Die in CPA-Anlagen häufig eingesetzten Behandlungsmethoden werden vereinfacht gesprochen in folgende Klassen eingeteilt:

- „Entgiftung": Oxidation, Reduktion
- Neutralisation, Schwermetallfällung mit anschließender Entwässerung
- Ionenaustausch
- Methoden zur Behandlung komplexbildnerhältiger Abwässer
- Verfestigung und Immobilisierung

Andere Behandlungsmöglichkeiten für anorganische Abfälle, wie Strippung, Elektrodialyse, Extraktion, Zementation und Membranverfahren (z.B. Umkehrosmose) sind derzeit in der externen Behandlung von untergeordneter Bedeutung bzw. diese Behandlungsmethoden werden derzeit in Österreich extern nicht eingesetzt (siehe Abschnitt B1.2). Die zuletzt genannten Methoden besitzen aber in der Vermeidung und Verwertung von anorganischen flüssigen Abfällen eine zunehmende Bedeutung. Gleiches gilt für den Ionenaustausch, der sowohl als Möglichkeit der Abwasser- bzw. Abfallbehandlung als auch als eine Anreicherungsmethode angesehen werden kann. Für die externe Behandlung von Fotochemikalien existiert in Österreich eine darauf spezialierte Anlage.

Die Verfestigung bzw. Immobilisierung von Abfällen ist in der Praxis nicht unbedeutend, wie sich am Beispiel der Behandlung von Verbrennungsrückstände in Wien aufzeigen läßt. In der vorliegenden Veröffentlichung kann jedoch auf die einzelnen Technologien der Verfestigung bzw. Immobilisierung nicht im Einzelnen eingegangen werden, um den Umfang der Studie zu beschränken. Bei der Beurteilung der Ablagerungfähigkeit der verfestigten Abfälle sind die Bestimmungen der Deponieverordnung einzuhalten (siehe auch Teil A, Abschnitt A11).

B1.2 IN ÖSTERREICH VON ABFALLBEHANDLERN ANGEWENDETE BEHANDLUNGSMETHODEN

Die folgende Tabelle (Tabelle 1.1) gibt einen Überblick über die Methoden und Reagentien, die in Österreich eingesetzt werden. Die Ziffern bezeichnen einzelne CPA-Anlagen.

Tab. 1.1: CPA-Methoden und Reagentien in Österreich

Behandelte Stoffe bzw. Ionen	**Art der Behandlung und verwendetes Reagens**
Chromat	„Reduktion": **6 7 10 13**
	Reduktion mit $NaHSO_3$ **2**, (pH 8-9) **4**, mit Kalkmilch **8**
	Reduktion mit $Na_2S_2O_4$/ Säure **3 5**
	für [c]↓: Reduktion mit $FeSO_4 \cdot 7H_2O$/ Säure **4 8 9**
	Reduktion mit Fe^{2+} (Abfälle) **14**
Cyanide	„Oxidation": **6 7**
	Oxidation mit NaOCl **2 8**
	Reduktion mit H_2O_2/ alkalisch, Cu(II) als Kat **4**
	Oxidation mit H_2O_2 / $KHSO_5$ **5**
	Oxidation mit H_2O_2 **13**
	Oxidation mit H_2O_2/ $KHSO_5$ **10**
Nitrite	„Oxidation": **7 10 13**
	„Reduktion": **6**
	NaOCl **2 8**
	Oxidation mit H_2O_2 **14** , + Säure **4**
	Reduktion mit Harnstoff/ Säure **5**
	Reduktion mit Amidoschwefelsäure **8**
Fluorid	Kalkhydrat **8**
Säuren, Basen	Kalkmilch, Kalksteinmehl, NaOH, Kalk, HCl
gelöste Schwermetalle	„Fällung": **6 10**
	als Hydroxide: **1 2 13**
	Na_2S/ Überschuß mit $FeCl_3$ zurückgenommen **4**
	Kalkmilch (Abfall) **4 14**
	Kalkmilch + $FeCl_3$ bei geringer Verunreinigung **5 7**
	Fällung und/oder Umkehrosmose (alternativ) **7**
	TMT 15 (Trimercapto-s-triazin) **9**
Komplexbildnerhaltige Abfälle	Na_2S/ $FeCl_3$ **5** Na_2S **14**,
	Oxidation und Fällung **6, 7**
	TMT (Trimercapto-s-triazin) **8**
Altbeizen aus Galvanikbetrieben	Solventextraktion **14** (teilweise Verwertung)
Sulfate	Sulfatfällung **2**
	$BaCl_2$ als Hilfsstoff **14**

B1.3 OXIDATION

Durch Oxidation werden bei der chemisch-physikalischen Behandlung von anorganischen Abfällen Cyanide, Nitrite, Sulfite und Metallkomplexe in Verbindungen mit höherer Oxidationsstufe umgewandelt, die ein geringeres Gefährdungspotential für die Umwelt aufweisen. Organische Stoffe können gleichzeitig durch starke Oxidationsmittel zu Kohlendioxid, Stickstoff und Wasser abgebaut werden. Für die meisten organischen Stoffe ist die Oxidation nur vollständig, wenn bei hohen Drücken und Temperaturen oxidiert wird oder wenn sehr starke Oxidationsmittel - z.B. Ozon, OH-Radikale (H_2O_2 und UV-Strahlen) - eingesetzt werden.

B1.3.1 Überblick über die verwendeten Oxidationsmittel

Tabelle 1.2 bietet einen Überblick über die in der Abfallbehandlung verwendeten Oxidationsmittel bzw. Verfahren und eine kurze Beschreibung des jeweiligen Anwendungsbereiches.

Tab. 1.2: Bevorzugte Oxidationsmittel bzw. Verfahren in der Abwasserbehandlung/nach Hartinger, 1994/

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, 1 kg NO_2 ca. 2 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	1 kg CN benötigt über 13 kg $KHSO_5$ technische Handelsware
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 100g O_3 pro m^3 O_2, gasförmig	siehe Tab. 1.3 , geeignet zur Senkung des CSB-Wertes	1 kg CN benötigt ca. 2 kg O_3 1 kg CSB benötigt ca. 2 kg O_3.
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	1 kg Fe(II) benötigt ca. 5 m^3 Luft
anodische Oxidation	Oxidation von Cyaniden, Komplexbildnerzerstörung, CSB-Verminderung	

B1.3.2 Oxidation von Cyaniden

B1.3.2.1 Allgemeines

Cyanid wird durch Oxidation im alkalischen Medium (pH ≥ 10, alkalisieren mit NaOH) zum Cyanat, entgiftet. Cyanid ist für Säugetiere und auch für viele Wirbellose ein starkes Gift und im Vergleich zu Cyanat ein weitaus stärkerer Ligand, sodaß unter Umständen Schwermetalle aus Flußsedimenten freisetzt werden können. Cyanat ist weiters nur im stark alkalischen Medium stabil und wird bei der Neutralisation sehr schnell zu Ammoniumhydrogencarbonat und Ammoniumcarbonat hydrolysiert.
Durch Weiterbehandlung des cyanathältigen Abwassers mit anderen Teilströmen bildet sich daher bei der Absenkung des pH-Wertes aus dem Cyanat Ammonium und Ammoniak, das mit einer Reihe von Metallen (Cu, Zn, Ni, Pb) Komplexe bildet. Geht man bei der Behandlung von hohen Cyanidkonzentrationen aus, so besteht die Möglichkeit der Bildung von Metallaminkomplexen./nach ATV, 1991/ Zur Entfernung dieser Metallkomplexe ist dann eine Nachbehandlung des Abwassers mit Sulfiden oder Selektivionenaustauscher erforderlich. /nach Hartinger, 1994/

Unterscheidung von Cyanidverbindungen nach ihrer Oxidierbarkeit:

Man unterscheidet zwischen Gesamtcyanid, leicht freisetzbarem Cyanid, freiem Cyanid und komplexem Cyanid. Eine Definition dieser Begriffe ist in Kap. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** gegeben.
Freies Cyanid (= Cyanide der Alkali- und Erdalkalimetalle) und leicht freisetzbares Cyanid ist leicht oxidierbar. Im Gesamtcyanid sind auch die komplexe und säureresistente, schwerlösliche Cyanide enthalten. Wenn in einem Analysenbericht der Gesamtcyanid-Gehalt angegeben wurde, dann ist damit noch keine Aussage über die Oxidierbarkeit gegeben. Diese kann erst getroffen werden, wenn bekannt ist, an welche Metallionen das Cyanid (in kovalenter Bindung oder als Komplex) gebunden ist.

Oxidierbarkeit komplexer Cyanide / am Beispiel der Oxidation mit NaOCl oder H_2O_2:

Metallkomponente	**Oxidierbarkeit**
Cd, Zn	gut oxidierbar
Cu	etwas längere Reaktionszeit erforderlich
Ag, Ni	bedürfen einer mehrstündigen Oxidation (Langzeitoxidation) und eines höheren Oxidationsmittelüberschusses
Fe	Hexacyanoferrate sind Durchdringungskomplexe und deshalb fast nicht oxidierbar, aber auch kaum giftig.

Zur Oxidation von Cyaniden verwendete bzw. verwendbare Reagentien:
Wasserstoffperoxid
Caroat
Wasserstoffperoxid und Caroat
Natriumhypochlorit bzw. Chlorgas
Ozon
Wasserstoffperoxid und Ozon
anodische Oxidation
Formaldehyd und Wasserstoffperoxid
Luftsauerstoff

B1.3.2.2 Oxidation mit Wasserstoffperoxid

Die Verwendung von Wasserstoffperoxid ist nur dann möglich, wenn seine katalytische Zersetzung durch Schwermetallionen ausgeschlossen werden kann. /nach ATV, 1991/
Die Reaktion verläuft in einem weiten pH-Bereich zwischen 3 und 12. Da aber im sauren Bereich Blausäure aus der Lösung verdrängt wird (giftig, hoher Dampfdruck), sollte die Reaktion etwa bei pH = 10 - 11 durchgeführt werden. Die Reaktion ist exotherm. Die Reaktionstemperatur sollte /nach ATV, 1985/ 75°C nicht wesentlich überschreiten. Das Temperaturlimit für die Materialbeanspruchung des Reaktionstanks wird allerdings in vielen Fällen noch deutlich darunter liegen.

Reaktionszeit: bei Anfangskonzentrationen von 1-5 g/l CN 30-90 Minuten, bei Anfangskonzentrationen unter 0,5 g/l CN erhöhen sich noch die Reaktionszeiten und erreichen im mg/l-Bereich 2-3 Stunden, wobei außerdem größere H_2O_2-Überschüsse erforderlich sind. /nach ATV, 1985/
Als Katalysator verwendete man früher Kupfersalze, heute z.B. ein Iodoargentat, das als Redoxindikator auch eine bessere meßtechnische Verfolgung der Reaktion ermöglicht.
Theoretischer Verbrauch: 1,3 kg H_2O_2 (100%ig)/ kg CN^-
praktischer Verbrauch: 3 kg/ kg CN^- (bei 10 g/l CN) - 8 kg/ kg CN^- (bei 10 mg/l CN)

B1.3.2.3 Oxidation mit Caroat (Peroxomonosulfat) bzw. H_2O_2 und Caroat

Aufgrund der Aufsalzung des Abwassers bei Verwendung von Caroschen Säure, ihres hohen Preises und des Bedarfes an NaOH zur Aufrechterhaltung des pH-Wertes wird die Entgiftung mit Caroscher Säure nur für Cyanidkonzentrationen bis etwa 30 mg/l empfohlen.
In der Praxis hat sich der Einsatz von Wasserstoffperoxid in Kombination mit Peroxomonosulfat bei der Oxidation von Cyaniden bewährt. Die Behandlung erfolgt hier in zwei Stufen:
- Oxidation mit H_2O_2 bis zu einer Cyanidkonzentration von etwa 10 bis 100 mg/l
- Oxidation mit $KHSO_5$ bis zum Erreichen der Einleite-Grenzwerte

Die Reaktionszeiten für Caroat: Es werden im Normalfall 40-60 Minuten nicht überschritten.

B1.3.2.4 Oxidation mit Natriumhypochlorit bzw Chlor

In Anwesenheit von chlorierbaren organischen Stoffen, wie Glanzbildnern, Tensiden oder Korrosionsschutzinhibitoren, entstehen bei Verwendung von Natronbleichlauge Folgeprodukte, die krebsverdächtig sind. Es können dabei einige hundert Verbindungen entstehen, was sich einem Anstieg der AOX-Werte im Abwasser äußert. Um das Entstehen von AOX zu vermeiden, sollte deshalb bei Anwesenheit von gelösten organischen Stoffen NaOCl nicht verwendet werden.
Die Oxidation mit NaOCl verläuft exotherm über die giftige Zwischenverbindung Chlorcyan CNCl, die sehr flüchtig ist. Deshalb sollte die Abluft erfaßt und in geeigneter Weise behandelt werden.

Reaktionszeit: Im Normalfall sind 40-60 Minuten ausreichend (theoretische Verweilzeit 1-20 min.) /nach ATV, 1991/; bei pH 10,5-12,5: 1 -2 Stunden /nach Hartinger, 1994/;
Für Nickelcyanide ist NaOCl als Oxidationsmittel nicht geeignet bzw. es wären sehr lange Reaktionszeiten erforderlich (mehr als 1 Tag).
Reaktionssteuerung: Die Reaktion ist aufgrund der großen Änderung des Redoxpotentials gut automatisch regelbar.
Theoretischer Verbrauch: 10,5 l NaOCl (13% wirksames Chlor)/ kg CN^-
praktischer Verbrauch: 13-16 l / kg CN^-
Das für die Behandlung konzentrierterer Cyanidlösungen erforderliche Volumen an Hypochlorit-Lösung ist bei der Befüllung des Reaktors zu beachten. Es muß noch genügend freies Volumen für die Hilfsmittelzugabe und auch für die anschließende Neutralisation mit Säure bleiben.

B1.3.2.5 Oxidation mit Ozon

Mit Ozon ist eine breites Spektrum von Abwasserinhaltsstoffen oxidierbar (siehe Tab. 1.3: Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserbehandlung mit Ozon, S.8).
Hexacyanoferrat ist auch mit Ozon sehr schwer behandelbar. Um die Bildung von Sekundärcyanid aus dem roten Blutlaugensalz zu verhindern, wird mit Natriumdithionit oder Natriumsulfid das stabile gelbe Blutlaugensalz erzeugt.
Bei Anwesenheit vonTensiden, Glanzbildnern und Entfettungsmitteln steigt der Ozonbedarf, weil es mit dieser Methode nicht möglich ist, im Gemisch selektiv nur Cyanide zu oxidieren.
Reaktionszeit: zum Beispiel 10-30 min.
Theoretischer Verbrauch: 1,85 kg O_3/kg CN^-
praktischer Verbrauch: ca. 2 kg O_3/kg CN^- bzw. 1 kg O_3/kg NaCN
Für die Herstellung von 1 kg Ozon aus Luft werden ca. 21 kWh benötigt.

Tab. 1.3: Möglichkeiten und Grenzen der Abwasserbehandlung mit Ozon /nach Hartinger, 1994/

behandelbar	bedingt behandelbar	nicht behandelbar
CN^-, $Cu(CN)_4^{3-}$, $Ni(CN)_4^{2-}$ u.a.	$Fe(CN)_6^{3-/4-}$	$Au(CN)_2^-$, $Co(CN)_6^{4-/3-}$
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_2^-(pH<2-13) SO_3^{2-}(pH<1-13) $S_2O_3^{2-}$	NH_4^+	alle Verbindungen mit höchster Oxidationsstufe, z.B. CrO_4^{2-}, NO_3^-
Organika: Phenole, Amine, Benzolderivate (Xylol, Styrol...), Entwicklerchemikalien	Tenside mit aromat. Struktur, z.B. Benzolsulfonsäuren, Nonylphenolethoxylate	Alkohole wie Ethanol, Glykol, Glycerin; Zucker, Kohlenwasserstoffe, Essigsäure etc. in konzentrierter Form

B1.3.2.6 Oxidation mit Wasserstoffperoxid und UV-Strahlung

Der Technik der Oxidation mit Wasserstoffperoxid unter Verwendung von UV-Strahlung wird eine hohe Wirtschafts-Wachstumsrate prognostiziert. Mit dieser Methode können auch viele biologisch schwer abbaubare Verbindungen oxidiert werden.
Zur Oxidation von Cyanid wird der Abfall auf einen pH-Wert von 10 bis 10,5 eingestellt und unter ständiger Zudosierung von Wasserstoffperoxid im Kreislauf über mehrere UV-Strahler gepumpt. Aus dem H_2O_2 entstehen dabei OH-Radikale, die sehr starke Oxidationsmittel darstellen (stärker oxidierend als Ozon).
Nach ca. 4 bis 8 Stunden sind freie und komplexe Cyanide vollständig abgebaut / Galvanotechnik, 1996
Die genannte Reaktionsdauer bezieht sich auf ein bestimmtes Verfahren. Da die Art und der Energieeinsatz der UV-Strahler von entscheidender Bedeutung ist, darf die angegebene Reaktionsdauer nicht verallgemeinert werden.

Die Oxidation vollzieht sich vollständig bis zum Kohlendioxid bzw. Carbonat. Eine Erhöhung der AOX-Werte tritt nicht ein; im Gegenteil, es kann sogar zu einer Verringerung der AOX-Werte durch gleichzeitigen Abbau organischer Chlorverbindungen kommen. Ebenso wird der TOC-Wert bei dieser Methode verringert. Mit der Methode können auch Kupfer- und Nickelcyanide behandelt werden.
Die Peroxid-UV-Methode wird sein einigen Jahren auch erfolgreich bei der Behandlung von Sickerwasser aus Abfalldeponien eingesetzt.

B1.3.2.7 Anodische Oxidation

Durch anodische Oxidation werden Cyanide direkt durch Elektronenentzug oder durch Sauerstoff oxidiert, ohne daß Zwischenprodukte oder AOX entstehen.

Die anodische Oxidation von Cyanid gilt für konzentrierteren Lösungen bis zu einer Restkonzentration von etwa 150-200 mg/l Cyanid als eine wirtschaftliche und saubere Methode. Das Restcyanid kann chemisch mit Wasserstoffperoxid weiter entgiftet werden. / Hartinger, 1994/ .Bei Konzentrationen ≥ 1g CN/l erreicht man seht gute Stromausbeuten. Reste unter 1 g/l oxidiert man anschließend am besten chemisch. /nach ATV, 1985/ Nach anderen Empfehlungen soll bis ca. 0,1 g/l elektrolysiert werden, danach kann mit Peroxidisulfat (Caorat) chemisch oxidiert werden./ Bombach, 1995/
In der Oberflächentechnik anfallende cyanidische Lösungen enthalten im allgemeinen auch elektrolytisch abscheidbare Metalle. Diese lassen sich im Prinzip an der Kathode metallisch abscheiden. Bei Metallkonzentrationen unter 1 g/l und hohen Stromdichten kommt es zu allerdings schwammigen bis pulvrigen, nicht haftenden Niederschlägen, die schwer verwertbar sind. Die Abscheidung von Cu ist unvollständig / Bombach, 1995/
Die Bildung von Wasserstoffgas an der Kathode und die Möglichkeit der Entstehung von Knallgasgemischen ist zu beachten.
Eine Sonderform der anodischen Oxidation ist die sogenannte Silber-II-Methode. Dabei wird dem Elektrolyten Ag^{+} zugesetzt. Durch anodische Oxidation wird Ag^{2+} gebildet, ein sehr starkes Oxidationsmittel, das mit verschiedenen organischen Stoffen und mit Cyanid reagiert.

B1.3.2.8 Weitere Behandlungsverfahren für Cyanid

Oxidation mit Luftsauerstoff

Wird Luftsauerstoff in Kontakt mit aktiven Massen (z.B. Aktivkohle) aktiviert, dann ist er ebenfalls imstande, Cyanid zu oxidieren. Die besten Ergebnisse werden bei pH 7-8 erreicht. Anwesendes Kupfer hat /nach ATV, 1985/ einen zusätzlichen positiven (katalytischen) Effekt.

Reaktion mit Formaldehyd und Wasserstoffperoxid

Eine Abart der Entgiftung mit Wasserstoffperoxid ist das in den USA entwickelte Verfahren mit Formaldehyd und Wasserstoffperoxid. Die Reaktion verläuft in Abhängigkeit vom Verhältnis der beiden Chemikalien zum Cyanid, dem pH-Wert und der Temperatur verschieden schnell bzw. vollständig. /nach ATV, 1985/ Reaktionsprodukte sind Cyanat, Ammoniak und Glykolsäureamid. Letzteres hydrolysiert weiter zur Glykolsäure. Glykolsäure ist in der biologischen Abwasserreinigung vollständig abbaubar.

Hydrolytische Spaltung mit Wasserdampf

Reaktionsbedingungen: ϑ = 170-230°C, hoher Druck; Produkte: NH_3 und Formiat ($HCOO^-$). Beide Produkte sind in der biologischen Abwassereinigung abbaubar bzw. umsetzbar. Diese Methode ist geeignet für Konzentrationen bis zu 150 g/l CN.

Katalytische Verbrennung ausgetriebener Blausäure nach Strippung

Bei pH = 2-5 (abhängig von den anwesenden Metallen) ist eine Strippung der HCN mit Luft oder Stickstoff möglich; z.B. in einem Gegenstrom-Verfahren. Anschließend erfolgt eine katalytische Verbrennung oder eine Verbrennung in Abfallverbrennungsanlagen.

Verbrennung von cyanidhaltigen Konzentraten

In Verbrennungsanlagen für gefährliche Abfälle, die mit entsprechender Abgasreinigung ausgestattet sind, können cyanidhaltige Konzentrate in die Flammen der Brenner eingespritzt werden, wobei auch die stabilsten Cyanokomplexe zerstört werden.

Biologischer Abbau

Grundsätzlich ist bei geringen Konzentrationen auch ein biologischer Abbau von Cyanid möglich. Von Vorteil ist, daß dabei auch der gebildete Ammonium-Stickstoff oxidiert werden kann. Für die in CPA-Anlagen übernommenen Abfälle sind jedoch biologische Methoden fast immer ungeeignet.

B1.3.2.9 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Oxidation von Cyaniden

Oxidation mit Wasserstoffperoxid:	
von Vorteil:	Bewährt sich vor allem bei größeren Cyanidkonzentrationen, wobei eine Temperaturerhöhung beschleunigend auf die Reaktion wirkt. H_2O_2 ist gegenüber Zersetzung stabiler als NaOCl. Keine Aufsalzung des Abwassers Keine AOX-Bildung
zu beachten:	
von Nachteil:	Nur für Alkalicyanide geeignet In Gegenwart von Schwermetallen katalytische Zerstörung von H_2O_2 möglich. Bei geringen Cyanidkonzentrationen sind lange Reaktionszeiten und ein großer H_2O_2-Überschuß nötig Nach Abschluß der Entgiftungsreaktion zersetzt sich überschüssiges H_2O_2 unter Bildung von Wasser und Sauerstoff unter Umständen heftig und unter Temperaturerhöhung.
Oxidation mit Caroat:	
von Vorteil:	Reaktion verläuft schneller als mit OCl^- Auch für viele komplexe Cyanide geeignet Keine AOX-Bildung
zu beachten:	
von Nachteil:	teuer Aufsalzung des Abwassers mit SO_4^{2-} und K^+ oder Na^+ Für Nickelcyanid nicht geeignet Zudosierung von NaOH zur Aufrechterhaltung des pH-Wertes notwendig
Oxidation mit Wasserstoffperoxid und Caroat:	
von Vorteil:	In der Praxis bewährt; weitere Vorteile: siehe oben
zu beachten:	
von Nachteil:	siehe oben
Oxidation mit Natriumhypochlorit bzw Chlor:	
von Vorteil:	Regelung oder Steuerung über Redoxpotential-Messung
zu beachten:	
von Nachteil:	Bildung der flüchtigen, giftigen und tränenreizenden Zwischenverbindung Chlorcyan Begrenzte Haltbarkeit des Hilfsstoffes (Selbstzersetzung) Bildung von AOX Für die Oxidation von Nickelcyaniden sehr lange Reaktionszeiten notwendig Aufsalzung des Abwassers mit Na^+ und Cl^-
Oxidation mit Ozon:	
von Vorteil:	keine Aufsalzung des Abwassers auch Schwermetallcyanide und Komplexbildner behandelbar keine AOX-Bildung
zu beachten:	Komplexe bei Anwesenheit hoher Konzentrationen (< 2 g/l) von Metallionen (Cu,Ni): Konzentrate nicht pur behandelbar
von Nachteil:	hohe Investitionskosten Restozon-Zerstörung notwendig

Oxidation mit Wasserstoffperoxid und UV:	
von Vorteil:	keine Aufsalzung des Abwassers auch Schwermetallcyanide und Komplexbildner behandelbar keine AOX-Bildung Abbau organischer Stoffe
von Nachteil:	hohe Investitionskosten bereits Stand der Technik, aber geringe Verbreitung
Oxidation mit anodische Oxidation:	
von Vorteil:	keine Aufsalzung des Abwassers Gleichzeitig mit der anodischen Oxidation des Cyanids ist bei Anwesenheit von Metallen die kathodische Metallabscheidung möglich.
zu beachten:	nur für hohe Cyanidkonzentrationen ≥ 1mg/l geeignet Knallgasbildung muß vermieden werden
von Nachteil:	bereits Stand der Technik, aber bislang wenige praktische Erfahrungen lange Reaktionszeiten nötig
Oxidation mit Luftsauerstoff:	
von Vorteil:	kostengünstig, kein Einsatz von Chemikalien, geringer Energiebedarf
zu beachten:	Stripp-Effekte und Oxidation von Fe-II-Verbindungen
von Nachteil:	gegenüber Störeinflüssen sehr sensible Reaktion in der externen Behandlung nicht Stand der Technik

B1.3.3 Oxidation von Nitrit

Für die Oxidation des Nitrits zum Nitrat sind grundsätzlich die gleichen Oxidationsmittel wie zur Cyanidentgiftung geeignet, vorzugsweise werden aber Wasserstoffperoxid oder Natriumhypochlorit eingesetzt:
Besonders bei konzentrierten Lösungen (ab etwa 700 mg NO_2^-/l) werden beim Ansäuern nitrose Gase freigesetzt. Bei Methoden, die eine Ansäuerung erfordern, ist daher eine entsprechende Ablufterfassung und -reinigungs vorzunehmen.

B1.3.3.1 Oxidation mit Wasserstoffperoxid

Reaktion im schwachsaurem Medium (pH um 4)
Reaktionszeit: Im Normalfall sind 15 Minuten ausreichend
Reaktionskontrolle: pH-Wert und Nitrit-Küvettentest
Theoretischer Verbrauch: 2,11 kg Wasserstoffperoxid (35%ig)/kg NO_2^-

B1.3.3.2 Oxidation mit Natriumhypochlorit

Reaktion im schwachsaurem Medium (pH um 4).
Reaktionszeit: Im Normalfall sind 15 Minuten ausreichend
Theoretischer Verbrauch: 6,4 kg NaOCl (150 g Aktivchlor/l)/kg NO2-

B1.3.3.3 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Oxidation von Nitrit

Oxidation mit Wasserstoffperoxid	
von Vorteil:	Kurze Reaktionszeit Keine AOX-Bildung
zu beachten:	Setzt man der nitrithältigen Lösung zuerst eine entsprechende Menge Wasserstoffperoxid zu und säuert sie anschließend vorsichtig an, dann läßt sich das Entstehen von nitrosen Gasen verhindern. Selbstzersetzung von H_2O_2 durch Metallionen, insbesonders durch Cu.
von Nachteil:	
Oxidation mit Natriumhypochlorit	
von Vorteil:	Kurze Reaktionszeit
zu beachten:	
von Nachteil:	Bei Verwendung von NaOCl ist während des Ansäuerns mit HCl eine Chlorentwicklung nicht zu vermeiden. Auch das sehr aggressive Nitrosylchlorid kann gebildet werden. AOX-Bildung bei gleichzeitiger Anwesenheit organischer Stoffe

Eine umfassende Methode zur Oxidation organischer Stoffe ist die Naßoxidation. Diese Behandlungsmethode wird im Abschnitt B2.10 überblicksartig dargestellt.

B1.4 REDUKTION

Durch Reduktion werden bei der chemisch-physikalischen Behandlung von anorganischen Abfällen Chrom(VI)-Verbindungen und Nitrite in Verbindungen mit niedrigerer Oxidationsstufe umgewandelt, die ein geringeres Gefährdungspotential für die Umwelt aufweisen und/oder leichter abtrennbar sind. In seltenen Fällen werden auch andere anorganische Stoffe, wie z.B. Kaliumpermanganat in CPA-Anlagen reduziert.

B1.4.1 Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen

Die meisten der in der Industrie verwendeten Chrom(VI)-Verbindungen, wie Chromsäure CrO_3 x n H_2O, Natrium-, Kaliumchromat oder Kaliumdichromat (Na_2CrO_4, K_2CrO_4 oder $K_2Cr_2O_7$), werden bei der Metallver- und Metallbearbeitung in Chrom-, Reinigungs- und Passivierungsbädern eingesetzt. Weiters werden Chrom(VI)-Verbindungen in der Gerberei verwendet. Insgesamt ist die Anwendung von Chrom(VI)-Verbindungen war in den letzten Jahren stark rückläufig.
Da Chrom(VI)-Verbindungen unabhängig vom pH-Wert wasserlöslich sind, müssen sie durch Reduktion in die dreiwertige Form überführt werden, um sie als schwerlösliches Chrom(III)-Hydroxid ausfällen zu können. Zu beachten ist, daß Chromhydroxidflocken schlecht entwässerbar sind; damit ist ein Einsatz von Flockungshilfsmitteln oder Filterhilfsstoffen meistens erforderlich.
Für die Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen sind folgende Reagenzien geeignet:
Natriumhydrogensulfit ($NaHSO_3$), bzw. dessen entwässerte Form $Na_2S_2O_5$

Schwefeldioxid (SO_2),

Eisensulfat ($FeSO_4 \cdot 7\ H_2O$) oder

Natriumdithionit ($Na_2S_2O_4$)

Natriumthiosulfat($Na_2S_2O_3$), z.B. Fixierbäder nach der Abscheidung von Silber

Anfallende Feststoffe:

Das bei der Entgiftung entstehende dreiwertige Chrom wird als Hydroxid ausgefällt. Der entstehende Hydroxidschlamm wird abfiltriert und entwässert.

Reaktionskontrolle:
Die Reaktionskontrolle erfolgt durch Feststellen des Chemikalienverbauches, Messungen von pH-Wert, Redoxpotential und Chromat (z.B. Schnelltests, Küvettentest mit Diphenylcarbazid, und/oder photometrische Bestimmung im Labor)
Die Färbung des Ablaufes aus dem Entwässerungsaggregat (z.B. Filterpresse) ist kein geeignetes Maß für die Reaktionskontrolle.

B1.4.1.1 Reduktion mit Natriumhydrogensulfit

Reaktionsbedingungen:
Reaktionszeit: im Normalfall sind15 Minuten ausreichend
Der pH-Wert soll - durch Zugabe von Schwefelsäure oder Salzsäure - während der Reduktion konstant gehalten werden, weil Säure verbraucht wird. Jedenfalls ist ein Säureüberschuß erforderlich. Bei einigen Abfällen reicht der darin bereits enthaltene Säureüberschuß.

$2\ H_2CrO_4 + 3NaHSO_3 + 3H_2SO_4 \rightarrow Cr(SO_4)_3 + 3NaHSO_4 + 5H_2O$

Theoretisch erforderliche Chemikalienmengen: 2,8 kg $Na_2S_2O_5$ + 3,8 kg H_2SO_4/ kg Cr VI

B1.4.1.2 Reduktion mit Schwefeldioxid

Grundsätzlich ist auch eine Reduktion mit Schwefeldioxidgas möglich. Aufgrund der mit der Aufstellung eines Gastanks verbundenen Investitionskosten werden im allgemeinen jedoch feste oder flüssige Hilfsstoffe vorgezogen.
Theoretisch erforderliche Chemikalienmengen: 1,85 kg SO_2-Gas + 0,95 kg H_2SO_4/ kg Cr VI

B1.4.1.3 Reduktion mit Eisen(II)-Sulfat

Chrom(VI)-Verbindungen lassen sich bei einem pH-Wert von 10,0 auch mit Eisen(II)-Sulfat $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, einem grünen Salz, reduzieren. Hierbei bilden sich dreiwertiges Chrom und Eisenhydroxid. Ebenso können Abfälle, die Eisen(II)-Sulfat oder Eisen(II)-Chlorid in nennenswerter Konzentration enthalten, zur Reduktion eingesetzt werden.
Dieses Verfahren ist insbesonders nützlich, wenn Chlorüberschüsse abgebaut und gleichzeitig durch Chlorüberschüsse wieder reoxidierte Chrom(VI)-Verbindungen reduziert werden müssen.
Die Reduktion mit Eisen(II)-Verbindungen ist auch im neutralen und sauren Milieu möglich.

B1.4.1.4 Reduktion mit Natriumdithionit

Als weiteres Reduktionsmittel für Chromat hat sich Natriumdithionit $Na_2S_2O_4$ bei jedem pH-Wert bewährt. $Na_2S_2O_4$ besitzt 2 Reduktionsstufen:

$Na_2S_2O_4 \rightarrow Na_2SO_3 \rightarrow Na_2SO_4$

Bei pH-Werten über 3 kann nur die erste Stufe ausgenutzt werden. Erst unterhalb von pH 3 ist auch die zweite Stufe nutzbar. Die Reduktion mit $Na_2S_2O_4$ im alkalischen Bereich wird nur dann durchgeführt, wenn nur wenig sechswertiges Chrom ($\leq$ 100 mg Chromat/l) anwesend ist und dessen Reduktion im sauren Medium eine hohe Aufsalzung bedingen würde.

B1.4.1.5 Reduktion mit Natriumthiosulfat bzw. Fixierbädern

Auch thiosulfathältige Fixierbäder können zur Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen eingesetzt werden. Das Verfahren ist großtechnisch erprobt, der Reaktionsmechanismus allerdings noch unerforscht.

Die Reaktion wird in saurem Medium bei guter Durchmischung durchgeführt, um das Auftreten der Konkurrenzreaktion (saure Zersetzung von Thiosulfat zu Schwefel und Schwefeldioxid) zu minimieren. Überschüssiges Thiosulfat und das bei der Reaktion entstehende Tetrathionat sind biologisch leicht abbaubar.
Das Abwasser weist einen hohen CSB- und BSB-Wert auf. Weiters können organische Photochemikalien enthalten sein. Die Einleitung in eine öffentliche Kläranlage ist daher im Einzelfall zu prüfen.

B1.4.1.6 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Reduktion von Chrom(VI)-Verbindungen

Reduktion mit Natrium- oder Kaliumhydrogensulfit	
von Vorteil:	Gips wirkt als Filterhilfsmittel für die anschließende Abtrennung von Chromhydroxid
zu beachten:	
von Nachteil:	Aufsalzung des Abwassers, mehr feste Rückstände durch Bildung von Gips bei der anschließenden Neutralisation
Reduktion mit Schwefeldioxid	
von Vorteil:	geringere Aufsalzung des Abwassers mit SO_4^{2-} H_2SO_3 bringt einen Teil der benötigten Säure in die Reaktion ein.
zu beachten:	
von Nachteil:	Schwierige Handhabung des Reaktionsgases SO_2-Verluste können in das Abluftreinigungssystem gelangen; diese erfordern andere pH-Werte im Abluftwäscher als HCl
Reduktion mit *Eisen(II)-Sulfat*	
von Vorteil:	Einfache Regelung/Steuerung durch Messung des Redoxpotentials Chlorüberschüsse werden abgebaut und gleichzeitig reoxidierte Chrom(VI)-Verbindungen reduziert. Reduktion auch im alkalischen und neutralen Bereich. Die bei der Neutralisation entstehenden Stoffe $Fe(OH)_3$ und Gips wirken als Filterhilfsmittel für die Entwässerung der Chromhydroxidflocken.
zu beachten:	
von Nachteil:	Größere Rückstands-Masse durch $Fe(OH)_3$
Reduktion mit Natriumdithionit	
von Vorteil:	Reduktion auch im alkalischen Bereich.
zu beachten:	
von Nachteil:	$Na_2S_2O_4$ ist etwa fünfmal teurer als Natriumbisulfit. Eine wäßrige Natriumdithionitlösung ist nur für wenige Tage stabil, weil sie durch Luftsauerstoff oxidiert wird. Aufsalzung des Abwassers.

B1.4.2 Reduktion von Nitrit

Nitrit läßt sich mit Säureamiden behandeln, wobei Stickstoff und die dem Säureamid entsprechende Säure entstehen.
In der Praxis werden folgende Reagenzien verwendet:
*Amidoschwefelsäure (=Amidosulfonsäure) und *Harnstoff

B1.4.2.1 Reduktion mit Amidoschwefelsäure

Die Reaktion mit Amidoschwefelsäure verläuft bei pH < 4 und Raumtemperatur sehr schnell nach der Gleichung

$$NO_2^- + NH_2SO_3^- \rightarrow N_2 + SO_4^{2-} + H_2O$$

Reaktionszeit: Im Allgemeinen sind 15 Minuten ausreichend
Die Reaktion ist meßtechnisch nur sehr schwer verfolgbar. Deshalb wird sie nur in Chargenbehandlungsanlagen durchgeführt.
theoretischer Chemikalienverbrauch: 2,11 kg Amidoschwefelsäure/ kg Nitrit

B1.4.2.2 Reduktion mit Harnstoff

Mit Harnstoff reagieren Cyanide ebenfalls im schwach sauren Bereich, aber bei erhöhter Temperatur.

$2\ NO_2^- + NH_2CONH_2 \rightarrow 2\ N_2 + CO_2 + H_2O + 2OH^-$

Reaktionszeit: Im Normalfall sind 15 Minuten ausreichend
Der praktische Verbrauch an Chemikalien kann aufgrund der komplexen Abwasserzusammensetzung mehr als das Doppelte des theoretisch chemisch notwendigen Verbrauchs betragen.

B1.4.2.3 Vor- und Nachteile der Verfahren zur Reduktion von Nitrit

Reduktion mit Amidoschwefelsäure	
von Vorteil:	Keine Aufsalzung des Abwassers kurze Reaktionszeit
zu beachten:	
von Nachteil:	Reaktion schwer regelbar (Es wird aber gewöhnlich ohnehin im Chargenbetrieb reduziert.)
Reduktion mit Harnstoff	
von Vorteil:	Keine Aufsalzung des Abwassers kurze Reaktionszeit
zu beachten:	
von Nachteil:	erhöhte Temperatur erforderlich

B1.5 NEUTRALISATION/ FÄLLUNG

B1.5.1 Allgemeines

Mit der Neutralisation/Fällung werden Säuren, Basen, metallhaltige wäßrige Lösungen sowie fluorid-, phosphat-, sulfid- und sulfathältige Lösungen behandelt.
Ziel der Neutralisation ist es, durch die Zugabe von Säuren oder Basen den für die Ableitung der Lösung in ein Kanalisationssystem oder eine Abwasserbehandlungsanlage vorgeschriebenen pH-Wert zu erreichen (AAEV: pH 6,5-9,5; Wiener Kanalgrenzwertverordnung 1989: pH 6,5-10,5) und die als Hydroxid fällbaren Inhaltsstoffe abzutrennen. Ziel der Fällung ist ebenfalls primär das Erreichen von Abwasserstandards (derzeit AAEV), sekundär aber auch die Verwertung der ausgefällten Metallhydroxide (bei Pb, Cu und Ni).
Die externe Behandlung von flüssigen anorganischen Abfällen geschieht in der Praxis in Chargenanlagen, weil diese Abfälle nicht kontinuierlich anfallen, sehr unterschiedlich zusammengesetzt sind und weiters auch, weil die Konzentrationen im allgemeinen zu hoch für Durchlaufanlagen sind.

Allgemeine chemotechnische Hinweise:

Bei CPA-Anlagen überwiegen derzeit mengenmäßig Säuren gegenüber Basen unter den Abfällen. Somit werden mehr alkalische Hilfsstoffe benötigt, als saure Hilfsmittel. Um störende oder gefährliche Reaktionen zu vermeiden, wird eine nach Anionen getrennte Neutralisation empfohlen, und zwar:

- Salzsäure und salzsaure Lösungen
- Salpetersäure und salpetersaure Lösungen
- Schwefelsäure und schwefelsäure Lösungen
- Flußsäure (Fluorid-Fällung erforderlich)
- andere Säuren bzw. Anionen.

Konzentrierte oder beinahe konzentrierte Schwefelsäure darf bekanntlich nicht mit Wasser verdünnt werden („Zuerst Wasser - dann Säure"). Auch bei Einhaltung dieser wichtigen Regel ist die enorme Verdünnungswärme bei Schwefelsäure stets zu beachten. Zusätzlich wird bei der anschließenden Neutralisation Wärme frei.

Nach der Neutralisation/Fällung metallhältiger Abwässer ist stets ein mehr oder weniger starkes Absinken des pH-Wertes festzustellen, insbesondere wenn 2-wertiges Eisen anwesend ist. Im letzten Fall soll die Oxidation der Eisenverbindungen (Oxidationsmittel, Luft) während der Neutralisation bzw. während der Nachreaktionszeit vorgenommen werden. Die Behandlung mit Oxidationsmitteln verläuft sehr schnell, die Oxidation mit Luft kann je nach Eisenkonzentration sehr lange dauern (Erprobung im Einzelfall). Es ist zu bedenken, daß dabei vorhandene Chromverbindungen zu Chromat oxidiert werden können.

Sehr geringe Metallkonzentrationen oder zu kurze Reaktionszeiten können zu feindispersen bis kolloidalen Fällungen führen. Bei den Metallen Blei und Zinn ist dies auch bei mittleren Konzentrationen der Fall. Dann muß durch Zusatz von Eisen(III)-Salzen oder Aluminiumsalzen oder mit organischen Flockungsmitteln geflockt werden oder die Reaktionszeit muß verlängert werden. Beim Einsatz von Flockungshilfsmitteln darf das Abwasser danach keinen scherend wirkenden Mischern oder Pumpen ausgesetzt werden.

Sind die vorgeschriebenen Metallwerte durch eine einstufige Behandlung bzw. Neutralisation nicht erreichbar, dann ist eine Nachbehandlung mit spezifischen Fällungsmitteln (z.B. Sulfid, Organosulfide) oder z.B. mit selektiv arbeitenden Ionenaustauschern erforderlich.

Vorschläge für die erforderliche technische Ausstattung von Reaktions- und Nachreaktionstanks werden in Teil A, A 7.9 beschrieben.

Gegenseitige Neutralisation von Abfällen:

Aus Kostengründen und zur Vermeidung unnötiger Aufsalzungen werden saure und von störenden Komplexbildnern freie alkalische Halbkonzentrate, Regenerate und Konzentrate sowie Natronlauge aus Abfällen zur gegenseitigen Neutralisation genutzt. In diesem Fall muß der Säure- und Basengehalt (Titer) der Abfälle bekannt sein.

Störungen:

Sind Störungen durch freie oder emulgierte Fette und Öle zu erwarten, müssen diese vorher abgetrennt werden (siehe Kap. 10.1: Emulsionsspaltung). Weitere Störungen werden durch hohe Konzentrationen von Tensiden und Glanzbildnern hervorgerufen.

Die gleichzeitige Anwesenheit mehrere Metalle im Abwasser begünstigt die Fällung der schwieriger fällbaren Metalle, wenn deren Konzentration verhältnismäßig gering ist. Dieses Phänomän ist auch unter der Bezeichnung „Mitfällung" bekannt. Erhöhte Neutralsalzkonzentrationen bedingen erhöhte Restlöslichkeiten; dem kann in gewissen Grenzen durch Erhöhung des pH-Wertes entgegengewirkt werden.

Bei der Neutralisation/Fällung anfallende Feststoffe:

Bei Verwendung von NaOH oder $Ca(OH)_2$ fallen hauptsächlich schwerlösliche Metall-Hydroxide und/oder Gips, durch den Einsatz weiterer Fällungsmittel auch Sulfide, Organosulfide und/oder Carbonate an. Weiters entstehen bei der Ausfällung von Anionen Ca-Fluorid, Ca-Phosphat, Ca-hydroxiphosphat etc.

Die Abtrennung der ausgefällten Stoffe erfolgt durch Entwässerung, z.B. durch Filtration und Sedimentation/ Zentrifugierung.

Reststoffe im Abwasser:

Im Abwasser verbleiben Salze, ein Rest von nicht ausgefällten Schwermetallen, ggf. der Überschuß an zugesetzten, löslichen Hilfsstoffen und andere Substanzen, die durch Änderung des pH-Werts nicht ausgefällt werden können.

Abluft:

Bereits das Befüllen des Reaktionstanks kann zur Freisetzung von Dämpfen (z.B. HCl) und Aerosolen führen. Aerosole entstehen durch die Fallhöhen von ca. 1 bis 3 m, je nach Höhe der Reaktionstanks und zufließendem Volumenstrom („Pumpgeschwindigkeit") unterschiedlich stark. Spätestens bei der Befüllung muß das (zentrale) Abluftreinigungssystem daher in Betrieb sein.

Solange Salzsäure, Flußsäure und saure Lösungen, die Bromid, Chlorid oder Fluorid enthalten, noch nicht vollständig neutralisiert sind, kommt es auch durch die Temperaturerhöhung, die bei der Neutralisation eintritt, zur Freisetzung von Halogenwasserstoffverbindungen. Ebenso können unter Umständen organische, flüchtige Komponenten durch die Verdünnungs- und Reaktionswärme freigesetzt werden.

Bei der Neutralisation mit Kalksteinmehl entsteht CO_2, das aus arbeitsmedizinischen und sicherheitstechnischen Gründen ebenfalls abgeleitet werden muß. Gleichzeitig mit der CO_2-Bildung tritt eine intensive Aerosol-Freisetzung ein.
Bei der Planung der Abluftleitungen und der Abluftreinigungsanlage wird zu berücksichtigen sein, daß die Abluft große Mengen Wasserdampf und Aerosol-Tröpfchen enthält.

Reaktionskontrolle:

Die Zudosierung der Chemikalien wird automatisch geregelt oder händisch gesteuert (jeweils über Magnetventile oder Dosierpumpen). Pro Charge sollen kontinuierlich gemessen werden: pH-Wert, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit.

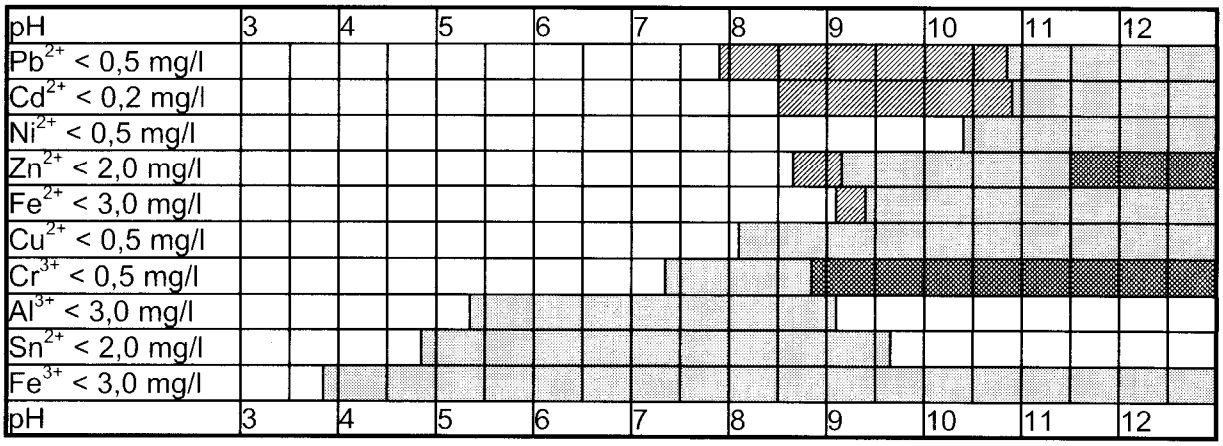
Für die Feineinstellung des pH-Wertes in Nachreaktionstanks wird eine automatische Regelung und Zudosierung von Natronlauge und Säure empfohlen.

B1.5.2 Fällung der Schwermetalle

B1.5.2.1 Fällung als Metallhydroxid

Tab. 1.4 zeigt jene pH-Wert-Bereiche, die bei Anwesenheit jeweils eines Metalles bei der Fällung mit Natronlauge, Soda oder Kalkmilch erreicht werden müssen. Durch Einsatz von Kalkmilch lassen sich amphotere Metalle (Zink, Chrom) auch bei höheren pH-Werten, durch Verwendung von Natronlauge mit Sodazuschlägen lassen sich stärker basische Hydroxide von Pb, Cd, Zn, Fe) auch bei tieferen pH-Werten fällen.

Tab. 1.4: Fällungs-pH-Bereiche der wichtigsten Metalle /nach ATV, 1991/



Die Löslichkeit bei Fällung mit NaOH liegt unterhalb der Anforderungen

Erweiterung der Fällungsbereiche bei Verwendung von Kalkmilch

Erweiterung der Fällungsbereiche bei Verwendung von Soda

Die Tabelle 1.4 gilt nur für Lösungen, die keine Komplexbildner, und nur sehr geringe Ammonium-Mengen enthalten (Beispiel: ab ca. pH=8 wirkt NH_3 als Komplexbildner für Cu, die Fällung ist dann unvollständig, es bleiben einige mg Cu oder auch mehr in Lösung).
Für jedes Metall gibt es einen optimalen Fällungs-pH-Wert, bei dem die Löslichkeit am kleinsten ist. Für die in anorganischen Abfällen oft vorliegenden Mischungen aus zahlreichen

Schwermetallen liegt der geeignetste pH-Wert für die Fällung im Bereich zwischen pH=7.5 und pH=10.
Da einige Metalle bei höheren pH-Werten wieder in Lösung gehen (Al, Cr, Zn), muß in ungünstigen Fällen, d.h. wenn die Fällungs-pH-Werte der verschiedenen Metalle weit auseinander liegen, mehrstufig gefällt werden bzw. eine (Organo-)Sulfidfällung nachgeschaltet werden.

B1.5.2.2 Fällung als Metallsulfid

Nicht immer lassen sich die Abwasseremissionsgrenzwerte für Metalle durch die Neutralisation/Fällung mit Hydroxiden einhalten. Dann muß die Fällung mit Natriumsulfid oder Organosulfiden, z.B. bei pH 7-8 durchgeführt werden, weil die Metallsulfide - ausgenommen das Zinnsulfid - erheblich schwerer löslich sind als die Hydroxide.

Fällungsreagentien:
Man verwendet zur Ausfällung Natriumsulfid Na_2S, Gemische aus Na_2S und Na_2Sx oder Organosulfide (die noch schwerer lösliche Niederschläge bilden), bekannt unter den Handelsnamen Plexon, Lugalvan SC 9532, TMT 15, Sedigant C, Optifloc TC, Oxon etc..
Den für eine umfassende Fällung notwendigen Sulfidüberschuß beseitigt man durch Zugabe von Eisen-III-chlorid oder Wasserstoffperoxid.

Reaktionskontrolle:
Dem zu behandelnden Abwasser werden die Sulfide in Abhängigkeit von der Metallkonzentration zudosiert. Die erforderliche Menge kann mittels geeigneter Elektroden, Meßverstärkern und Dosierpumpen oder Magnetventilen automatisch geregelt werden. Voraussetzung ist, daß bei dieser Behandlungsstufe der pH-Wert auf einer Differenz von +0,2 konstant gehalten wird. Ein Sulfidüberschuß kann mit Eisen-III-Chlorid oder Wasserstoffperoxid beseitigt werden.

Flockung mit Eisensalzen:
Metallsulfide können aufgrund verschiedener Einflüsse zeitweise sehr feindispers anfallen, sodaß eine Flockung mit Eisensalzen stets vorgesehen werden sollte.
Der Einsatz von Flockungshilfsmitteln (mit kationischen Gruppen, wenn die Sulfideigenschaften überwiegen, bzw. anionischen, wenn die Hydroxideigenschaften überwiegen) beschleunigt die anschließende Entwässerung bzw. Feststoffabtrennung.

Einschränkungen der Anwendung:
Die Sulfidfällung ist in folgenden Fällen weniger gut geeignet:
- bei Cd verläuft die Fällung verzögert,
- MnS ist gut wasserlöslich,
- die Fällung von As(V) ist problematisch und
- harte Komplexe wie z.B. von Ni oder Zn und EDTA oder NTA sind mit Sulfiden bzw. Organosulfiden teilweise nicht fällbar

Die Zusammensetzung einiger kommerzieller Fällungsmittel, die zur Nachbehandlung eingesetzt werden, konnte nicht eruiert werden; die Eignung der Fällungsmittel ist in diesem Fall durch Vorversuche zu überprüfen.

Tab. 1.5: Gegenüberstellung der Löslichkeitsprodukte von Metallhydroxiden und Sulfiden. /nach ATV, 1991/

Metall	Hydroxid		Sulfid	
	Formel	Löslichkeitsprodukt	Formel	Löslichkeitsprodukt
Aluminium	$Al(OH)_3$*)	$2 \cdot 10^{-32}$	-	-
Blei	$Pb(OH)_2$*)	10^{-7} bis 10^{-13}	PbS	$3 \cdot 10^{-28}$
Cadmium	$Cd(OH)_2$*)	$1{,}3 \cdot 10^{-14}$	CdS	$5{,}1 \cdot 10^{-29}$
Chrom	$Cr(OH)_3$*)	$3 \cdot 10^{-28}$	-	-
Eisen(II)	$Fe(OH)_2$*)	$2 \cdot 10^{-15}$	FeS	$3{,}7 \cdot 10^{-19}$
Eisen(III)	$Fe(OH)_3$*)	$8{,}7 \cdot 10^{-38}$	-	-
Kupfer	$Cu(OH)_2$*)	$2 \cdot 10^{-19}$	CuS	$8 \cdot 10^{-45}$
Nickel	$Ni(OH)_2$*)	$5{,}8 \cdot 10^{-15}$	NiS**)	$1 \cdot 10^{-26}$
Silber	AgOH	$1{,}24 \cdot 10^{-8}$	Ag_2S	$1{,}6 \cdot 10^{-49}$
Zink	$Zn(OH)_2$*)	$4 \cdot 10^{-17}$	ZnS**)	$6{,}9 \cdot 10^{-26}$
Zinn(II)	$Sn(OH)_2$*)	$6 \cdot 10^{-25}$	SnS	ca. 10^{-20}
Zinn(IV)	$Sn(OH)_4$	$1 \cdot 10^{-56}$	-	-

*) Es wurden in der Tabelle die bei Abwasserverhältnissen ermittelten Löslichkeitsprodukte, soweit ermittelt, angegeben.
**) Werte für die jeweils schwerlöslichere Modifikation, bei mehreren Modifikationen.

B1.5.2.3 Fällung mit weiteren Fällungsmitteln

Die Fällung mit Carbonaten, Phosphaten und Sulfaten kann aufgrund der Zusammensetzung der Abfälle (viele verschiedene Schwermetalle, Zusammensetzung nicht genau bekannt) in der Praxis nicht eingesetzt werden. Die Löslichkeitsprodukte der Metallcarbonate, -phosphate und -sulfate sind fast immer bedeutend größer als jene der Metallhydroxide und -sulfide; manche dieser Verbindungen sind sogar leicht in Wasser löslich. Deshalb könnten die gesetzich vorgeschriebenen Grenzwerte durch Verwendung dieser Fällungsmittel nicht eingehalten werden (Ausnahme: Barium, Fällung als Bariumsulfat).
Der Einsatz von Kalksteinmehl zur Vor-Neutralisierung (im stark sauren Bereich) von Metallsalzlösungen, die einen Überschuß an starken Säuren beinhalten, wird durch diese Aussage nicht berührt. Der Einsatz von Soda zur Neutralisation und Fällung kann sinnvoll sein, da einige Schwermetalle (Cd, Pb) damit im pH-Bereich von ca. pH=8 bis ca. pH=10 geringere Löslichkeiten aufweisen (siehe *Tab. 1.4*).

Tab. 1.6: Fällungsreagenzien

Basische Reagentien	**Fällung von:**	**Bemerkungen**
Natronlauge Filterhilfsmittel: z.B. Fe-Salze, Polyacrylate	Metalle	kein zusätzlicher Schlammanfall, einfache Handhabung, stark ätzend
Kalkmilch oder Kalk (CaO) Filterhilfsmittel: z.B. Fe-Salze, Polyacrylate	Metalle, Fluoride, Sulfate, Phosphate	erhöhter Schlammanfall Erweiterter Fällungsbereich
Soda oder sodahältige Natronlauge	Metalle	Erweiterter Fällungsbereich bei Pb und Cd
Natriumsulfid	Metalle, auch komplex gebunden x)	Erhöhung des Sulfidgehaltes im Abwasser
Organosulfide	Metalle, auch komplex gebunden x)	
Eisen(III)-Salze oder Aluminiumsalze	Phosphate	um Eisen- bzw. Al-hydroxid erhöhter Schlammanfall
Saure Reagentien	**Bemerkungen**	
Schwefelsäure	hohe Hydratationswärme, stark ätzend	
Salzsäure	Korrosionsgefahr, stark ätzend	
Kohlendioxid	wird nur in Einzelfällen eingesetzt	

x) mit Ausnahme einiger stabiler Komplexe.

B1.5.2.4 Vor- und Nachteile der Verfahren

Fällung als Metallhydroxid	
von Vorteil:	Standardverfahren. Behandlungserfolg gut abschätzbar. Geringe Chemikalien-Kosten, insbesonders bei der Vor-Neutralisierung von Säuren mit Kalksteinmehl. In einigen Fällen steht Natronlauge aus Abfällen zur Verfügung.
zu beachten:	Ausreichende Reaktionszeit wichtig für Vollständigkeit der Reaktion und die Absetzbarkeit der Flocken. Neutralisationswärme führt zur Erwärmung.
von Nachteil:	Aufsalzung des Abwassers Erhöhte Schlammbildung durch Zugabe von Reagenzien; Ausnahme: NaOH
Fällung als Sulfid / Organosulfid	
von Vorteil:	die Metallsulfide sind - mit Ausnahme des Zinnsulfides - erheblich schwerer löslich sind als die Hydroxide
zu beachten:	Ein Fällungsmittel-Überschuß muß aus dem Abwasser entfernt werden.
von Nachteil:	Höhere Chemikalien-Kosten, daher nur für Metall-Restkonzentrationen einsetzbar. Teilweise toxische Chemikalien. Die Sulfidfällung ist ferner in folgenden Fällen weniger gut geeignet: bei Cd verläuft die Fällung verzögert, MnS ist gut wasserlöslich, die Fällung von As(V) ist problematisch und harte Komplexe wie z.B. von Ni oder Zn und EDTA oder NTA sind mit Sulfiden nicht fällbar.

B1.5.3 Fällung anionischer Abwasserinhaltsstoffe

B1.5.3.1 Fällung des Fluorids /nach ATV, 1991 und Hartinger, 1994]

Die Fällung des freien Fluorids erfolgt mit Calciumverbindungen, in der Regel mit Kalkmilch in Verbindung mit der Neutralisation. Dabei ist zu beachten, daß die Fluoridfällung nur dann erfolgreich ist, wenn pro Äquivalent Fluorid auch ein Äquivalent Säure vorhanden ist. Andernfalls müssen zusätzliche Calciumionen in Form löslicher Calciumverbindungen zudosiert werden.

Löslichkeit bei 18°C: 15 mg/l CaF_2 = 7,3 mg/l F^- / D'Ans Lax /
Löslichkeit bei 25°C: 16 mg/l CaF_2= 8,0 mg/l F^- / A. Findlay /

Diese theoretische Löslichkeit von etwa 8 mg/l wird in der Praxis ohne Überschuß von Fällungsreagentien nicht erreicht. Die Ursache liegt darin, daß Alkalien, wie Natrium, Kalium, Ammonium, die Löslichkeit des CaF_2 erheblich erhöhen. Die Fällung gelingt bei einem Ca-Überschuß in der Lösung in der Regel bis auf ca. 10 mg/l F^-, wenn keine komplexe Einbindung des Fluorids vorliegt.

Die Fällung von Fluorid aus Lösungen, die Hexafluoroaluminat (AlF_6^{---}) enthalten, wird dadurch erschwert, daß aus dem bereits behandelten Abwasser wieder Fluorid freigesetzt werden kann. Es kann dann vorkommen, daß der Emissionsgrenzwert von 20 mg/l zwar unmittelbar nach der Fällung (mit Ca-Ionen) eingehalten wird, nicht jedoch bei der automatischen Probenahme im Abwasserschacht. Tetrafluoroborat (BF_4^-) und Hexafluorosilikat (SiF_6^{--}) sind stabile Anionen, deren Fluoridanteil nicht oder erschwert fällbar ist.

Geringe Mengen Eisen(III)-chlorid, die vor der Neutralisation bei pH-Werten unter 3 zudosiert werden, erniedrigen die Löslichkeit der Fluoride.
Für die Ausbildung gut sedimentierbarer und filtrierbarer Schlämme ist eine Reaktionszeit von mindestens 0,5 bis 1 h erforderlich.

B1.5.3.2 Fällung des Sulfats /nach ATV, 1991/

Sulfat wird wegen betonaggressive Eigenschaften bei der Indirekteinleitung limitiert. Bei seiner Fällung als Calciumsulfat bei Neutralisation mit Kalkmilch bestehen bezüglich der anwesenden freien Säure die gleichen Bedingungen wie beim Fluorid.
Im günstigsten Fall lassen sich bei der Fällung mit Kalkmilch oder $CaCl_2$ in Abhängigkeit von der Neutralsalzkonzentration um 1400 mg/l SO_4 erreichen. Eine Abhängigkeit vom pH-Wert ist bei der Fällung zwischen pH 6 und 11 kaum feststellbar.

Löslichkeit bei 18°C: 1990 mg/l $CaSO_4$ = rund 1400 mg/l SO_4

Es gelingt jedoch in einer zweistufigen Neutralisationsfällung mit jeweiliger Feststoffabtrennung Sulfat auf unter 400 mg/l auszufällen. In der ersten Stufe wird das Sulfat als Calciumsulfat wie üblich, in der zweiten als sehr schwerlöslicher *Ettringit* - das ist die gleiche Verbindung wie das Korrosionsprodukt des Betons, ausgefällt. Der Einsatz des Verfahrens bedarf der Abwägung zwischen geringer Sulfatkonzentration einerseits und erhöhter Abfallmenge bzw. erhöhter Aufsalzung (pH-Wert über 11) andererseits. Es ist zur Zeit kein allgemein anerkanntes Verfahren. Vor dem Einsatz dieser Behandlungsmethode wird zu prüfen sein, wie stark betonkorrosiv der Ablauf aus der Fällung mit Kalkmilch tatsächlich ist.

Die Abfallverwertungs- und Rohstoffwiedergewinnungs GmbH in Wien verwendet zur Neutralisation von Schwefelsäure Kalkmilch, wodurch ein Sulfatgehalt von ca. 1600 mg/l erreicht

wird, und und verringert in einer zweiten Stufe die Sulfatkonzentration durch Zugabe von $BaCl_2$ auf unter 400 mg/l. Der Nachteil dieses Verfahrens ist die Emission von Barium ins Abwasser; der Grenzwert für Barium liegt laut AAEV derzeit bei 5 mg/l. Bariumchlorid unterliegt außerdem der österreichischen Gift-Verordnung.

B1.5.3.3 Fällung des Phosphats /nach ATV, 1991/

Die Elimination des Phosphats ist wegen der Eutrophierungsgefahr bei der Direkteinleitung wichtig. Für Indirekteinleiter sind höhere Konzentrationen an Phosphat nicht kritisch, weil es in der kommunalen Abwasseranlage gefällt wird.
Bei Anwesenheit von genügend Metallionen fallen schwerlösliche basische Phosphate (2wertige Metalle) und Metallphosphate (3wertige Metalle) aus. Sonst setzt man Metallionen in Form von Eisen- oder Aluminiumsalzen zu.
Es lassen sich stets Löslichkeiten von unter 2 mg/l P erreichen. Das gelingt auch bei der Fällung des Phosphats bei pH-Werten über 10 mit Kalkmilch als Hydroxoapatit.

B1.5.4 Fällung der Metalle aus komplexbildnerhaltigen Abwässern

Komplexbildner im Abwasser erschweren bzw. verhindern die Fällung von Metallen. Ein wichtiger Komplexbildner in der Oberflächentechnik ist das Cyanid. Es hält Metalle in alkalischen Elektrolyten in Lösung. Sie sind nach der Entgiftung aber fällbar (siehe B1.3.2: Oxidation von Cyaniden).

Tab. 1.7 zeigt Komplexbildner, die häufig bei der Metallver- und Metallbearbeitung verwendet werden und ihre hauptsächlichen Anwendungsbereiche.

Tab. 1.7: Häufig verwendete Komplexbildner in der Metallver- und Metallbearbeitung

Komplexbildner	Anwendungsbereich, Herkunft
Polyphosphate	Zur Teilereinigung, Entfettung, Enthärtung
Ammonium	Bildung bei der Cyanidoxidation, alkalische Kupferätze in der Leiterplattenherstellung, Glanzbäder mit NH_4HF_2
Natriumgluconat, Heptonat, Sorbit, Polyoxicarbonsäuren	Teilereinigung, Entfettung zur Stabilisierung der Wasserhärte
Lactat, Milchsäure, Weinsäure, Zitronensäure, Äpfelsäure	Stromlose Metallbäder, Leiterplattenherstellung, Stabilisierung der Wasserhärte
Amine, Mono-, Di-, Triethanolamine	Kühlschmierstoffe, Korrosionsschutz
Ethylendiamin, NTA, Nitrilotriacetat	Entmetallisierung, Stabilisierung der Wasserhärte
Phosphonsäuren	Stabilisierung der Wasserhärte
EDTA HEDTA	Stromlose Metallbäder, z.B. Kupfer

Die Stabilität der Komplexe nimmt von den Polyphosphaten zum EDTA hin zu, was gleichbedeutend mit einem Anstieg der Behandlungskosten ist. Zur Kosteneinsparung für die Abfallerzeuger ist daher eine Prüfung erforderlich, ob auf Komplexe nicht verzichtet werden kann.
Nur bei wenigen komplexbildnerhältigen Abfällen kann durch eine Hydroxid- bzw. Carbonatfällung der Großteil der enthaltenen Schwermetalle ausgefällt werden. Danach kann der entstandene Dünnschlamm entwässert, und die dabei anfallende wäßrige Phase mit Sulfid oder Organosulfid nachbehandelt werden. Diese „zweistufige Fällung" erfordert eine sorgfältige

Einstellung der pH-Werte und eine gegenüber den Rest-Metallkonzentrationen korrosionsfeste Ausführung der Entwässerungseinrichtungen. Als zweite Behandlungsstufe kann auch ein Selektivionenaustauscher eingesetzt werden.

Alternative Verfahren:
Direkte, einstufige Ausfällung der gelösten Metalle mit Sulfid oder Organosulfid (siehe auch Kap. B1.5.2: Fällung der Schwermetalle), unter Einsatz von Filterhilfsmitteln.
Selektivionenaustauscher für kationische Komplexe
Oxidation, z.B. mit Ozon, H_2O_2 und UV-Strahlung, anodische Oxidation
Naßoxidation
Elektrolyse Cu-hältiger Abwässer aus der Leiterplattenfertigung
Destillation ammoniakalischer Abwässer
Alkalische Spaltung von Pyrophosphat
Vakuum-Eindampfung und anschließende Verbrennung
Welches Verfahren bevorzugt angewendet werden soll, hängt von der Art der mehr als 150 in der Praxis vorkommenden Metallkomplexkombinationen ab.
Mangelhafte Kenntis oder fehlende Deklaration der Zusammensetzung kann besonders bei komplexbildnerhältigen Abfällen trotz gezielter Behandlungsverfahren zu Grenzwertüberschreitungen führen. Abhilfe bringt in diesen Fällen nur eine gewissenhafte Prüfung der Arbeitsstoffe, verbunden mit einer verbindlichen Auskunft der Produkthersteller, welche Komplexe enthalten sind. Durch Kooperation des Produktherstellers, des Anlagenbetreibers und des Behandlungsanlagenherstellers lassen sich Unsicherheiten in der Regel beseitigen. Unsicherheiten ergeben sich dann immer noch aus der nicht genau abschätzbaren Veränderung der organischen Substanz von Galvanikbädern während der Elektrolyse (teilweise anodische Oxidation, elektrolytisch induzierte Umlagerungsreaktionen etc.).

Als Entscheidungshilfe soll die folgende Übersicht (Tabelle 1.8) zeigen, welche Behandlungsverfahren sich in der Praxis bewährt haben. Sie entbindet den Anwender nicht, im einzelnen Anwendungsfall eigene Untersuchungen durchzuführen. Die Angaben beziehen sich auf die Chargenbehandlung. /nach Hartinger, 1994/

Tab. 1.8: Einstufung einiger Methoden zur Behandlung von Metallkomplexen

Metalle / Metallionen	Komplex-bildner	Sulfid und Organosulfid	Selektiv- a) austauscher	Ozon oder H_2O_2 / UV	anodische Oxidation
Cu	EDTA	+	-	+	+
	NTA	+	-	+	+
	Citrat	+	O	+	O
	Gluconat	+	+	+	O
Ni	EDTA	-	-	+	+
	NTA	-	-	+	+
	Citrat	-	-	+	O
	Gluconat	+	+	+	O
Zn	EDTA	-	-	+	+
	NTA	-	-	+	+
	Citrat	+	-	+	O
	Gluconat	+	O	+	O
Fe^{3+}	EDTA	-	-	+	O
	NTA	-	-	+	O
	Citrat	+	O	+	O
	Gluconat	+	O	+	O

behandelbar +
nicht behandelbar - unbekannt bzw. im Einzelfall zu prüfen O
a) siehe auch folgender Abschnitt

B1.6 SELEKTIVIONENAUSTAUSCHER

Restmengen von Schwermetallionen im Abwasser in der Größenordnung von wenigen mg/l lassen sich durch Nachschaltung eines selektiv arbeitenden Ionenaustauschers entfernen. Dabei liegen Metallionen entweder als Kationen oder als kationische Metallkomplexe vor. Im letzteren Fall sind die Komplexbildner z.T. selbst kationisch, sodaß sie ebenfalls vom Selektivionenaustauscher absorbiert werden können.
Der Erfolg der Schwermetallentfernung bei der Schlußfiltration durch Selektivionenaustauschharze hängt sehr stark von der Beschaffenheit und Zusammensetzung des Zulaufenden Abwassers ab.
Der Abwasserzulauf muß folgenden Bedingungen genügen:

- pH-Wert meistens im Berich von 5 - 9,
- klar filtriert (keine Suspension oder Emulsion) und
- frei von stärkeren Oxidationsmitteln und Wasserhärtern (letztere gilt nur für das Harz mit Carboxylgruppen).

In Anwesenheit von Tartrat und Gluconat lassen sich die Metalle mit selektiv arbeitenden Ionenaustauschern auch entfernen, wenn der Zulauf-pH-Wert bei 5 - 7 gehalten wird, wobei die Komplexbildner im Ablauf verbleiben und nicht im Regenerat anfallen.
Normalerweise lassen sich gelöste Metalle durch Selektivionenaustauscher auf unter 0,5 mg/l entfernen, doch ist dies nicht in allen Fällen gesichert. In einigen Fällen ist nur eine teilweise Metallentfernung im Ionenaustauscher möglich. Es gibt auch Abwasser bzw. Abfälle, bei denen die Elimination gar nicht möglich ist, z.B. wenn der Zulauf starke anionische Komplexe, wie die der EDTA und NTA, enthält. Es sind daher vorher Versuche mit dem betreffenden Abwasser durchzuführen, um die optimalen Prozeßparameter festzulegen.
Die Selektivionenaustauscher, die bei der Nachbehandlung von Abwässern als Schlußfilter eingesetzt werden, sind vorwiegend Kationenaustauscher.

Man unterscheidet folgende Typen:
Schwachsaure Kationenaustauscher mit austauschbaren Carboxylgruppen (-COOH) auf Polyacrylatbasis: gut gegen Oxidationsmittel beständig, temperaturbeständig bis 100°C
Typische Affinitätsreihe:
$H^+ > Cu^{2+} > Pb^{2+} > Fe^{2+} > Zn^{2+} > Ni^{2+} > Cd^{2+} > Ca^{2+} > Mg^{2+} > NH_4^+ > K^+ > Na^+$
Bei der Schlußreinigung als Selektivaustauscher wurden sie verdrängt von:
Schwachsaure Kationenaustauscher mit Iminodiacetat-Gruppen auf Polystyrolbasis haben zwar nicht die hohe Kapazität wie die oben beschriebenen, aber eine erheblich verbesserte Selektivität. Sie vermögen zweiwertige Metallionen auch in Gegenwart von Calciumionen, z.B. aus Abwasser, das mit Kalkmilch neutralisiert wurde, zu binden.
Typische Affinitätsreihe:
$Cu^{2+} > Pb^{2+} > Ni^{2+} > Co^{2+} > Zn^{2+} > Cd^{2+} > Fe^{2+} > Ca^{2+} > Na^+$
Kationenaustauscher mit Aminophosphonsäuregruppen zur Schwermetallentfernung aus Abwässern und Prozeßlösungen
Kationenaustauscher mit Thioharnstoffgruppen zur Entfernung von Quecksilber aus Abwässern sowie zur Rückgewinnung der Edelmetalle Pt, Pd, Rh, Ir, Au und Ag aus Spülwässern sowie Prozeßlösungen
makroporöses Kunstharz auf Basis von vernetztem Polystyrol, das Di-2-Ethylhexylphosphat (D2-EHPA) enthält, zur Extraktion bestimmter Metallionen aus saurer bis neutraler Lösung, z.B. zur Entfernung von Zinkverunreinigungen aus sauren Nickelbädern.

B2 EMULSIONSSPALTUNG

B2.1 EINLEITUNG

In Österreich werden im Jahr etwa 1900 t Kühlschmierstoffextrakt von Mineralölfirmen und der chemischen Industrie abgesetzt, woraus sich eine Menge an Kühlschmierstoffemulsionen in der Größenordnung von 40.000 t ergibt. Diese Emulsionen sind nach Ihrer Verwendung dermaßen zu behandeln, daß vor allem das ihnen anhaftende Wassergefährdungspotential minimiert wird. Da mehr als die Hälfte dieser Emulsionen betriebsintern behandelt wird, wird auf prinzipielle Möglichkeiten der Emulsionsspaltung eingegangen und nicht nur die Behandlung durch externe Abfallbehandler diskutiert. Die nachfolgend beschriebenen Verfahren sind geeignet, sowohl extern wie intern angewendet zu werden, wobei die Optimierung für den externen Abfallbehandler schwieriger ist, da verschiedenst zusammengesetzte Emulsionen angeliefert werden. In jüngster Zeit werden weiters verstärkt schwer spaltbare Emulsionen in Verkehr gebracht, sodaß die Behandlung erschwert wird.
Ziel der Behandlung sollte es sein, Öl- und Wasserphase weitgehend zu trennen, sodaß im Idealfall ein sauberes Abwasser und eine konzentrierte Ölphase erhalten werden.

Kriterien für die Auswahl des geeigneten Verfahrens können sein /nach Schmidt, 1993/:

- Chemikalieneinsatz; Lagerung
- Chemikalienkosten
- Investitionsaufwand; Platzbedarf
- Durchlauf/Chargenanlage
- Wartung/Unterhalt
- Behandlungszeit/Standzeit
- Nachbehandlung des Abwassers (CSB), Kosten
- Energie
- Entsorgungskosten der Reststoffe
- Abwasserabgaben
- Aufkonzentrierungsgrad
- Sicherheit des Entsorgungsweges
- Erfüllung von neuen Auflagen, mittelfristig
- Sicherheit von Grenzwerteinhaltung
- Aufsalzung des Abwassers

In der Praxis hat sich gezeigt, daß mit herkömmlichen, und vorallem einstufig betriebenen Verfahren und - anlagen nicht alle abwasserrelevanten Stoffe im Spaltwasser einzuhalten sind. D.h. je nach Anforderung an das Abwasser sind mehrstufige Verfahren zu wählen.
Z.B. kann man die Kombination Spaltung mit organischen Spaltern und Ultrafiltration wählen, wenn im Spaltwasser der Kohlenwasserstoffgehalt weiter gesenkt werden soll.
Eine Umkehrosmose kann nachgeschaltet werden, um Schwermetalle zu eliminieren und den CSB weitgehend zu reduzieren. Gleiches gilt für die Kombination mit der Verdampfung.
Eine Vorspaltung mit organischen Spaltern und Nachbehandlung über Fällung und Flockung kann man z.B. bei überhöhten Schwermetallgehalten im Spaltwasser wählen, wenn bereits eine solche Anlage für die Aufbereitung schwermetallbelasteter Abwasserteilströme betrieben wird, z.B. auch Fällung komplexgebundener Schwermetalle mit Organo-S-Verbindungen /Spei, 1993/.
Besondere Aufmerksamkeit sollte der Betreiber einer Emulsionspaltanlage den nach der Spaltung zur Entsorgung anstehenden Restmengen schenken.
Jedenfalls werden in Zukunft nur diejenigen Verfahren den Stand der Technik repräsentieren, die den Belangen der Wasserreinhaltung und der Abfallverwertung gleichermaßen

Rechnung tragen, d.h. Verfahren, die weitgehend abwasserminimiert arbeiten und bei denen die Ölphase in einer verwertbaren Form gewonnen wird.

B2.2 ZUSAMMENSETZUNG VON EMULSIONEN

Kühlschmierstoffemulsionen werden durch Verdünnung von Emulsionskonzentraten mit Wasser im Betrieb angesetzt.

Bestandteile (neben Mineralöl und Wasser) von Emulsionskonzentraten:

- **Emulgatoren** sind grenzflächenaktive Stoffe, die die Dispersion der Öltröpfchen in Wasser ermöglichen. Ihre Wirkung beruht auf ihrem ambiphilen Charakter, indem sie sich mit ihrem lipophilen Teil an die Öltröpfchen anlagern und mit der elektrischen Ladung an dem hydrophilen Ende abstoßende Kräfte zwischen den separaten Öltropfen induzieren. Es handelt sich in der Regel um anionenaktive Emulgatoren wie Salze von Sulfon-, Carbon- und Amidocarbonsäureestern sowie Phosphorsäureestern.
  Stark zugenommen hat auch die zusätzliche Verwendung nichtionogener Emulgatoren, wie sie zum Beispiel durch Anlagerung von Ethylen- und Propylenoxid an Alkohole, Phenole, Carbonsäuren, Amine oder Amide hergestellt werden. Sie sind mehr oder weniger wasserlöslich und bilden einen stabilen Film um die dispergierten Öltropfen, der damit ein Koagulieren verhindert. Als Zwischenträgerstoffe für nicht öllösliche Komponenten werden mehrwertige Alkohole als Lösungsvermittler zugesetzt /Lehmann, 1994/.
- **Hochdruckzusätze (EP-Additive)**: dienen dem Verschleißschutz für schwere Zerspanvorgänge, hiezu werden Phosphor-, Schwefel- und vereinzelt Chlorverbindungen eingesetzt (Chlorparaffine bei einigen schweren Zerspan- und Umformoperationen) /IPA 1993/.
- **Korrosionsinhibitoren** dienen zum Schutz vor elektrochemischer Korrosion durch Filmbildung auf der Metalloberfläche. Hiezu zählt man Alkali- und Alkanolaminsalze von organischen Säuren, Sulfonate, Amine, organische Borverbindungen /IPA 1993/.
- **Stabilisatoren, Lösungsvermittler und Antischaummittel** ermöglichen eine dauerhafte Stabilisierung des Konzentrates, verbessern die Öllöslichkeit und unterdrücken unerwünschte Schaumbildung. Gebräuchlich sind Alkohole und Glykole sowie leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe /Lehmann 1994/.
- **Antioxidantien** erhöhen die Alterungsbeständigkeit des Öls durch Unterbindung natürlicher Oxidationsvorgänge. Zu diesem Zweck finden vorwiegend organische Sulfide, Zinkdithiophosphate und aromatische Amine Verwendung /IPA 1993/.
- **Biozide** haben die Aufgabe, wassergemischte Kühlschmierstoffe gegen Keimbefall zu schützen. Aus arbeitsmedizinischen Gründen sind ihrem Einsatz Grenzen gesetzt. Formaldehyd-Abspalter haben sich als Breitbandbiozid bewährt und lassen sich gut dosieren /IPA 1993/.
- Weiters können **Komplexbildner** (z.B. EDTA) in den Konzentraten enthalten sein /ATV M765, Blatt 5, 1989/.

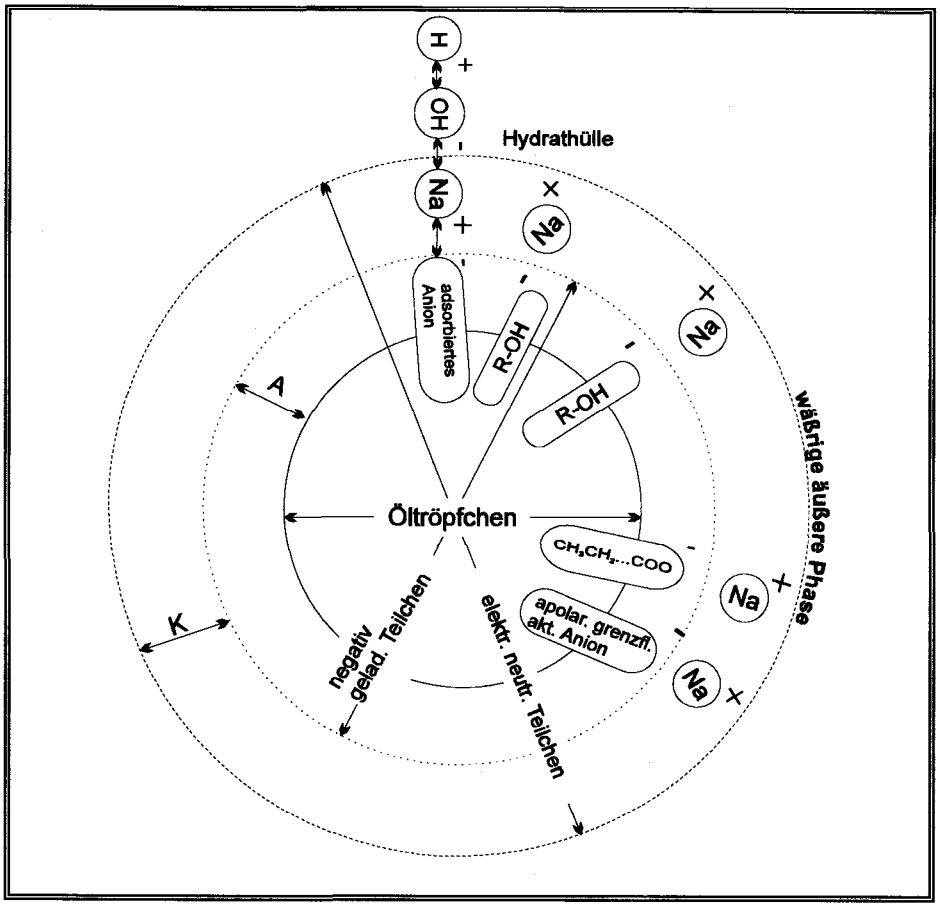


Abb. 2.1: Stabilisation einer Emulsion durch Ladungsträger (Emulgatoren)

Während des Einsatzes unterliegt jeder Kühlschmierstoff einer ständigen Alterung, d.h. seine Eigenschaften verändern sich, und der Gebrauchswert wird vermindert. Neben der Beanspruchung durch den Bearbeitungsvorgang (vorwiegend thermisch und mechanisch) wirken sich insbesondere eingeschleppte Fremstoffe, wie Fremdöle, Feststoffe und aus der Luft aufgenommene Schadstoffe negativ auf die Gebrauchsseigenschaften der Kühlschmierstoffe aus. Als Kriterium für die Verwerfung einer Kühlschmierstoffemulsion gilt jedoch nicht nur, ob sie noch ihren eigentlichen Zweck, nämlich die Kühlung und Schmierung erfüllt, sondern auch der Aspekt der Arbeitshygiene darf nicht vernachlässigt werden.

Der Austausch einer Kühlschmierstoffemulsion ist somit erforderlich wenn /IPA 1993/:

- das erforderliche Bearbeitungsergebnis (Oberflächengüte, Werkzeugstandzeit, Genauigkeit) nicht mehr erreicht wird
- Inhaltsstoffe (Konzentration, Additive) abgenommen haben und ein "Nachschärfen" nicht mehr möglich ist
- bei mikrobieller Zersetzung
- die Schadstoffbelastung im Kühlschmierstoff (Nitrit, Metall-Ionen, Keime, Fremdöl usw.) zu hoch ist

Tab. 2.1: Übersicht der qualitativen Zusammensetzung von Emulsionen, die einem externen Behandler übergeben werden /Lubberger, 1994/

Bestandteile von Kühlschmieremulsionsgemischen (gebraucht)	
Lecköle/sonstige Fremdöle	Co-Emulgatoren
emulgierte Mineralöle (Anteil ca. 3-10%)	Korrosionsinhibitoren
Metallabrieb, Schleifmittelrückstände	Oxidationsinhibitoren, Radikalfänger (z.B. org. Sulfide, aromatische Amine)
Schmutzpartikel	Entschäumer (z.B. Polyalkohole)
Lösungsmittel, halogenhaltig/halogenfrei*	Hochdruckzusätze (z.B. Chlorparaffine)
Anionentenside	Metallsalze
Niotenside	
Emulgatoren, anionisch/nichtionisch	

* Die Lösungsmittel stammen teilweise aus Entfettungsvorgängen

Nach Angaben von Betreibern von CP-Anlagen sowie nach ATV M 756, Blatt 5 (1989) können gebrauchte Emulsionen auch Nitrite und Phenole enthalten.

Tab. 2.2: Bandbreite von Analysenergebnissen der Eingangskontrolle externer Altemulsionen /Lubberger, Vortrag, 1994/

pH	8,0 - 9,5
Leitfähigkeit	5.000 - 10.000 μScm^{-1}
CSB	30.000 - 200.000 mg O_2/l
LHKW (Cl)	0,001 - 100 mg/l *
Ni	0,5 - 3,0 mg/l
Cd	0,01 - 0,2 mg/l
Pb	0,5 - 50 mg/l
Cu	0,5 - 40 mg/l
Zn	1,0 - 70 mg/l
Cr ges.	0,1 - 3 mg/l

* zurückgehende Tendenz bemerkbar; es sind Gehalte kleiner als 10 mg/l Cl zu erwarten

Aus obigen Ausführungen über die Zusammensetzung von Altemulsionen geht hervor, daß an die Entsorgung hohe Anforderungen gestellt werden. Wegen der erwähnten Fremd- und Zersetzungsstoffe ist es erforderlich, der eigentlichen Emulsionsspaltung Verfahrensschritte vor- oder nachzuschalten. Ein beispielhaftes Verfahrenskonzept besteht aus den folgenden Schritten:

- Abtrennung der nicht emulgierten Fremdöle durch Abskimmen, eventuell durch Unterstützung, z.B. Flotation
- Abtrennung der Feststoffe durch Filtrierung und/oder Absetzen im Absetzbecken
- Emulsionsspaltung
- Nachbehandlung des abgespaltenen Wassers
- gegebenenfalls Nachbehandlung der abgespaltenen Ölphase (Reduzierung des Wassergehaltes)

Im folgenden wird vor allem auf die verschiedenen Verfahren bzw. Verfahrenskombinationen der Emulsionsspaltung eingegangen.

Verfahren zur Emulsionsspaltung - allgemeines

Bei der Emulsionspaltung wird die stabilsierende Wirkung des Emulgators bzw. der Emulgatorgemische durch geeignete Verfahren aufgehoben.
Der Trennprozeß kann durch Zufuhr mechanischer, thermischer oder elektrischer Energie bzw. durch Anwendung chemischer oder physikalisch-chemischer Methoden eingeleitet werden. Mechanische und thermische Energie bewirken dabei eine stetige Teilchenzerkleinerung, die zwar bis zu einer gewissen Grenze eine Erhöhung der Stabilität einer Emulsion bewirkt, jedoch nach Überschreiten dieser Grenze aufgrund der verstärkten Eigenbewegung der Emulsionströpfchen zur Überwindung der gegenseitigen elektrostatischen Abstoßung und damit zur Koagulation führt, d.h die Emulsion bricht /Lehmann, 1994/.
Die folgenden Maßnahmen wirken destabilisierend auf eine Emulsion:

- Temperaturerhöhung
- Veränderung der elektrostatischen Bedingungen
- Konzentrationserhöhung durch Entfernen der Wassermoleküle

Tab. 2.3: Übersicht der Verfahren zur Emulsionsspaltung

Chemische Verfahren:	
Anorganische Spaltung:	Säure-/Salzspaltung
	Hydroxidfällung
Organische Spaltung:	kationische Polymere
Physikalische Verfahren:	
Membranverfahren:	Ultrafiltration
	Umkehrosmose
Verdampfungsverfahren:	Dünnschichtverdampfung
	Vakuumverdampfung
Elektrochemische Verfahren	

B2.3 CHEMISCHE SPALTUNG

B2.3.1 Säure/Salz Spaltung

Bei diesem Verfahren werden Salzsäure, Schwefelsäure und/oder mehrwertige Metallionen Fe(III) oder Al(III) zur Spaltung der Emulsion eingesetzt. Die eingesetzten Konzentrationen liegen bei 20 - 50 g/l Salz und bei 1 - 2% Säure/Schmidt, 1994/.
Die Kühlschmieremulsionen lassen sich durch Säure alleine kaum gänzlich spalten. Es kann jedoch durch eine Vorspaltung mit Säure eine Reduzierung der elektrostatischen Anziehungskraft der Tenside erreicht werden.

Verfahrensprinzip:
Durch Zugabe von Säure wird die Emulsion destabilsiert. Wird mit Salzsäure gearbeitet, kann während der Behandlung AOX entstehen (AOX kann auch bereits in technischer Salzsäure in einem hohen Ausmaß enthalten sein). Dabei fällt ein saures, chloridhaltiges Altölflotat an /Bundesanzeiger, 1993/.
Leicht abspaltbare Ölanteile schwimmen auf und können abgezogen werden. Die Zugabe von Metallsalzen bewirkt die vollständige Brechung der Emulsion. Die entstehenden Hydroxide werden durch Zugabe von Kalkmilch oder anderen Laugen gefällt und können abfiltriert werden. In ***Abbildung 9.3*** ist der Verfahrensablauf skizziert.
Durch die Bildung von Hydroxidflocken können sich durch Adsorption der destabilisierten Tröpfchen Mikroflocken bilden (Adsorptionskoagulation). Der Transport dieser Mikroflockem zueinander, die Bildung von Makroflocken, erfordert den Eintrag von Energie (z.B. langsames Rühren). Die Feststoffphase läßt sich durch Flotation abtrennen.

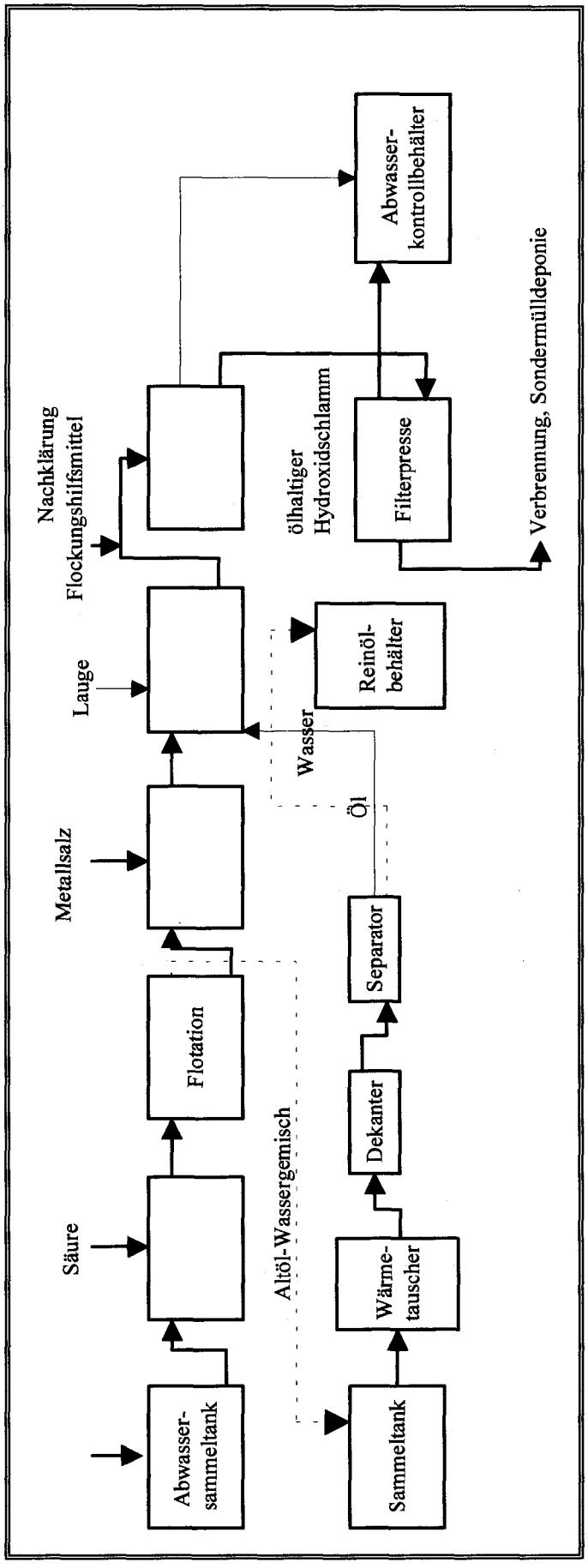


Abb. 2.2: Säure - Hydroxidspaltung für ölhaltige Abwässer

Bei dem Salzspaltverfahren (Beispiel Kühlschmieremulsionen und Waschwasser aus der Automobilindustrie) fallen etwa 8-9 kg ölhaltiger Eisenhydroxidschlamm (wenn mit Fe-III-Salzen gespalten wird) pro Kubikmeter Abwasser an. Der Schlamm ist folgendermaßen zusammengesetzt /Kleindienst, UTECH Berlin 1994/:

Tab. 2.4: Zusammensetzung des Schlammes aus der Säure-Salzspaltung

Inhaltsstoff	**Anteil**
Öle	10 - 15 Gew.%
Feststoffe (Eisenhydroxid, Kalk, Schmutz)	ca. 40 Gew.%
Wasser	45 - 50 Gew.%

Zu beachten ist, daß bei der Durchmischung des zu reinigenden Abwassers im Falle einer Druckentspannungsflotation (siehe 9.1.4.1.1.) mit den Gasbläschen ein Austrag von Geruchsstoffen entsprechend den Abwasserinhaltsstoffen möglich ist. Sollten leicht flüchtige Kohlenwasserstoffe beinhaltet sein, so kann auch deren Austrag nicht ausgeschlossen werden. In Abhängigkeit des zu behandelten Abfalls ist die Notwendigkeit einer Ablufterfassung und Reinigung (z.B. Aktivkohlefilter, Kompostfilter) zu überprüfen.
Bei der Behandlung von cyanid- und nitrithaltigen Emulsionen mit Säure besteht die Gefahr der Bildung von Blausäure und nitrosen Gasen. Deshalb müssen diese Emulsionen vor der Spaltung unbedingt entgiftet werden.
Als **Mindestanforderung an die Eingangsanalytik** ist zu stellen:
pH-Wert, Leitfähigkeit, Cyanid, Nitrit, Ölgehalt, Halogenkohlenwasserstoffe

Vor- und Nachteile des Säure-Salz-Spaltverfahrens:

Vorteile	**Nachteile**
Ausgereifte Technik	Große Schlammerzeugung (organisch belastet)
Einfache Handhabung	Aufsalzung des Spaltwassers
	Mögliche AOX-Erhöhung durch Spaltchemikalien ($FeCl_3$, HCl)
	Mögliche Freisetzung von Stickoxiden aus Nitrit
Preiswerte Chemikalien	keine verwertbare Ölphase
	CSB im Auslauf

Nachteilig an diesem Verfahren der Emulsionsspaltung ist jedoch nicht nur der große Anfall an organisch hochbelasteten Schlamm sondern auch die Aufsalzung des Abwassers. Dieses Verfahren sollte nur noch bei der Spaltung kleinster Emulsionsmengen angewendet werden bzw. nur dort, wo Restmengen an Ölen und Fetten (wenige hundert Milligramm pro Liter) aus der Spaltwasserphase zu entfernen sind, also z.B. als Nachreinigungsverfahren /Bundesanzeiger, 1993/.

B2.3.1.1 Flotation

Durch die Flotation werden dispergierte oder suspendierte Stoffe aus flüssigen Gemischen mit Hilfe von Gasbläschen abgeschieden. Von der Größe der Gasbläschen und damit von der Kontaktzeit mit den zu flotierenden Partikeln ist der erzielbare Abscheidungsgrad abhängig. Die bei der Flotation aufgeschwemmten Abwasserinhaltsstoffe bilden eine Schwimmschlammschicht, die so stabil sein muß, daß die Schlammpartikel durch den Räumungsprozeß nicht wieder absinken. Der Schwimmschlamm wird durch Räumen, Abschälen, Absaugen oder Abskimmen gefaßt. Für die spezifisch schwereren Abwasserinhaltsstoffe wie z.B. Sand oder Metallteilchen, die im Flotationsbecken sedimentieren, ist eine Möglichkeit zur Schlammräumung durch z.B. Bodenräumer vorzusehen /Lahmeyer, 1991/.

Allen Flotationsverfahren ist gemeinsam, daß Gasblasen zur Feststoffabtrennung benötigt werden. Die Verfahren unterscheiden sich hauptsächlich nach der Art der Blasenerzeugung /Gräf, Hartinger, Lohmeyer, Schwering 1994/.
Zur Erzeugung von Gasblasen sind im wesentlichen drei verschiedene Verfahren bekannt /Zitzmann, 1994/:
- die Dispergierung von Druckluft mittels Injektordüsen oder Rotor-Stator-Systemen
- die elektrolytische Zerlegung von Wasser und
- die Druckentspannung von gesättigtem Wasser

Überwiegend wird das Verfahren der **Druckentspannungsflotation** eingesetzt. Bei der Entspannungsflotation wird der bei höherem Druck mit Gas (Luft) gesättigte Wasserstrom auf Normaldruck entspannt. Entsprechend der Löslichkeit eines Gases in einer Flüssigkeit, die proportional dem Partialdruck des Gases über der Flüssigkeit ist (Henry-Dalton'sches Gesetz), wird bei der Entspannung überschüssiges Gas spontan in Form von Mikroblasen frei. Dabei liegt die Gasblasengröße normalerweise im Bereich eines mittleren Durchmessers von 50 - 80 µm. Durch besondere konstruktive und verfahrenstechnische Maßnahmen lassen sich Blasen von 30 µm erreichen /Hartinger, März 1994/.
Die Anlagerung der Gasblasen an Flocken und feste Partikel führt zu spezifisch leichteren und damit auftriebsfähigen Agglomeraten. Dazu muß die Kollisionswahrscheinlichkeit zwischen Gasblasen und Partikeln ausreichend hoch sein, und die Verbindung zwischen Flocken und Gasblasen muß während des Flotationsvorganges bestehen bleiben. Dazu sind elektrostatische und chemische Bindungskräfte ausschlaggebend, wobei die erzeugten Gasblasen eine negative Oberflächenladung besitzen.
Als Flotationshilfsmittel werden oft Polyelektrolyte eingesetzt.

Die Hauptbestandteile einer Entspannungsflotation sind:
- das Begasungssystem zur Sättigung der Flüssigkeit unter Druck (Druckbegasung)
- das Entspannungsventil
- das Flotationsbecken
- der Flotaträumer und eventuell zusätzlich ein Bodensedimenträumer

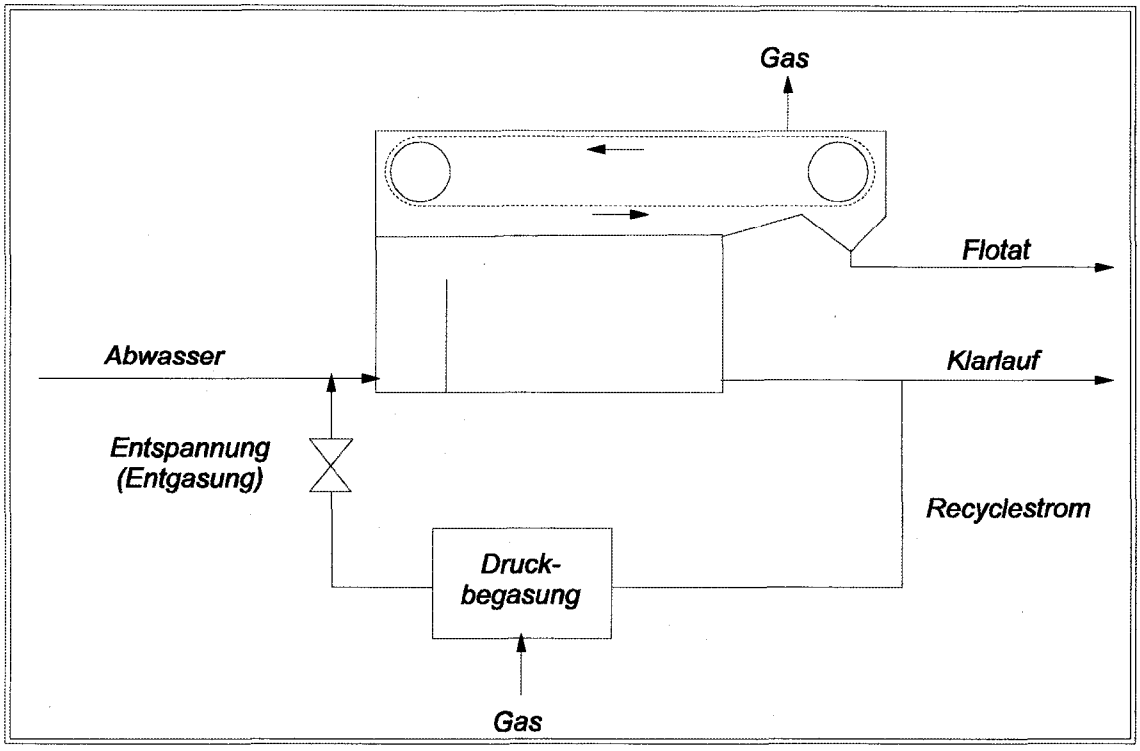


Abb. 2.3: Flotationsanlage (Recyclingverfahren) /Gräf, Hartinger, Lohmeyer, Schwering 1994/

In Abbildung 2.3 ist als Möglichkeit der Prozeßführung der Entspannungsflotation das Recyclingverfahren dargestellt. Ein Teil des geklärten Abwassers wird zurückgeführt, mit Gas gesättigt und nach der Entspannung mit dem ungeklärten Abwasser vermischt. Andere Möglichkeiten der Prozeßführung, die nach Abwasserbeschaffenheit, -menge und -vorbehandlung unterschieden werden, sind das Frischwasserverfahren, das Vollstromverfahren und das Teilstromverfahren. Auf diese wird innerhalb dieser Studie nicht näher eingegangen. Hier wird auf die Spezialliteratur verwiesen /Gräf, Hartinger, Lohmeyer, Schwering 1994/.
In Abbildung 2.4 ist die Darstellung von notwendigen bzw. möglichen Vor- und Nachbehandlungsschritten für die Abfallbehandlung im Rahmen der Flotation gegeben /Lahmeyer, 1991/.

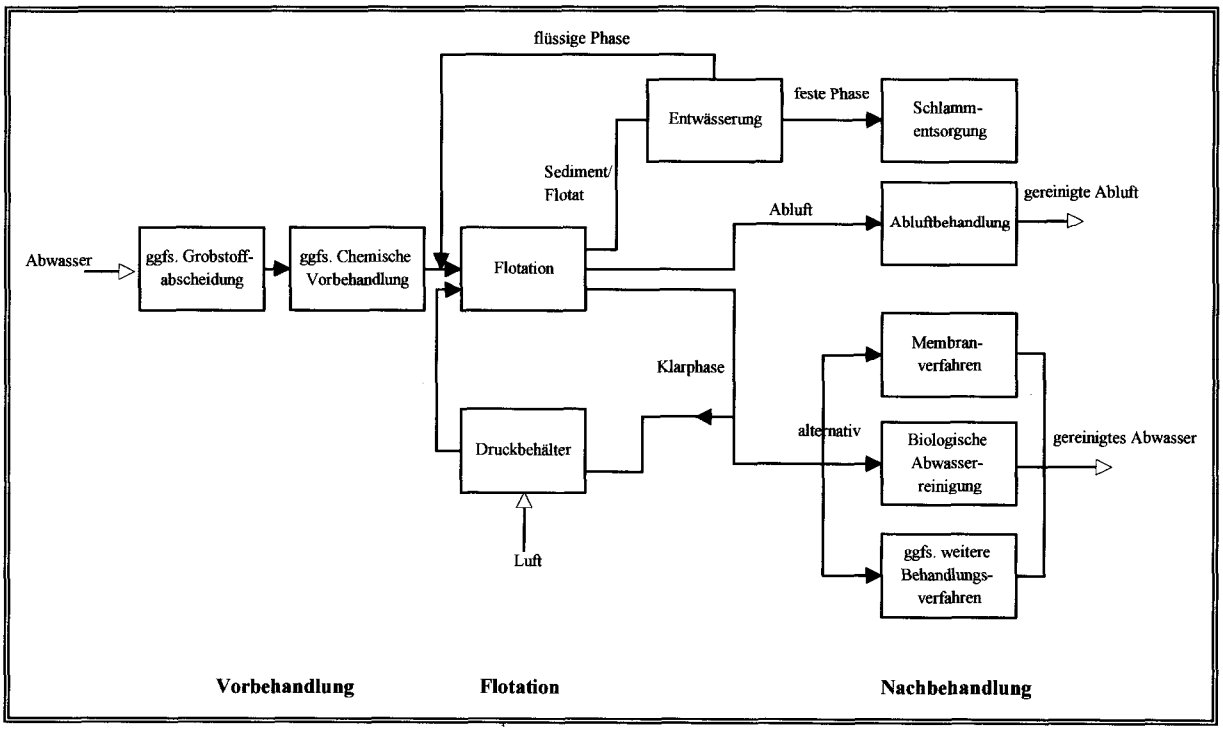


Abb. 2.4: Einbindung der Flotation in die Abfallbehandlung /nach Lahmeyer, 1991/

B2.3.1.2 Adsorption

Die alleinige Adsorption an Stoffen wie Aktivkohle oder Kieselsäure ist aufgrund des hohen Stabilisierungsgrades von Kühlschmieremulsionen nicht geeignet eine zufriedenstellende Spaltung zu erreichen. Die adsorptive Spaltung wird an dieser Stelle dennoch erwähnt, da sie in manchen sogenannten „Kompaktanlagen" verwendet wird, vor allem zur Behandlung von emulsionshaltigen Waschwässern, die leichter destabilisierbar sind, als Kühlschmieremulsionen.

Bei der adsorptiven Öl-Wassertrennung erhält man ein Gemisch aus abgetrenntem Öl und dem Adsorbens, wodurch ein entsorgungsproblematischer Abfall erzeugt wird. Adsorptive Öl-/Wassertrennungen können deshalb nur dann als sinnvoll betrachtet werden, wenn die Konzentration des abzureinigenden Öls sich in der Größenordnung weniger hundert Milligramm pro Liter bewegt /Hartinger, 1993/, die Adsorption also eine Nachreinigungsfunktion darstellt.

Verfahrensprinzip:
Es wird ein Adsorbens (z.B. Bentonit, Metallsalze, sogenannte Reaktionstrennmittel) unter Rühren in die Lösung eingetragen. Anschließend erfolgt die Abtrennung des (ölhaltigen) Schlammes, z.B. durch Filtration, Sedimentation oder Flotation.

Gelöste Inhaltsstoffe werden bei dieser Aufbereitung nur insoweit erfaßt, als sie durch Adsorption und Mitfällung ausgebracht werden.

B2.3.2 Organische Spaltung

Der Wirkungsmechanismus der organischen Emulsionsspalter auf Basis kationischer Polymere beruht auf der Ladungsneutralisation der in der Emulsion enthaltenen anionischen Tenside. Infolge dieses elektrokinetischen Effektes kommt es mit Hilfe der Polymeren zu einer Verknüpfung und Vernetzung und zu einem zusätzlichen Auftrieb der Öltröpfchen, die mit zunehmender Größe als wasserarme, spaltproduktháltige Ölphase aufrahmen /Lehmann, 1994/.
Organische Spaltprodukte sind meist tertiäre oder quartäre Polyamine (bzw. Polyaminole) mit Molekulargewichten von 75.000 bis ca. 200.000 /Spei, 93/. Deren allgemeine Formel ist in ***Abbildung 2.5*** dargestellt.

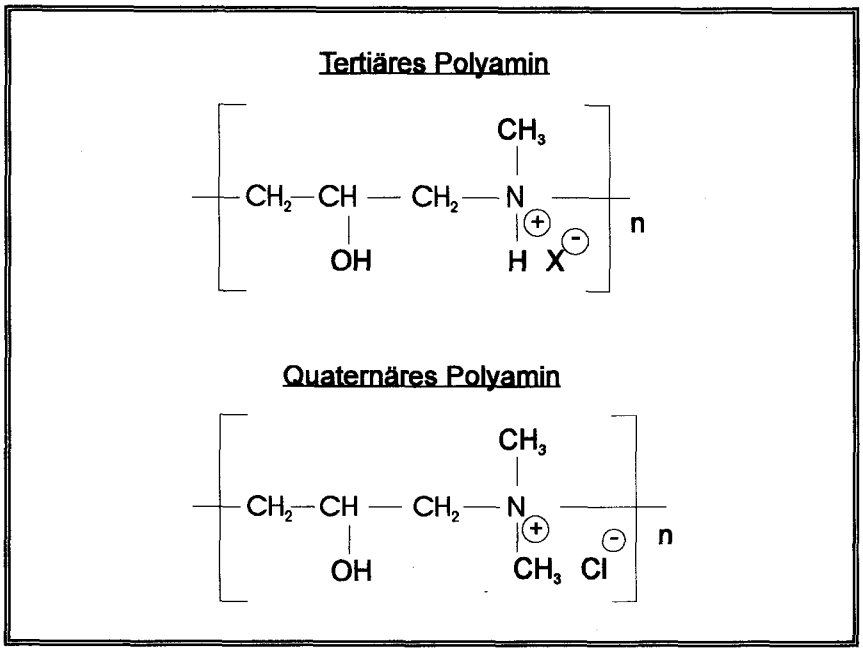


Abb. 2.5: allgemeine Formel organischer Spalter (Quelle: Henkel)

Der Bestimmung des Dosierendpunktes kommt besondere Bedeutung zu, denn eine Überdosierung kann eine Reemulgierung zur Folge haben und zwar in Form einer kationisch stabilsisierten Emulsion, die kaum noch spaltbar ist.

In Abbildung 2.6 ist der Wirkungsmechanismus von organischen Spaltern dargestellt.

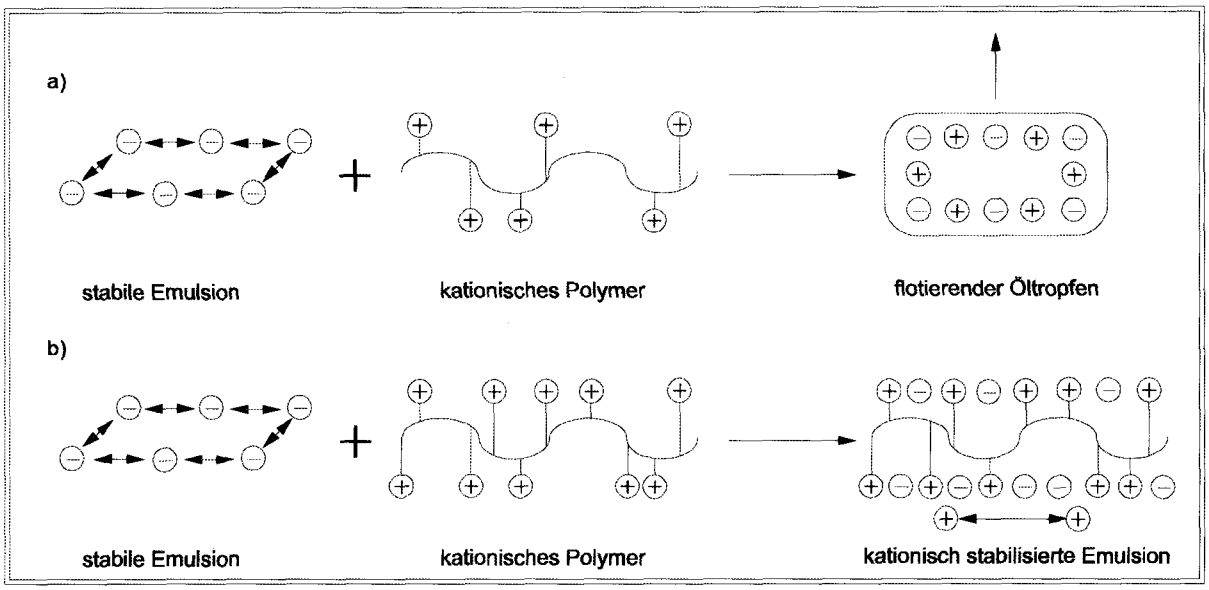


Abb. 2.6: Wirkungsmechanismus von organischen Spaltern (Quelle: Henkel)

a.) richtige Dosierung
b.) Überdosierung

Wegen der üblicherweise stark schwankenden Emulsionszusammensetzung und der dadurch bedingten unterschiedlichen Dosiermengen an organischen Spaltprodukten ist es es erforderlich, den Spaltendpunkt meßtechnisch zu erfassen, was über Ladungsmessung erfolgen kann /Bley, 1994/.

Temperaturerhöhung auf 60 oder 70°C kann die Spaltung begünstigen bzw. beschleunigen. LOBBE GmbH in Iserlohn-Letmathe /Jonach, 1993/ spaltet externe Emulsionen je nach Ergebnissen von Laborvorversuchen mit Säuren oder mit organischen Spaltern. Bei der organischen Spaltmittelauswahl wird gleichzeitig auch die Wirksamkeit bei verschiedenen pH-Werten untersucht. Neben der Spaltmittelzugabe ohne pH-Wertveränderung der Emulsionen ergaben sich in ausgewählten Fällen günstigere Ergebnisse bei folgenden Verfahrensweisen:
- Ansäuerung vor der Spaltmittelzugabe
- Ansäuerung nach der Spaltmittelzugabe
- Alkalisierung vor der Spaltmittelzugabe

Ein weiteres Beispiel stammt aus der Behandlung von gebrauchten Kühlschmierstoffen aus der Automobilbranche /Preis, 1994/: Die emulsionshaltigen Abwässer werden chargenweise in Behandlungstanks gefördert, der pH-Wert in Abhängigkeit von der Abwasserbeschaffenheit auf den Neutralbereich eingestellt und die Spaltermenge nach vorhergehenden Laborversuchen (Partikelladungsdedektor) hinzugefügt. Der Verbrauch liegt in Abhängigkeit vom Ölgehalt zwischen 150 - 1000 ppm. Nach Reaktionszeiten von 2 bis 3 Stunden ist die Trennung der Öl- und Wasserphase abgeschlossen. Die Klarwasserphase erreicht im Durchschnitt einen Ölgehalt von weniger als 20 ppm. Zur weiteren Senkung wird mit Kalkmilch nachgefällt, wobei die im Wasser noch vorhandenen Restkohlenwasserstoffe adsorbtiv gebunden und in Wasser enthaltenen Schwermetallionen ausgefällt werden. Die Konzentration an Kohlenwasserstoffen im Ablauf einer solchen Nachbehandlung liegen in der Praxis nach /Preis, 1994/ weit unter 10 ppm, wie auch nachfolgender Tabelle zu entnehmen ist.

Tab. 2.5: Schadstoffe (Durchschnittswerte) nach Emulssionspaltung und Nachfällung /Preis, 1994/

	Nach Vorbehand-	Nach Spaltung	Nach Fällung

	lung		mit Kalkmilch
Kohlenwasserstoffe (DIN)	3620 ppm	21 ppm	5 ppm
CSB	4890 mg/l	2780 mg/l	1250 mg/l
TOC	843 ppm	566 ppm	404 ppm
pH	8,9	6,0	9,0
Ni	5,1 ppm	0,29 ppm	< 0,1 ppm
Zn	18,6 ppm	0,6 ppm	< 0,2 ppm
Spalterdosierung		350 ppm	

Vor- und Nachteile der organischen Spaltung

Vorteile	Nachteile
geringer Schlammanfall einfache Anlagentechnnik	relativ hoher Laboraufwand (Voruntersuchung der Altemulsion) Verfahren noch nicht optimiert (Gefahr der Überdosierung) Chemikalieneinsatz CSB im Auslauf

B2.4 PHYSIKALISCHE VERFAHREN

B2.4.1 Membranverfahren

Die verschiedenen Membranverfahren wie Mikrofiltration, Ultrafiltration, Nanofiltration und Umkehrosmose beruhen auf dem gleichen Funktionsprinzip und unterscheiden sich im wesentlichen in der Porengröße der verwendeten Membran (0,1 µm - 0,001 µm).

Tennverfahren	Porengröße [µm]
Mikrofiltration	0,08 - 2,0
Ultrafiltration	0,0015 - 0,2
Nanofiltration	0,001 - 0,1
Umkehrosmose	0,0001 - 0,002

Im Gegensatz zu konventionellen Filtrierverfahren, bei denen der Flüssigkeitsstrom senkrecht auf die Filterfläche gerichtet ist, strömt bei den Membranverfahren das Medium parallel zur Membran. Ein Verstopfen der Membran wird dadurch weitgehendst vermieden. Das Filtrat (Permeat) durchströmt die Membran, während das Retentat im Kreislauf gefahren wird und sich dabei kontinuierlich aufkonzentriert. Nachfolgend werden die Ultrafiltration und die Umkehrosmose, die jedoch nicht zur Emulsionsspaltung sondern zur Entsalzung von Abwässern eingesetzt wird, dargestellt.

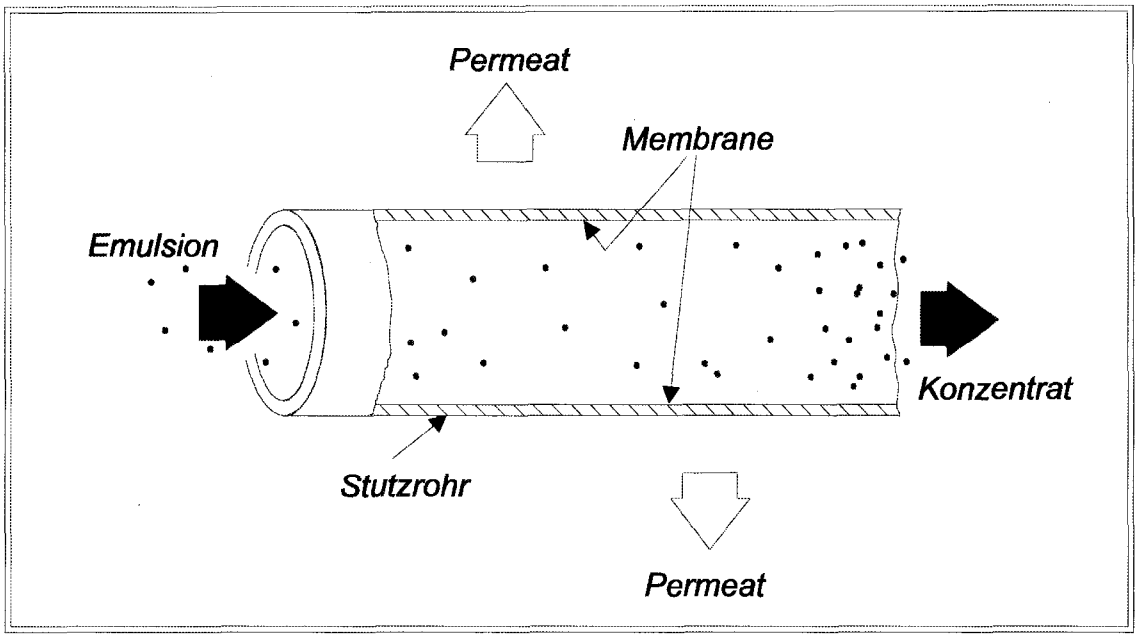


Abb. 2.7: Trennprinzip einer Rohrmembran /IPA, 1992/

B2.4.2 Ultrafiltration (UF)

Das Verfahren wird anhand der Vorgangsweise bei EDELHOFF, BRD /Lubberger, 1994/, erläutert.
Bei dieser Anlage wurden Rohrmembrane aus fluorierten Polymeren gewählt, mit denen Restwassergehalte von 30 - 50 % erreicht werden. Jeweils sieben Membrane sind in einem Modul zusammengefaßt. In einer Anlage mit 21 Modulen können pro Stunde ca 3 - 5 m^3 Kühlschmieremulsions-Gemische gespalten werden.

Bei der Eingangsanalytik wird unter anderen auf belagbildende Stoffe ein Hauptaugenmerk gelegt. Aussagekräftig hat sich dabei die Prüfung auf chemische Spaltbarkeit mit Eisen-III-chlorid (pH 1,5 -2) und anschließender pH-Anhebung auf 12 mit Kalkmilch und eventuelle Zugabe eines polymeren Flockungshilfmittels erwiesen. Wird eine klare, wäßrige Phase über einem gut absetzbaren Hydroxidschlamm erhalten, so sind keine Belagsbildungen auf den Membranen zu erwarten. Nach /Lubberger, 1994/ eignen sich etwa 90 % der angelieferten Emulsionen zur Spaltung mittels Ultrafiltration.
Nach der Eingangsanalyse werden die Emulsionen in Sedimentbehältern zwischengelagert und in großvolumige, auf den Durchsatz der UF-Anlage abgestimmte Vorlagebehälter umgepumpt. Nach der Erwärmung auf ca. 30 - 40 °C werden aufrahmende Öle abgeskimmt.
Die Ultrafiltration erfolgt bei einem Druck von 4 bar und einer Temperatur von 60 °C.

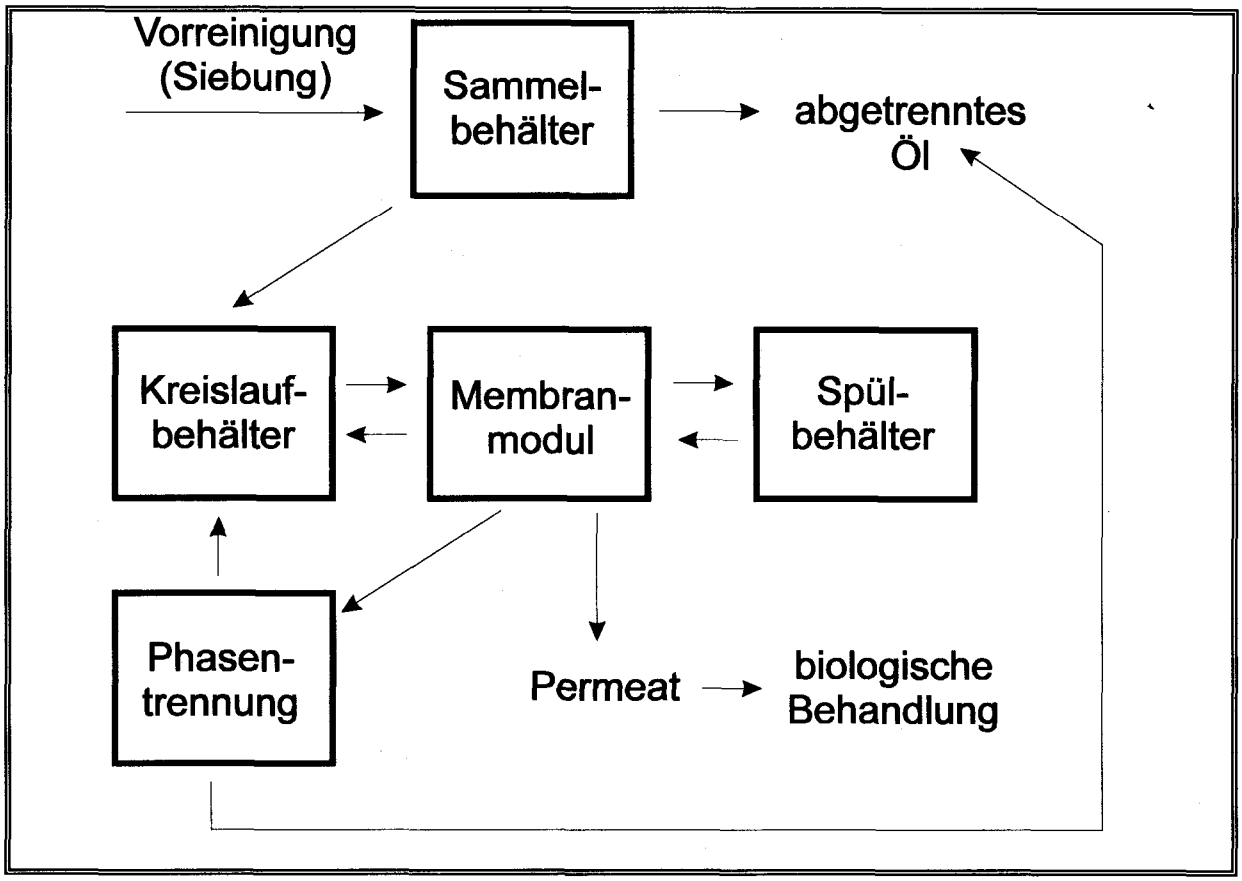


Abb. 2.8: Schematische Darstellung des Ultrafiltrationsverfahrens

Membrane
Bei dem Membranwerkstoffen unterscheidet man zwischen der Gruppe der organischen Polymerwerkstoffe und der in jüngster Zeit an Bedeutung gewinnenden Gruppe der anorganischen Werkstoffe.

Die Auswahl geeigneter Membranmodule ist die Voraussetzung für günstige Strömungsführung und damit hohe Permeatleistungen. Die Konstruktion oder Auswahl eines Membranmoduls ist immer die Suche nach dem optimalen Kompromiß zwischen hoher Membranfläche einerseits, die zu Anlagen mit kleinem Flächenbedarf führen und geringem Druckverlust und geringer Verblockungsneigung andererseits.

Membranmodule mit sehr weiten Kanälen bieten nur geringe spezifische Oberflächen und sind deshalb unwirtschaftlich. Sehr enge Kanäle weisen demgegenüber hohe Druckverluste auf und neigen insbesondere bei hoher Aufkonzentrierung von Suspensionen durch Mikrofiltration zur Verstopfung. Geeignete Formen sind somit Rohr- und Kapillarmodule sowie prinzipiell auch Plattensysteme, die allerdings nur geringe Verbreitung gefunden haben.

Wesentlich für einen störungsfreien Prozeßablauf ist die Vorreinigung, welche die Abtrennung von groben ungelösten Verunreinigungen und von freiem Öl umfaßt.
Die nachfolgend aufgeführten Stoffe beeinträchtigen den Verfahrensablauf der Ultrafiltration. Ihr Einfluß hängt jedoch stark von dem Membranwerkstoff und der Modulart ab /Lahmeyer, 1991/.

Tab. 2.6: Mögliche Störungen bei der Ultrafiltration

Stoffart	Auswirkung	Beseitigung
Feststoffe mit Korngröße > 0,5 mm	Verstopfung, Verschleiß der Membran	geeignete Vorreinigungsmaßnahmen
Lösungsmittel	Aufquellen der Membran, Strukturänderung, Durchlässigkeit sinkt	Einleitung in die Anlage verhindern
Laugen und Säuren mit extremen pH-Wert	evt. Zerstörung des Membranwerkstoffs	Regulierung des pH-Wertes
Org. Stoffe (bei Celluloseacetatmembranen)	Membranschädigung durch Fäulnis	mittels Bakterizide
Silikon (ab 0,1 %)	Verblockung der Membranen	Einleitung in die Anlage verhindern
freies Öl (ab 1,0 %)	Verblockung der Membranen	Einleitung in die Anlage verhindern

Bei Keramikmembranen ist auch eine Beeinträchtigung durch Fluoride bzw. Flußsäure denkbar.
Die Keramikmembranen weisen gegenüber organischen Membranen folgende Vorteile auf /Bormann, 1994/:

- bessere Beständigkeit gegenüber Temperatur und Chemikalien
- pH-Arbeitsbereich von 0 - 14 und Arbeitstemperaturen von mehr als 60 °C sind möglich
- 4 - 5-fache Lebensdauer gegenüber organischen Membranen
- geringfügig höherer Permeatfluß
- Rückspülbarkeit

Nachteilig sind der höhere Anschaffungspreis und die Stoßempfindlichkeit der keramischen Membranen.

Das Permeat besteht überwiegend aus Wasser, das allerdings noch den Haupteil der wasserlöslichen Stoffe enthält, also Laugen, Salze (Sulfate, Phosphate, Chloride) und eventuell vorhandene Schwermetallverbindungen. Auch organische Stoffe, die im Wasser löslich sind (z.B. Komplexbildner, Glukonate, Triethanolamin, Glykole, teilweise Tenside), können von der UF-Membrane nicht abgetrennt werden. Sie sind fast vollständig im Permeat enthalten und bestimmen den CSB. Dieser liegt in einem großen Bereich zwischen 1000 und 40 000 mg O_2/l. Kühlschmierstoffe, die Triethanolamin als Korrosionsinhibitoren enthalten, können etwa 5000 mg O_2/l aufweisen. Wassermischbare Glykole als Hydraulikflüssigkeit erhöhen den CSB im Permeat bis zu 40 000 mg O_2/l /Oswald, 1993/.

Die nicht die Membran passierenden Stoffe bilden das Konzentrat oder Retentat, das sich aus vorwiegend unpolaren Kohlenwasserstoffen wie Ölen, Fetten und Wachsen zusammensetzt und das die Feststoffe beinhaltet, die aufgrund ihrer Größe nicht die Membranporen permeieren konnten. Der Wassergehalt beträgt meist mehr als 50 %, das bedeutet, daß aus 100 m^3 Emulsion mit 2 % Ölanteil 4 m^3 Konzentrat mit einem Ölanteil von 50 % anfallen.

Vor- und Nachteile der Ultrafiltration

Vorteile	Nachteile
sowohl für hoch- als auch für niedrig-belastete Abwasser geeignet geringer Chemikalieneinsatz Automatisierung möglich geringer Personalaufwand geringer Platzbedarf	empfindlich gegen Verunreinigungen CSB im Auslauf

B2.4.2.1 Umkehrosmose

Die Umkehrosmose ist ein Membranverfahren zur Abtrennung von gelösten Stoffen (Salze, Makromoleküle) aus einer Flüssigkeit.
Im Gegensatz zur Ultrafiltration werden keine Porenmembranen eingesetzt, sondern Lösungs-Diffusionsmembranen sind für die Trennung bzw. den Transport verantwortlich.
Bei der Umkehrosmose wird durch Anlegen eines äußeren Druckes, der größer als der osmotische Druck ist, Wasser aus der wäßrigen Lösung durch die semipermeable Membran in die Reinwasserphase gepreßt, während die Inhaltsstoffe der Lösung im wesentlichen zurückgehalten werden.
Umkehrosmose-Anlagen werden daher mit höheren Systemdrücken (30 bis 70 bar) als Ultrafiltrationsanlagen gefahren.
Umkehrosmosemembranen sind asymmetrisch aufgebaut, das heißt sie bestehen aus einer aktiven dünnen Haut (0,1- 1 µm) auf einer porösen Stützschicht (Dicke bis ca 100 µm). Unterteilt werden die Membranen in die Phaseninversionsmembranen und Compositemembranen.

Die **Phaseninversionsmembranen** bestehen aus dem gleichen Werkstoff für die Stützschicht wie für die aktive Schicht. Gängige Werkstoffe sind Celluloseacetat und Polyamid.

Bei den **Compositemembranen** bestehen aktive Schicht und Stützschicht aus verschiedenen Materialien. Der Vorteil dieser Membranen liegt darin, daß aktive und Stützschicht variiert werden können und optimiert werden können. Für die Stützschicht kommt überwiegend Polysulfon zum Einsatz. Die aktive Schicht besteht aus Polyamiden oder Polyether /Gräg, Hartinger et al., 1993/.

Die Membranen werden in unterschiedliche Modultypen eingebaut, wobei Tubular-, Flachmembran- und Hohlfasermodule vorallem zur Anwendung gelangen.

Membranschädigungen können hervorgerufen werden durch /Gräf, Hartinger et al., 1993/:
starke Säuren und Laugen
starke Oxidationsmittel
organische Lösungsmittel
Bakterien
Eine **Verblockung der Membranen** (die Membran wird undurchlässig) kann auftreten durch /Gräf, Hartinger et al., 1993/:
Metalloxide
Kolloide
biologische Substanzen
Ausfällungen von Salzen ($CaCO_3$, $CaSO_4$ etc.)

B2.4.3 Verdampferverfahren

Bei der Verdampfung werden mechanistisch gesehen die Wassermoleküle entfernt, es kommt zur Aufkonzentrierung der Öl-Tröpfchen, gleichzeitig wird das Koaliszieren durch die erhöhte thermische Energiezufuhr gefördert. Die stetige Teilchenzerkleinerung überschreitet die Stabilisierungsmöglichkeit der Emulgatoren, es kommt zur Koagulation. Zur thermischen Spaltung werden verschiedene Technologien eingesetzt, die von Dünnschichtverdampfern bis zur Vakuumverdampfung mit Brüdenverdichtung reichen. Einfache Verfahren weisen einen recht hohen spezifischen Energieverbrauch auf und sind daher vorwiegend zur weiteren Auftrennung, z.B. des Retentats aus einer UF-Anlage geeignet. Durch Einsatz des Mehrstufenprinzips, der Temperatursenkung (60 bis 80 °C) durch Anlegen eines Vakuums und der Brüdenverdichtung läßt sich der Energiebedarf auf 25 bis 30 % gegenüber der einfachen Verdampfung senken /IPA, 1993/. Mittels Verdampfungsverfahren kann bis zu einem Restwassergehalt von 5-6 % konzentriert werden /Hartinger, September 1994/.

In der Ölphase verbleiben alle organischen Zusätze sowie die Salze. Leichtflüchtige (wasserdampfflüchtigen) Bestandteile gehen in das Brüdenkondensat (Wasser) über, wenn keine entsprechenden Vorkehrungen, wie z.B. Vorschaltung einer Strippkolonne oder Einbau eines Gasschlußkühlers, getroffen werden. Somit ist bei Vorhandensein von Leichtsiedern (z.B. Waschpetroleum) auf die CSB-Belastung des Kondensates zu achten.

Umlaufverdampfer
Die Prinzipskizze eines Umlaufverdampfers ist in Abbildung 2.9 gegeben.
Ein Zwangsumlaufverdampfer besteht im einzelnen aus Erhitzer, Zirkulationspumpe, Ausdampfgefäß sowie Ein- und Austragungspumpen. Die zufließende Emulsion wird im Vorwärmer/Kondensator durch den Brüdendampf vorgewärmt und im Wärmetauscher auf Siedetemperatur erhitzt. Während des Durchgangs durch die Heizrohre überhitzt sich die Emulsion und das Wasser dampft bei Eintritt in den Abscheider aufgrund des niedrigen Druckes durch Entspannung aus.Um das Entstehen von Anbackungen in den Heizrohren zu verhindern, muß die Strömungsgeschwindigkeit in den Rohren > 2m/s betragen. Je nach Art der Emulsion ist es möglich, bis auf Ölgehalte von 60 - 70 Gew.% /Ludwig, 1994/ aufzukonzentrieren.

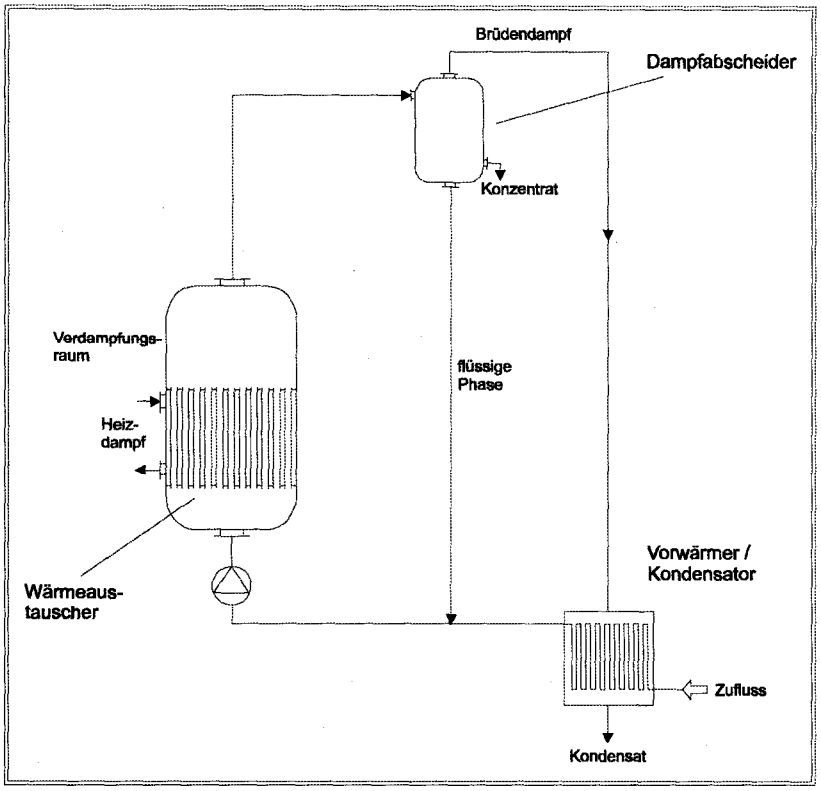


Abb. 2.9: Umlaufverdampfer /Lahmeyer, 1991/

Dünnschichtverdampfer

Ein Dünnschichtverdampfer besteht aus einem beheizbaren zylindrischen Doppelmantel und einer oberen Haube für die Abscheidung von mitgerissenen Tröpfchen. Im Inneren dreht sich der für den jeweiligen Bedarfsfall geeignete Rotor.

Die zu spaltende Emulsion wird oberhalb des Heizmantels eingespeist und mit einem Verteilring gleichmäßig über den Umfang verteilt. Sie wird von den Flügeln des Rotors ergriffen und sofort als dünner Film von großer Turbulenz auf der Heizwand ausgebreitet.

Die sich bildenden Brüdendämpfe durchlaufen den Apparat im Gegenstrom nach oben und passieren den Abscheider. MitgerisseneTröpfchen oder Schaum werden hier durch den Abscheider ausgeschleust und fließen in die Verdampfungszone zurück. Die von den Flüssigkeitsanteilen befreiten Brüdendämpfe gelangen in die nachgeschaltete Verfahrensstufe.

Das nichtdestillierbare Öl und andere schwer flüchtige Bestandteile laufen über das konische Unterteil als Konzentrat ab. Es werden Ölgehalte von > 95 Gew.% erhalten /Ludwig, 1994/.
In Abbildung 2.10 ist eine Prinzipskizze eines Dünnschichtverdampfers gegeben.

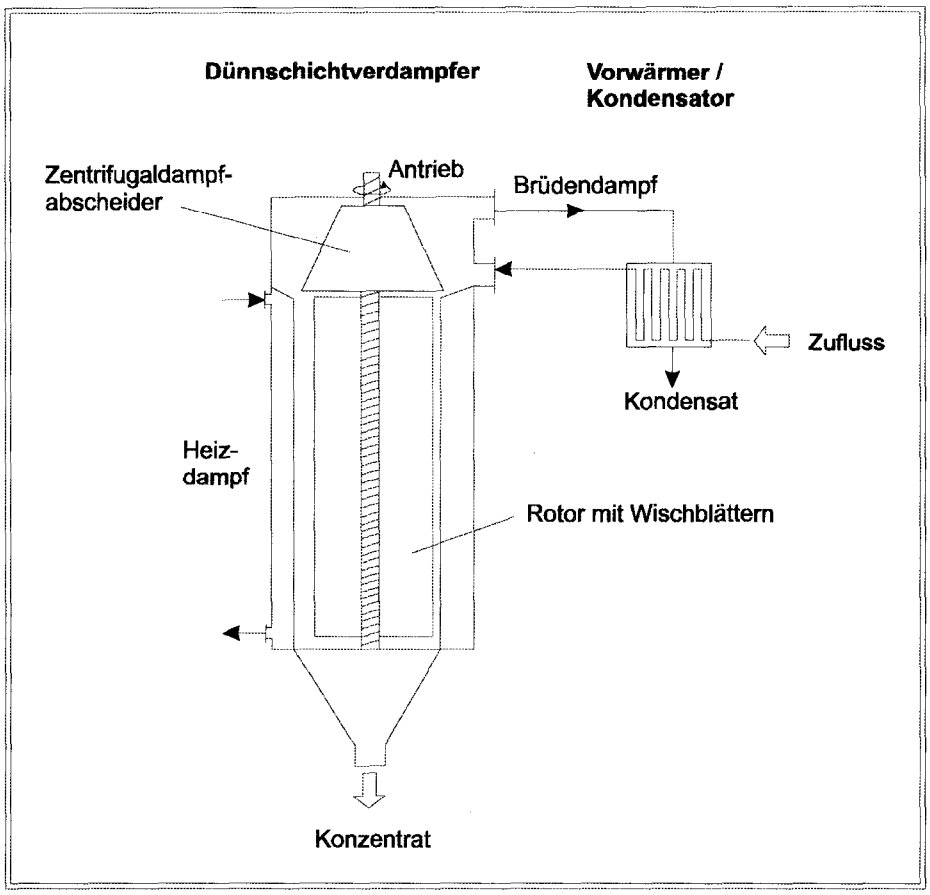


Abb. 2.10: Dünnschichtverdampfer /Lahmeyer, 1991/

Folgende Stoffgruppen können das Ergebnis der Emulsionspaltung durch thermische Verfahren negativ beeinflussen:

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

Quelle: Lahmeyer, 1991

Übersicht über Vor- und Nachteile von Verdampfungsverfahren:

Vorteile	Nachteile
geringer Chemikalieneinsatz*	Zu beachten sind leichtflüchtige Kohlenwasserstoffe und Ammoniumverbindungen, die in das Kondensat gelangen, wenn keine entsprechenden Vorkehrungen getroffen werden.
keine Aufsalzung des Abwassers	Energieintensives Verfahren
	hohe Investitionskosten
thermisch zu behandelnde Ölphase (in dafür geeigneten Anlagen)	Abluftreinigung ist erforderlich

* z.B. Entschäumeröl, Säuren, Laugen, Biozide (Verhinderung der Verkeimung im Dampfkreislauf), Amidosulfonsäure (Reinigung der Wärmetauscher und Apparate)

B2.5 ELEKTROCHEMISCHE VERFAHREN

Elektrochemische Verfahren werden in der Praxis bei externen Abfallbehandlern nicht eingesetzt. Nachfolgend wird zur Vervollständigung kurz das Verfahrensprinzip der elektrolytischen Emulsionsspaltung angegeben.
Das Prinzip der elektrolytischen Emulsionsspaltung beruht auf einer Entladung des Systems Öl-Emulgator-Wasser an der polaren Emulgator-/Wasser-Bindung, die ein Auseinanderbrechen des Emulsionsverbundes zur Folge hat. Abhängig von Emulsionstypus findet dieser Prozeß an der Kathode oder Anode statt. Das nicht mehr mit dem Wasser verbundene Öl-/Emulgatorgemisch kann dann entsprechend der geringeren Dichte flotieren und abgetrennt werden. Gasbildung durch Wasserzersetzung an den Elektroden begünstigt die Flotation des abgetrennten Öls; allerdings kann in der Regel davon ausgegangen werden, daß die Überwachungswerte für Kohlenwasserstoffe mit dieser Behandlung nicht eingehalten werden können /Hartinger, Gräf et al., 1993/.
Modifizierte Verfahren arbeiten mit einer Opferanode, die sich im Verlauf des Prozesses auflöst. Die dabei gebildeten Metallkationen bilden Metallhydroxidschlamm, der das freie Öl bindet und flotiert. Dabei bildet sich wiederum ölhaltiger Schlamm, der Entsorgungsprobleme aufwirft. Das Verfahren mit Aluminium als Opferanode hat sich in der Praxis als Störanfällig gegenüber der Zusammensetzung der Emulsionen erwiesen; Garantiewerte für die Zusammensetzung des Abwassers konnten in einigen Fällen nicht erreicht werden.

B2.6 BEISPIEL FÜR EINE VERFAHRENSKOMBINATION

Membranverfahren können mit in verschiedenster Weise mit anderen Behandlungsmethoden kombiniert werden. Hier soll nur ein Beispiel für eine Verfahrenskombination aus chemischer Spaltung (organisches Spalthilfsmittel) und Membranverfahren gezeigt werden **(Spei, 1993, Woll, 1994)**. Eine zusätzliche Erweiterung kann die Führung des Permates aus der Ultrafiltration über eine Verdampferanlage sein.
Abbildung 9.13 zeigt das Schema einer dreistufigen Spaltanlage und die Mengenbilanz. Diese Mengenbilanz kann jedoch nur als Anhaltspunkt gelten, da sie sicherlich je nach Emulsionszusammensetzung und Verfahrensführung schwanken wird.

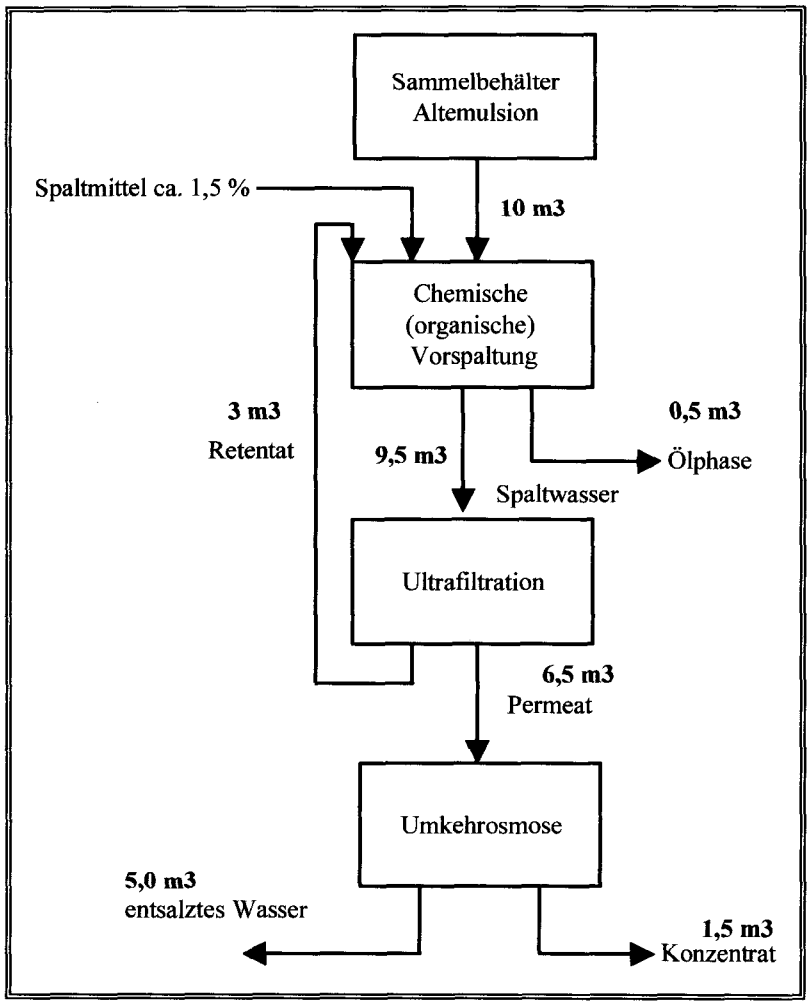


Abb. 2.11: Mengenbilanz einer dreistufigen Spaltanlage

B2.7 VERWERTUNG VON FESTSTOFFEN AUS ÖLABSCHEIDERN, SANDFÄNGEN

In Ölabscheidern sind Mineralöle zu einem bedeutenden Anteil an feine Feststoffpartikel gebunden. Ölgehalte im Schlamm bis 60 % sind möglich. Der Öl-, Ton-, Schluff- und Sandanteil kann unterschiedlich sein.
Chemische Untersuchungen legen nahe, daß Schlämme aus Ölabscheidern bei der Erzeugung keramischer Produkte (Ziegel) verwertet werden können. Gleiches gilt für Sandfanginhalte und für den Inhalt von Sedimentationsbecken bei der Vorreinigung von Ölabscheiderinhalten vor der Emulsionsspaltung. Durch eine mehrstufige Sedimentation vor der Emulsionsspaltung können damit Feststofffraktionen abgetrennt werden, die thermisch verwertbar sind.
Der organische Gehalt von Sandfanginhalten ist geringer als der organische Anteil von Schlämmen aus Ölabscheidern. Die Sandfanginhalte können aber ebenfalls bei der Erzeugung keramischer Produkte eingesetzt werden / Leonhardt et al, 1996.

B2.8 SCHLUSSFOLGERUNGEN UND VORSCHLÄGE

Siehe Abschnitt A8 im Teil A dieser Studie.

B2.9 NASSOXIDATION

Naßoxidation ist vereinfacht gesprochen eine Oxidation in einer wäßrigen Phase. Nur wenige Schadstoffe können bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck oxidiert werden. Daher sind höhere Drücke und Temperaturen erforderlich, um viele organische Schadstoffe mit Luft oder molekularem Sauerstoff zu zerstören oder oxidativ abzubauen. Das Verfahrens-Grundprinzip wird in der Abbildung auf der folgenden Seite dargestellt.

Man unterscheidet:

Unterkritische Naßoxidation: Die Oxidation verläuft in einer flüssigen (wäßrigen) Phase bei Temperaturen deutlich unter der kritischen Temperatur des Wassers (deutlich unter 374°C). Die unterkritische Naßoxidation wird wiederum in Niederdruck- und Hochdruckverfahren eingeteilt.

Superkritische Naßoxidation: Die Oxidation verläuft in einem Temperaturbereich, in dem für Wasser nur mehr eine Phase (Dampf) vorliegt. Die in diesem Temperaturbereich ablaufenden Vorgänge unterscheiden sich kaum noch von einer Verbrennung, z.B. der Verbrennung feuchter Abfälle. Die superkritische Naßoxidation befindet sich mehr oder minder im Versuchsstadium und wird nicht weiter im Detail besprochen.

Die ersten Anlagen, die das Prinzip der Naßoxidation verwendeten, wurden zur Oxidation von Sulfit-Ablaugen aus der Zellstoff-Produktion oder zur chemischen Stabilisierung von Klärschlämmen eingesetzt. Für die Stabilisierung bzw. Hygienisierung von Klärschlämmen bestehen derzeit weltweit ca. 150 bis 200 Anlagen. Die übliche Oxidationstemperatur dieser Anlagen liegt um 200°C, der Druck bei 30 bis 40 bar. Bei neueren Anlagen ist ein Trend zu höheren Drücken und Temperaturen erkennbar.

Weiters werden Anlagen für folgende Abfälle bzw. Abwässer betrieben:
- cyanidhältiges Abwasser aus der Acrylnitril-Herstellung (in Japan mehrere Anlagen)
- Schwarzlauge aus der Zellstoffherstellung (Tasmanien)
- Abwasser aus der Farbstoffproduktion (Bayer AG, Deutschland)
- Abwasser aus chemischen Fabriken (diverse Anlagen)

Der Druckbereich bis ca. 40 bar wird von den einschlägigen Technikern als „Niederdruck-Bereich" bezeichnet. Man spricht von „Niederdruck-Naßoxidation". Die Grenzziehung ist jedoch nicht einheitlich.

Die Temperaturen bei der „Hochdruck-Naßoxidation" erreichen in der Praxis bis ca. 320°C, die Drücke ca. 200 bar. Bei diesen Temperaturen ist der zur Oxidation eingesetzte Sauerstoff äußerst aggressiv, besonders wenn der behandelte Abfall Chlorid oder Fluorid enthält. An das Material des Reaktionstanks werden in diesem Fall extreme mechanische und chemische Anforderungen gestellt. Untersuchungen mit sauren, chloridhältigen Abwässern haben ergeben, daß bei einer Betriebstemperatur von 280 bis 300°C und bei ca. 140 bar auch sehr widerstandsfähige Werkstoffe wie Titan, Hastelloy oder Tantal korrodieren. Titan und Tantal sind dagegen bei pH-Werten>7 auch in Gegenwart hoher Chloridkonzentrationen gegenüber Sauerstoff stabil. Eine ausreichende Druck-Stabilität wird durch Ummantelung mit Stahlbehältern (Wandstärken z.B. 110 mm !) erreicht. Ferner ist bei Chlorid- und Fluoridhältigen Abfällen stets eine ausreichende Zudosierung von Soda oder Natronlauge erforderlich.

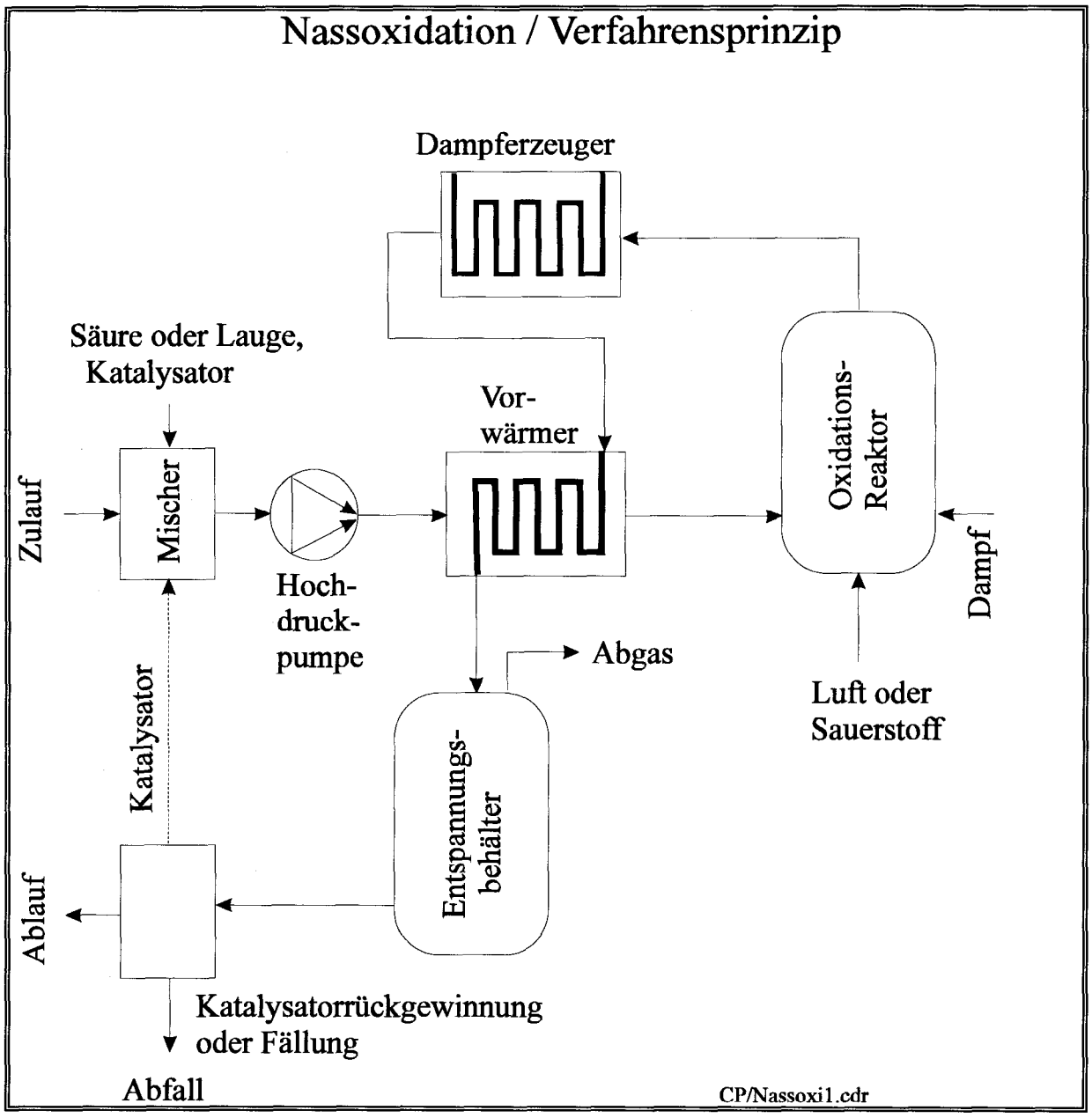


Abb. 2.12: Naßoxidation

Neben der Werkstofffrage haben auch energiewirtschaftliche Überlegungen einen großen Einfluß auf die Realisierbarkeit von Anlagen zur Naßoxidation. Die Reaktionswärme aus der „nassen Verbrennung" der organischen Stoffe bzw. kann genutzt werden. Als grobe Regel gilt, daß Abwasser ab einer CSB-Belastung von ca.50 g/l energieautark - also ohne Wärme- oder sonstige Energiezufuhr - oxidiert werden kann. Für anorganische Stoffe ist die Reaktionswärme und auch die Reinigungsleistung im Einzelfall zu berücksichtigen. Eine energieautarke Oxidation von Sulfit und Cyanid ist jedenfalls möglich, wenn die Gesamtkonzentration der oxidierbaren Stoffe und die Reaktionswärme, die sich daraus ergibt, dafür ausreicht. Die Reinigungsleistung (Massen % Abbau oder Oxidation), die Wirksamkeit von Katalysatoren und die bei teilweiser Oxidation auftretenden Reaktionswärmen können in vielen Fällen erst durch einen großtechnischen Versuch oder Versuch in einer Technikumsanlage ermittelt werden. Aus diesem Grund kommt die Naßoxidation eher für die Behandlung gleichbleibender, nicht zu geringer Abwasser- oder Abfallströme in Frage. Analoges gilt für das Korrosionsproblem und das damit verbundene sicherheitstechnische Risiko.

Die Abluft von Naßoxidationsanlagen kann unzersetzte organische Stoffe, Kohlenmonoxid, Ammoniak, Stickoxide und Kohlenmonoxid enthalten und muß daher entsprechend behandelt oder abgeleitet werden.

Naßoxidations-Methoden können in Verbindung mit Methoden der Aufkonzentrierung von Schadstoffen, wie z.B. Umkehrosmose, Ultrafiltration und Eindampfung betrieben werden.

Für die externe chemisch-physikalische Behandlung ist die Nassoxidation derzeit nicht Stand der Technik. Eine kombinierte Behandlung von organisch belastetem industriellem Abwasser oder von Konzentraten aus der membrantechnologischen Sickerwasserbehandlung ist aber in Zukunft nicht auszuschließen.

B3 BEISPIELE FÜR BEHANDELBARE ABFÄLLE

In den folgenden Beispielen zu den Behandlungsmethoden wurde grundsätzlich nicht zwischen Abwasser und flüssigem Abfall unterschieden. Vereinfachend wurde meistens das Wort „Abwasser" verwendet, was jedoch eine Genehmigung und Regelung der Behandlung der betreffenden flüssigen Abfälle nach dem AWG nicht ausschließt.

B3.1 ADSORPTION

Adsorption ist eine Methode zur Abtrennung und Aufkonzentrierung gasförmiger oder gelöster Stoffe (Adsorptiv) durch ihre Anreicherung an ein Adsorptionsmittel (Adsorbens).Das zu den adsorptiven Methoden gehörende Ionenaustauschverfahren nimmt eine Sonderstellung ein, da die Elimination dort im Unterschied zur Adsorption auf Wechselwirkungen zwischen geladenen Teilchen (Ionen) beruht. Mit Adsorption lassen sich sowohl echt gelöste, als auch dispergierte oder emulgierte organische Verbindungen eliminieren. AOX- und in Wasser gelöste CKW-Konzentrationen lassen sich mit diesem Verfahren gut entfernen.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Bleichereiablauge, chlorhaltig
- Abwasser mit gelösten halogenierten Lösemitteln
- Abwasser mit gelösten halogenfreien, nicht vollständig mit Wasser mischbaren Lösemitteln
- Öl-Wasser-Gemische mit geringem Anteil an emulgierten Öltröpfchen
- Abwasser aus der Emulsionstrennung, chlorparaffinhältig
- Sickerwasser aus Abfalldeponien (Vorbehandlung kann erforderlich sein)
- Abwasser aus extraktiven Behandlung ölverunreinigter Böden und Abfälle
- Abfallsäure, mineralölhaltig (Vorbehandlung meist erforderlich)
- Spül- und Waschwasser, metallsalzhältig (Ionenaustausch)
- Borathältiges Abwasser (Ionenaustausch)
- Phosphathältiges Abwasser (Ionenaustausch)
- Tensidhältiges Abwasser (Ionenaustausch bei ionischen Tensiden)

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:

- Richtet sich nach dem ausgewählten Adsorptionsmittel sowie nach der gewählten Methode; im Allgemeinen soll die zu behandlende Flüssigkeit keine suspendierten bzw. ungelösten Feststoffe enthalten.

B3.2 CHEMISCHE EMULSIONSSPALTUNG

Die chemische Emulsionsspaltung ist als Vorbehandlungsverfahren vor der Flotation bzw. Sedimentation anzusehen, um eine Trennung der Öl- und der Wasserphase zu ermöglichen. Dabei wird die negative Oberflächenladung der Öltröpfchen neutralisiert. Meist erfolgt die Zugabe von Hilfsstoffen, die das Aufschwimmen der flotierbaren Abwasserinhaltsstoffe erleichtern. Die chemische Emulsionsspaltung kann mit Hilfe folgender Reagentien erfolgen:

- Säuren
- Anorganische Salze
- Metallsalze
- Organische Spaltmittel

In der Praxis werden meistens Abfallsäuren oder organische Spaltmittel, letztere in Kombination mit thermischer Spaltung (z.B. Erwärmung auf 60^0C) eingesetzt.

Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Spül- und Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen, organisch belastet
- Inhalt von Fettabscheidern (flüssige Phase)
- Ölabscheiderinhalte (flüssige Phase)
- Öl-, Fett- und Wachsemulsionen
- Synthetische Kühl- und Schmiermittel
- Bohr- und Schleifölemulsionen und Emulsionsgemische
- Sonstige Öl-Wassergemische
- Schlamm aus der Behälterreinigung (z.B. aus Fässern, Tankwagen)
- Abfallsäure, mineralölhaltig
- Kunststoffemulsionen
- Latex-Emulsionen
- Abwasser aus der Behandlung ölkontaminierter Böden

B3.3 EINDAMPFUNG

Unter Eindampfung versteht man die Aufkonzentration gelöster Inhaltsstoffe aus wäßrigen Lösungen durch Verdampfung des Wassers, meistens unter vermindertem Druck (Vakuum-Eindampfung). Dabei fallen das schadstoffhaltige Konzentrat und das Brüdenkondensat (Wasser) an. Mit der Eindampfung können wäßrige Lösungen behandelt werden.

Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Fixierbäder
- Spül-, Waschwässer, cyanidhaltig
- Entwicklerbäder (Fotochemikalien)
- Frostschutzmittel (Kühler-Frostschutz)
- Sickerwasser aus Abfalldeponien

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:

- Flüssige Abfälle und Abwässer, deren maßgebliche Inhaltsstoffe mit Wasserdampf flüchtig sind
- Stoffe, die unter den Bedingungen der Eindampfung unkontrollierbare Reaktionen verursachen (z.B. ammoniakalische Jodidlösungen, Peroxidlösungen, Perchloratlösungen, Nitratlösungen)

Weiterer Hinweis:
Die Eindampfung von Emulsionen und Öl-Wasser-Gemischen hat sich als nicht zielführend erwiesen. Die erhaltenen Fraktionen sind nicht verwertbar; der Abdampfrückstand außerdem hoch viskos.

B3.4 ELEKTRODIALYSE

Die Elektrodialyse ist ein elektrochemisches Verfahren zur Stofftrennung mit Hilfe von ionenselektiven Membranen. Die Trennung erfolgt durch die gerichtete Wanderung von Ionen in einem elektrischen Feld und durch die unterschiedliche Durchlässigkeit von Ionenaustauschermembranen. Die Elektrodialyse wird vorwiegend bei der Aufarbeitung von Prozeßwässern und zur Rückgewinnung von Einsatzstoffen angewendet.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Spül- und Waschwässer, metallsalzhaltig
- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen

B3.5 ENTGIFTUNG (OXIDATION, REDUKTION)

In der chemisch-physikalischen Abfallbehandlung wird unter Entgiftung im wesentlichen die Oxidation von Nitrit und Cyanid, die Reduktion von sechswertigen Chromatverbindungen und die Umwandlung von Metallionen in weniger giftige chemische Verbindungen verstanden. Im Unterschied zu den bautechnisch oder verfahrenstechnisch aufwendigen Oxidationsverfahren der Naßoxidation, Ozonisierung und des biologischen Abbaus kann die oxidative Entgiftung in vergleichsweise einfachen Behältern durch Chemikalien- und Hilfsstoffzusatz durchgeführt werden.
Auch einige organische Stoffe können bereits bei Raumtemperatur und atmosphärischem Druck chemisch oxidiert werden. Der Einsatz von Katalysatoren oder verlängerter Reaktionszeiten kann erforderlich sein.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Chromschwefelsäure
- Konzentrate, chrom(VI)haltig
- Konzentrate, cyanidhaltig
- Spül- und Waschwässer, cyanidhaltig
- Bleichbäder
- Abwasser aus der Behandlung von Emulsionen, nitrithaltig
- Spül- und Waschwässer, nitrithaltig
- Sulfithältiges Abwasser
- Phenolhältiges Abwasser
- Toluolhältiges Abwasser
- Abwasser mit leicht oxidierbaren Tensiden oder sonstigen, leicht oxidierbaren organischen Stoffen
- Fe-II-haltiges Abwasser
- Fixierbäder (nach Elektrolyse und Abscheidung von Ag)

Die hier genannten Beispiele beziehen sich nicht auf Naßoxidationsverfahren und die Ozonisierung von Abwasser; ebenso auch nicht auf den Einsatz von UV-Strahlung bei der Oxidation von Abwasser mit Wasserstoffperoxid.

B3.6 ENTWÄSSERUNG

Zur Entwässerung von Abfällen können unterschiedliche Methoden eingesetzt werden, die jedoch hier für die einzelnen Abfälle nicht näher unterschieden werden. Mögliche Kombinationen sind
- Sedimentation/Filtration
- Sedimentation/Zentrifugation
- Filtration
- Zentrifugation
- Dekantieren
- Pressen

Bei der Sedimentation handelt es sich um ein Schlammeindickungsverfahren mit Hilfe der Schwerkraft bzw. Fliehkraft. Letztere kann durch Zentrifugation oder durch Wirbelströmung erzeugt werden. Mit Entwässerungsverfahren werden vorwiegend Schlämme, aber auch

Zwischenprodukte aus anderen chemisch-physikalischen Behandlungsmethoden behandelt. Für grobe Feststoffe ist die Schwerkraft-Sedimentation, für andere Feststoffe die Entwässerung in Kammerfilterpressen Stand der Technik.

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:
- Abfälle und Abwässer, die aufgrund ihrer Eigenschaften mit den genannten Methoden keine Stofftrennung ermöglichen (nicht filtrierbare Stoffe, z.B. echte Lösungen, stabile Emulsionen, Kolloide)
- Aggressive Stoffe, die zu Schäden in den Entwässerungsaggregaten und vorgeschalteten Pumpen führen können

B3.7 EXTRAKTION

Die Extraktion wird angewendet, um eine oder mehrere Komponenten aus einem flüssigen oder festen Stoffgemisch mit Hilfe eines selektiv wirkenden, nicht mischbaren Lösemittels abzutrennen. Sie wird vorwiegend einer anderen Behandlungsmethode (z.B. Eindampfung, Elektrodialyse) vor- oder nachgeschaltet.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Ölverunreinigte Böden
- Sonstige verunreinigte Böden
- Motor- und Getriebeöle
- Spül- und Waschwasser, metallsalzhaltig (nur in bestimmten Fällen)
- Zinkhaltige Beize und zinkhaltiges Abwasser

B3.8 FÄLLUNG

Bei der Fällung werden Ionen durch chemische Reaktionen (meist Neutralisation) in schwerlösliche Verbindungen, meist Hydroxide, Carbonate oder Sulfate, übergeführt. Die ausgefällten Stoffe werden dann mit Hilfe von Entwässerungsverfahren (Filtration, Sedimentation) abgetrennt.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Säuren und Säuregemische, anorganisch
- Säuren, Säuregemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (z.B. Beizen, Ionenaustauschereluate)
- Chromschwefelsäure (nach vorheriger Reduktion)
- Laugen und Laugengemische mit anwendungsspezifischen Beimengungen (z.B.
- Beizen, Ionenaustauschereluate, Entfettungsbäder); bei vorheriger Oxidation von eventuell vorhandenem Cyanid
- Gerbereibrühe
- Konzentrate, metallsalzhaltig (z.B. Nitratlösungen, Entrostungsbäder, Brünierbäder)
- Spül- und Waschwässer, metallsalzhaltig
- Sonstige wäßrige Konzentrate
- Eisenchlorid
- Akku-Säuren
- Fluoridhaltiges Abwasser
- Sulfathaltiges Abwasser
- Phosphathaltiges Abwasser
- Sickerwasser aus Abfalldeponien (in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden)
- Waschwasser aus der Abluftreinigung, insbesondere aus der ersten Wäscherstufe einer Naßwäsche bei Abfallverbrennungsanlagen

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:

- Chromate
- Cyanide
- Starke Komplexbildner

B3.9 FLOTATION

Bei der Flotation werden mit Hilfe von Gasbläschen dispergierte Stoffe (Feststoffpartikel, Öltröpfchen) aus flüssigen Gemischen abgetrennt. Feststoffe und Öltröpfchen werden werden durch den Auftrieb der Gasbläschen an die Flüssigkeitsoberfläche transportiert, wo sie in konzentrierter Form abgezogen werden können.
Fallweise werden Flotationsverfahren durch chemische Emulsionsspaltung unterstützt. Mit der Flotation werden vorwiegend Suspensionen, Emulsionen und ölhaltige Abwässer gereinigt. Flotation (z.B. Entspannungsflotation) wird auch zur Vorentwässerung von Abwasser in CP-Anlagen mit biologischer Behandlungsstufe eingesetzt.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Emulsionen (Flotation in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden)
- Suspensionen
- Spül- und Waschwasser mit schädlichen Verunreinigungen, organisch belastet
- Überschußschlamm aus der biologischen Nachreinigung von Abwasser aus CP-Anlagen

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:

- Abfälle und Abwässer, die durch Belüftung gefährliche oder geruchsintensive Gase freisetzen

B3.10 IMMOBILISIERUNG

Siehe Teil A, Abschnitt A5.3.2 (Tabelle); bezüglich des Begriffes „Immobilisierung" auch Abschnitt A9 im Teil A. Das Thema Immobilisierung wird in der vorliegenden Studie in einem eigenen Abschnitt behandelt (Abschnitt A9).

B3.11 NASSOXIDATION

Unter Naßoxidation versteht man die Oxidation organischer Stoffe in flüssigen Abfällen mit Hilfe von Luft- oder Reinsauerstoff unter hohem Druck und bei hohen Temperaturen. Vorwiegender Einsatzbereich sind alle wäßrigen flüssigen Abfälle mit schwer abbaubaren organischen Inhaltsstoffen, wie Kohlenwasserstoffen, Chlorkohlenwasserstoffen, Stickstoff-, Schwefel- und Phosphorverbindungen oder Komplexbildnern.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Härtesalz, cyanidhaltig
- Konzentrate, cyanidhaltig
- Konzentrate, komplexbildnerhaltig

Hinweis: Dieses Verfahren ist bei stark wechselnder Abwasserzusammensetzung nicht geeignet und wird daher bei der externen chemisch-physikalischen Behandlung derzeit nicht eingesetzt.

B3.12 NEUTRALISATION

Durch Neutralisation werden flüssige Abfälle mit Hilfe von Säuren oder Laugen auf einen bestimmten, neutralen pH-Wert (pH=7) eingestellt, entweder um eine anschließende Metallfällung oder die Ableitung in die Kanalisation bzw. in ein Fließgewässer zu ermöglichen.
Beispiele für die Behandlung: siehe Abschnitt B1.5

Hinweise auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe: siehe Abschnitt B1.5

B3.13 OZONISIERUNG

Ozonisierung ist ein Oxidationsverfahren, bei dem durch den Einsatz von Ozon organische und anorganische Abwasserinhaltsstoffe wie z.B. Kohlenwasserstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe, Cyanide, organische Stickstoff- oder Schwefelverbindungen oxidiert und damit in weniger schädliche Verbindungen umgesetzt werden. Oxidation mit Wasserstoffperoxid unter Einsatz von UV-Strahlung ist der Ozonisierung in Bezug auf das chemische Oxidationspotential etwa gleichwertig.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Abwasser, das mit Phenol, Chlorphenol, Cyanid oder aromatischen Stickstoffverbindungen belastet ist
- Vor- oder Nachbehandlung von biologisch behandeltem Abwasser unter anderem zur Reduzierung der AOX- und CSB-Konzentrationen (z.B. bei Deponiesickerwasser)
- Behandlung von CKW-belastetem Wasser (z.B. Altlastensanierung)

B3.14 STRIPPUNG

Strippung ist ein spezielles Trennverfahren, bei dem leicht verdampfbare Komponenten aus flüssigen Abfällen mit Hilfe von Luft, Stickstoff oder Wasserdampf ausgetrieben und gegebenenfalls in einem nachgeschalteten Behandlungsschritt zurückgewonnen werden können. Die Luft- oder Wasserdampfstrippung wird in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden eingesetzt und eignet sich beispielsweise als Vorstufe der Verdampfung, um leicht flüchtige Verbindungen vorabzutrennen.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen
- Ammoniaklösung
- Abwasser mit leichtflüchtigen halogenierten Lösemitteln
- Abwasser mit leichtflüchtigen, halogenfreien Lösemittel
- Benzinabscheider-Inhalte (wäßrige Phase)
- Sickerwasser aus Abfalldeponien (in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden)

Hinweis: Einige der hier genannten Beispiele stellen Grenzfälle zur Destillation dar.

B3.15 ULTRAFILTRATION (PARTIKELFILTRATION)

Die Ultrafiltration ist ein Verfahren zur Entfernung von feinsten Partikeln, Kolloiden oder Makromolekülen aus dem Abwasser mit Hilfe von sehr feinporigen Membranen. Diese Methode wird vorwiegend zur Aufkonzentrierung von Emulsionen und ölhaltigen Lösungen eingesetzt.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :
- Emulsionen
- Ölabscheiderinhalte (in Kombination mit anderen Behandlungsmethoden)

Hinweis auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:
- Feststoffe (Suspensionen), die die Membranen blockieren können.
- Sonstige membranschädigende Stoffe, z.B. Silikonöl.

Weiterer Hinweis:
Die Membranverfahren werden nach GRÄF, HARTINGER et al. (1996) folgendermaßen eingeteilt:

Membranverfahren	Ungefähre Partikelgröße	Trennung der wäßrigen Phase (Permeat) von.....
Umkehrosmose	1 bis 10 nm	Ionen, Molekülen
Nanofiltration	5 bis 30 nm	Moleküle, Makromoleküle

Ultrafiltration	20 bis 200 nm	Makromoleküle, Öltröpfchen
Mikrofiltration	100 bis 1000 nm (= bis 0,001 mm)	Partikel

Es besteht ein fließender Übergang der Verfahren. Entscheidend für die Verfahrensauswahl ist, daß nur bei der Umkehrosmose Ionen und organische Moleküle in der Dimension um 5 nm von der Membran zurückgehalten werden können. Nanofiltration, Ultrafiltration und Mikrofiltration können auch mit dem Begriff „Partikelfiltration" zusammengefasst werden. Aus praktischen Gründen wird im vorliegenden Abschnitt auf die nähere Darstellung der Nano- und Mikrofiltration verzichtet.

B3.16 UMKEHROSMOSE

Bei der Umkehrosmose wird im Gegensatz zur Osmose der Stofftransport durch eine semipermeable Membran durch Anlegen eines Druckes so gelenkt, daß eine Aufkonzentrierung eines Inhaltsstoffes stattfindet. Der Unterschied zur Ultra- und Nanofiltration besteht im Wesentlichen in der Porengröße der Membran: Sie befindet sich bei der Umkehrosmose im Nanometer-Bereich, also in der Dimension organischer Moleküle und anorganischer, hydratisierter Ionen.
Das dabei entstehende Permeat weist je nach der Art der gelösten Stoffe nur noch geringe oder praktisch keine Restkonzentrationen auf. Einsatzgebiete für die Umkehrosmose sind beispielsweise Zellstoff- und Färbereiabwässer oder Deponiesickerwässer.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Salzhältiges Abwasser
- Säuren, Säuregemische mit gelösten anwendungsspezifischen Beimengungen (z.B. Beizen, Ionenaustauschereluate)
- Spül- und Waschwässer, metallsalzhaltig
- Sickerwasser aus Abfalldeponien (in Kombination mit Feststoff-Abtrennung und einer geeigneten Entsorgung des Konzentrates)
- Akku-Säuren

Hinweis auf von der Behandlung ausgeschlossene Stoffe:

- Feststoffe (Suspensionen), die die Membranen blockieren können.
- Sonstige membranschädigende Stoffe.

B3.17 ZEMENTATION

Das Verfahren beruht auf der Reduktion von in Lösung befindlichen Ionen durch ein elementar (als Feststoff) vorliegendes unedleres Metall (z.B. Eisen). Dabei schlägt sich das edle Metall als Belag auf dem unedleren nieder und aus dem unedleren Metall gehen Ionen in Lösung. Da es sich hierbei um eine freiwillig in Richtung des chemischen Gleichgewichts ablaufende Reaktion handelt, ist keine Zufuhr von elektrischem Strom notwendig. Die praktische Bedeutung der Zementation in der Abfallbehandlung ist gering.
Beispiele für zu behandelnde Abwasser- und Abfallarten :

- Gebrauchte ammoniakalische Kupferätzlösungen
- Fixierbäder
- Sonstiges Cu-, Ni-, Sn-, oder edelmetallhältiges Abwasser

B4 *LITERATUR ZUM ABSCHNITT B*

B4.1 LITERATUR ZUR BEHANDLUNG ANORGANISCHER ABFÄLLE (CPA)

ATV, 1985: Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Band 7: Industrieabwässer mit anorganischen Inhaltsstoffen; herausgegeben von der Abwassertechnischen Vereinigung e.V., Verlag für Architektur und technische Wissenschaften, Berlin 1985

ATV, 1991: Abwasser, das in der metallverarbeitenden Industrie anfällt: Blatt 1 - Grundlagen der Behandlung; Hinweis H 765, August 91

BOMBACH H, HEIN K., SCHAB D., 1995: Untersuchungen zur Cyanidoxidation in einer Rollschichtzelle mit bewegter Partikelanode. Galvanotechnik 86, Nr.2, S.512-517.

BRADEN R., SCHULZ-WALZ A., 1982: Naßoxidation von halogenhaltigen Industrieabwässern. Chem.-Ing.-Tech. 54(1982) Nr.7, S.692-693.

DEV, 1986: Deutsche Einheitsverfahren zur Wasser-, Abwasser- und Schlammuntersuchung, laufend aktualisiert, Verlag Chemie Weinheim 1986

GRÄF,HARTINGER, LOHMEYER, SCHWERING, 1994: Abwassertechnik in der Produktion, laufend aktualisiert, WEKA Verlag, Augsburg, Stand 1994

KAISER H., 1995: Der Markt für industrielle Wasser-, Abwasser- und Schlammbehandlung in Westeuropa. Galvanotechnik 86, Nr.1, S.189-193.

LAHMEYER, 1991: Stand der Technik bei chemisch-physikalischen Verfahren in der Abfallbehandlung, Schlußbericht des Forschungsvorhabens mit dem Förderkennzeichen 103 02 121, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Frankfurt, März 1991

n.n., 1992: UV-Oxidation bewährt sich im Dauerbetrieb. Galvanotechnik Nr.9, 1992, S. 3110-3114.

B4.2 LITERATUR ZUR EMULSIONSSPALTUNG (CPO)

ATV M 765, Blatt 5, 1989: Regelwerk Abwasser - Abfall, Abwasser, das in der metallverarbeitenden Industrie anfällt, Dezember 1989 (Vertrieb: Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik e.V. (GFA), Postfach 1160, Markt 71, D-5205 St. Augustin 1)

BLEY, 1994: Optimierung von Phasentrennanlagen mit organischen Spaltern durch gezielte Ladungsneutralisation, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

BORMANN, 1994: Membranfiltration - Ein Verfahren zur Abwasservorbehandlung, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

BUNDESANZEIGER, 1993: Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 40 der Rahmen-Abwasser VwV, herausgegeben vom bundesminister für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit und der Ländergemeinschaft Wasser, Köln 1993

GRÄF, HARTINGER, LOHMEYER, SCHWERING, September 1994, Abwassertechnik in der Produktion, fortlaufend aktualisiert, WEKA Verlag, Augsburg, Stand 1994.

GRIMM,F., 1994: Entsorgung und Verwertung von gebrauchten Emulsionen und Altölen aus der Sicht einer Zweitraffinerie, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

IPA, 1993: Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA), Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren, Kühlschmierstoffe, im Auftrag des Ministeriums für Umwelt Baden-Württemberg, Stuttgart, Mai 1993

JONACH, B., 1993: Erfahrungen bei der Entsorgung industrieller Kühlschmierstoffe aus der Sicht eines mittelständischen Unternehmens; "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 7/93.

KLEINDIENST, 1994: Entsorgung ölhaltiger Abfälle in einem Großbetrieb unter besonderer Berücksichtigung der Abwasserfragen, UTECH Berlin 1994, 38. Seminar, Vermeidung/Verwertung von ölhaltigen Abfällen aus der mechanischen Fertigung

LAHMEYER, 1991: Stand der Technik bei chemisch-physikalischen Verfahren in der Abfallbehandlung, Schlußbericht des Forschungsvorhabens mir dem Förderkennzeichen 103 02 121, im Auftrag des Umweltbundesamtes, Frankfurt, März 1991.

LEHMANN, 1994: Vom Kühlschmierstoff zum Abwasser-Verfahren zur Entsorgung von Metallbearbeitungsverfahren, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

LEONHARD, H.; WOLF, A. KRAUS, J.: Möglichkeiten der stofflichen und energetischen Verwertung einzelner Fraktionen aus Sandfängen und Ölabscheidern. Fraunhofer-Institut. Stuttgart, 1996.

LUBBERGER, 1994: Externe Entsorgung von Kühlschmieremulsionen nach dem Stand der Technik, UTECH Berlin 1994, 38. Seminar, Vermeidung/Verwertung von ölhaltigen Abfällen aus der mechanischen Fertigung

LUDWIG, 1994: Thermische Aufbereitung von Ölemulsionen, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

OSWALD, 1993: Ultrafiltration in der Industrie, Schmierstoff-Forum "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 7/93.

PREISS Th., 1994: Emulsionsspaltung und Ülrückgewinnung durch gezielte Ladungsneutralisation; "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94

SCHMIDT, 1994: Grundsätzliche Möglichkeiten der Aufbereitung von Emulsionen, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.

SPEI, 1993: B.Spei, Henkel KGaA; Die Aufbereitung von Öl- / Wasseremulsionen mit organischen Spaltprodukten - Neue Technologien der Emulsionsspaltung; Schmierstoff-Forum "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 7/93.

UBA-BE-029, 1995: P.Dreier, B.Reiter, Chemisch-physikalische Behandlungsanlagen in Österreich, März 1995

WOLL R., 1994: Betriebsinterne Entsorgung von Kühlschmieremulsionen durch Kombination von organischer Vorspaltung und mehrstufiger Membrantechnik - abwasserfrei und abfallminimiert, UTECH Berlin 1994, 38. Seminar, Vermeidung/Verwertung von ölhaltigen Abfällen aus der mechanischen Fertigung

ZITZMANN, 1994: Vor- und Nachbehandlung von emulsionsartigen Abwässern, "Aufbereitungs- und Entsorgungspraxis industrieller Kühlschmierstoffe", Schriftenreihe "Praxis Forum" 13/94.