

**Hinweise und Erläuterungen
zum Anhang 42
-ALKALICHLORIDELEKTROLYSE-
der Verordnung über Anforderungen an das
Einleiten von Abwasser in Gewässer**

2003

Nur für den Dienstgebrauch

Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich.....	3
2	Abwasseranfall und Abwasserbehandlung	3
2.1	Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers.....	3
2.1.1	Herstellungsverfahren.....	3
2.1.2	Herkunft, Anfall und Beschaffenheit des Abwassers.....	8
2.2	Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren	8
2.2.1	Maßnahmen zur Abwasservermeidung und Abwasserverminderung	8
2.2.2	Maßnahmen zur Abwasserbehandlung	9
2.3	Abfallverwertung und Abfallbeseitigung.....	10
3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind.....	10
3.1	Hinweise für die Auswahl der Parameter.....	10
3.2	Hinweise für die Auswahl von Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen.....	11
4	Anforderungen an die Abwassereinleitungen	11
4.1	Anforderungen nach § 7a WHG.....	11
4.2	Weitergehende Anforderungen	11
4.3	Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregelungen 11	
4.4	Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen.....	11
5	Übergangsregelungen und -fristen (§ 7a Abs. 3 WHG)	12
6	Hinweise zur Fortschreibung	12
7	Literatur	12
8	Erarbeitung der Grundlagen	13

1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang gilt für Abwasser, dessen Schadstofffracht im wesentlichen aus Alkalichloridelektrolysen stammt. Der Anwendungsbereich umfasst die wässrige Alkalichloridelektrolyse nach dem Membran-, dem Diaphragma- und dem Amalgamverfahren.

Dieser Anhang gilt nicht für Abwasser aus

- Kühlsystemen und der Betriebswasseraufbereitung,
- Schmelzflusselektrolysen von Natriumchlorid,
- Alkalielektrolysen zur Herstellung von Alkoholaten.

In Deutschland wurden im Jahre 2001 Alkalichloridelektrolyse-Anlagen an 17 Standorten, mit einer Kapazität von insgesamt ca. 4,1 Mio. t Chlor/a betrieben.

2 Abwasseranfall und Abwasserbehandlung

2.1 Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers

2.1.1 Herstellungsverfahren

Als Ausgangsprodukt für die Elektrolyseverfahren wird überwiegend Natriumchlorid-Sole und in geringerem Umfang auch Kaliumchlorid-Sole eingesetzt.

Die folgenden Verfahrensschritte sind für die Produktion von Chlorgas, Wasserstoff und Natronlauge notwendig:

- Aufbereitung der Rohsole und der Sole, gegebenenfalls Herstellung von Siedesalz

Verfahrensbedingt muss der Gehalt der Sole an Sulfat, Calcium, Magnesium oder anderen Metallen unterhalb bestimmter Konzentrationen liegen.

Calcium, Magnesium oder andere Metalle wie Eisen, Nickel und Chrom werden mit Natriumcarbonat bzw. Natriumhydroxid, Sulfat mit Calcium- oder Bariumsalzen ausgefällt. Der Niederschlag wird durch Sedimentation und Filtration abgetrennt. Der Filterschlamm wird durch Zentrifugation oder Filtration auf Feststoffgehalte von 50-60 % eingedickt und entsprechend den abfallrechtlichen Bestimmungen entsorgt.

Für das Membranverfahren müssen die Konzentrationen an Calcium-, Magnesium- und anderen Metallkationen noch erheblich weiter gesenkt werden. Deshalb wird die Sole nach der Abfiltration der Metallcarbonat-, Metallhydroxid- und Sulfatniederschläge einer Feinfiltration unterzogen und die gelösten Metallionen durch nachgeschaltete Ionenaustauscher entfernt. Soll für die Membrananlage Sole aus dem Amalgamprozess eingesetzt werden, ist vorher eine weitestgehende Entfernung des Quecksilber erforderlich.

- Erwärmung der Sole mit Dampf beim Membranverfahren und Kühlung der Sole beim Amalgamverfahren
- Elektrolyse
- Entchlorung und Aufsättigung der Sole
- Kühlung, Trocknung, Reinigung, Kompression, Verflüssigung des Chlorgases

Das Chlorgas aus den Elektrolysezellen hat eine Temperatur von etwa 80-90 °C und ist wasserdampfgesättigt. Es wird entweder indirekt durch Wärmetauscher mit Titanoberfläche oder direkt durch Einsprühen von Wasser in den Chlorgasstrom abgekühlt. Das anfallende chlorhaltige Kondensat wird in den Prozess oder als Hilfsstoff in andere Prozesse zurückgeführt und das Kühlwasser im Kreislauf gefahren. Das abgekühlte Chlorgas wird mit konzentrierter Schwefelsäure getrocknet und unter Kühlung komprimiert. Wenn das Chlorgas verflüssigt wird, reichern sich in der verbleibenden Gasphase nichtkondensierbare gasförmige Verunreinigungen wie O₂ und H₂ an. Wasserstoff bildet bei Konzentrationen > 5% ein zündfähiges Gemisch mit Chlor (Chlorknallgas). Deshalb darf das Chlor nur in besonders druckfesten Anlagen vollständig verflüssigt werden. Das Restgas (ca. 0,05% des Chlors) mit den Verunreinigungen wird einer Chlorabsorptionseinheit (Bleichlaugenerzeugung) bzw. einer HCl-Gassynthese zugeführt.

- Konzentrationseinstellung, Kühlung und Reinigung der Natronlauge
- Kühlung und Verdichtung des Wasserstoffs
- Reinigung des Wasserstoffs vom Quecksilber beim Amalgamverfahren

Der Wasserstoff wird vielseitig intern oder über Vermarktung verwendet (Hydrierung, Chlorwasserstoffherstellung) bzw. zur Energieerzeugung eingesetzt.

2.1.1.1 Membranverfahren

Alle seit 1987 neu in Betrieb genommenen Alkalichloridelektrolyse-Anlagen arbeiten nach dem Membranverfahren. Der Energieverbrauch ist bei diesem Verfahren, die Nachbehandlung der Produkte mit eingerechnet, im allgemeinen geringer als bei den anderen beiden Verfahren. Abhängig von den Standort- und den Betriebsbedingungen variiert der Energievorteil erheblich (5-20 %).

Beim Membran-Verfahren findet die Elektrolyse in einer Zelle statt, in der Kathode und Anode durch eine kationenleitende Membran getrennt sind. Die hochgereinigte Sole durchfließt den Anodenraum. An der Anode werden Chloridionen zu Chlor oxidiert. Die Natriumionen treten durch die Membran in den Kathodenraum ein, dem verdünnte Natronlauge aus einem Katholytkreislauf zugeführt wird. Aus dem demineralisierten Wasser, das dem Katholytkreislauf zugeführt wird, entsteht an der Nickel-Kathode Wasserstoffgas. Die verbleibenden OH-Ionen und die aus dem Anodenraum eintretenden Natriumionen bilden Natronlauge, die sich im Katholytkreislauf auf bis zu ca. 32-35% anreichert. Ein Teil der aufkonzentrierten Natronlauge wird aus dem Katholytkreislauf abgezogen und üblicherweise in einer Eindampfanlage bis auf etwa 50 % konzentriert, wenn sie nicht vor Ort in der anfallenden Konzentration verwendet werden kann.. Die abgereicherte Sole wird aus dem Anodenraum abgezogen, durch Zugabe von Salzsäure und Natriumhydrogensulfid entchlort, mit Natriumchlorid gesättigt, gereinigt und in die Produktion zurückgeführt.

In der Abbildung 1 ist das Prozessschema eines Membranverfahrens dargestellt.

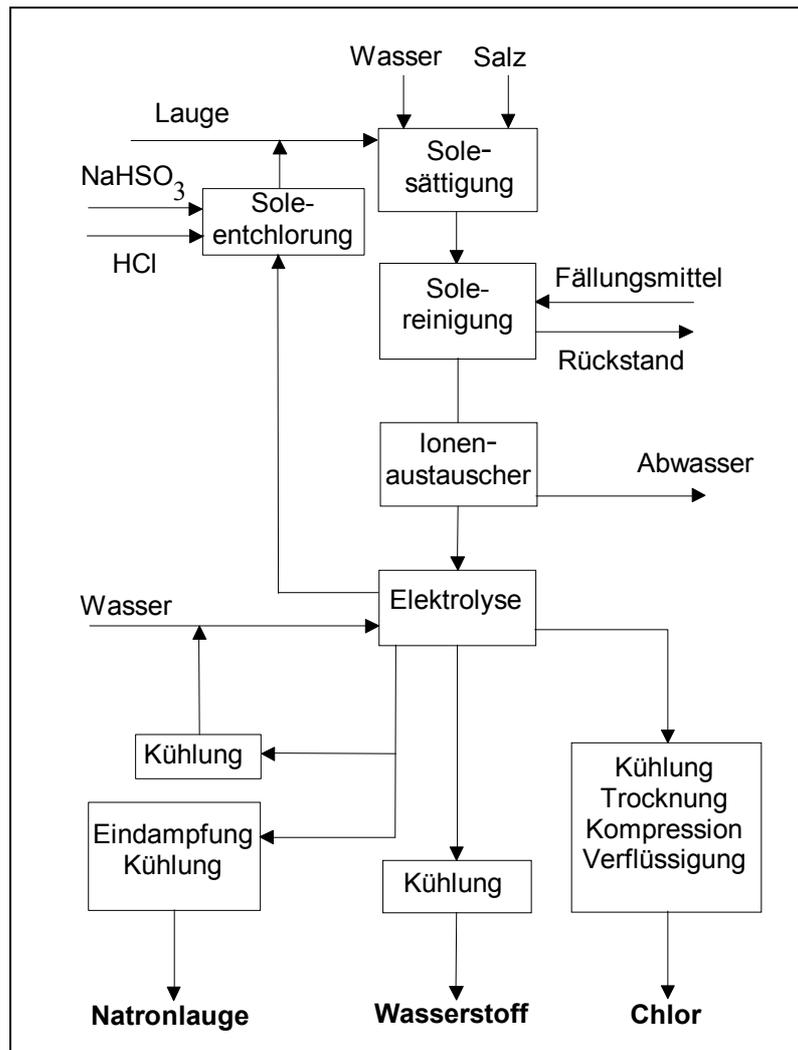


Abbildung 1: Prozessschema der Membran-Verfahren

2.1.1.2 Diaphragmaverfahren

Anoden- und Kathodenraum sind durch ein halbdurchlässiges Diaphragma getrennt, um die Bildung eines explosiven Gemisches aus Chlor- und Wasserstoffgas bzw. die Reaktion von Chlor mit Natronlauge zu Natriumhypochlorit zu verhindern. Die gesättigte Sole durchströmt den Anodenraum, in dem an der Titananode mit Sauerstoff verunreinigtes Chlor gebildet wird. Durch das Diaphragma fließt die Sole in den Kathodenraum. An der Kathode wird Wasserstoff gebildet. Die Sole wird als „Zellenlauge“ mit einem Gehalt von ca. 10-12% Natronlauge und ca. 18% Natriumchlorid abgezogen. Die Natronlaugekonzentration lässt sich durch Reduzierung der Strömungsgeschwindigkeit der Sole erhöhen, allerdings sinkt gleichzeitig die Ausbeute der Anodenreaktion durch verstärkte Migration der OH⁻-Ionen in den Anodenraum. Die Zellenlauge wird auf einen Gehalt von etwa 50% Natronlauge eingedampft, wenn sie nicht am Standort in der anfallenden geringeren Konzentration verwendet werden kann. Dabei kristallisiert das in der Rohlauge enthaltene Natriumchlorid aus. Die so erhaltene Natronlauge hat einen Restgehalt an NaCl von etwa 1-1,5%. Das auskristallisierte Salz ersetzt auf Grund seiner hohen Reinheit Siedesalz und wird in den Betrieben wieder eingesetzt.

Die in Deutschland eingesetzten Diaphragmen bestehen vollständig oder überwiegend aus Chrysotil-Asbest, das von Stahlrahmen gehalten wird. Auf Grund der Bestimmung der Chemikalienverbotsverordnung in der Fassung vom 19.07.1996, zuletzt geändert durch VO vom 22.12.1998, BGBl. I S. 3956, dürfen in neuen Anlagen keine asbesthaltigen Diaphragmen eingesetzt werden.

In Abbildung 2 ist das Prozessschema des Diaphragma-Verfahrens dargestellt

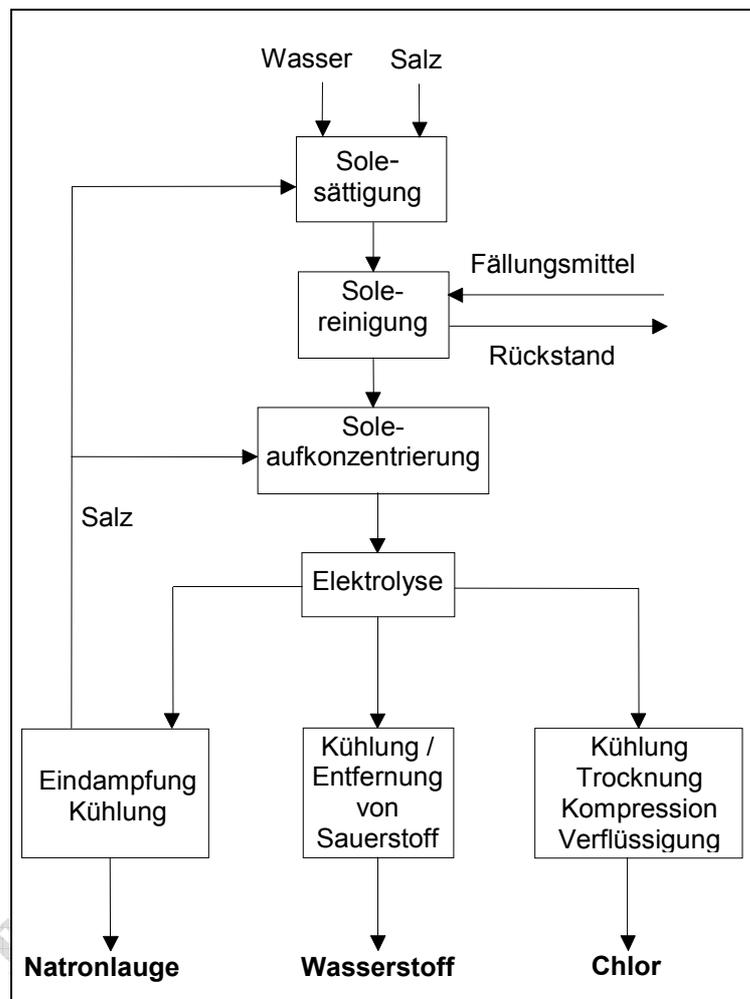


Abbildung 2: Prozessschema des Diaphragma-Verfahrens

2.1.1.3 Amalgamverfahren

Dieses Verfahren hat im allgemeinen den höchsten Energiebedarf aller drei Verfahren. Kathoden- und Anodenraum sind in der Elektrolysezelle nicht getrennt. Als Kathode wird Quecksilber verwendet, um auf Grund der hohen Überspannung am Quecksilber die Wasserstoffbildung an der Kathode zu verhindern. Die Sole muss von Kationen (wie Mg, Ca, Ni, Cr, V) gereinigt werden.

Erdalkalien führen durch Bildung fester Amalgame zur Verschmutzung des Zellenbodens, Übergangsmetalle setzen die Überspannung an der Kathode herab und führen damit zur unerwünschten Wasserstoffbildung.

Die Elektrolysezelle besteht aus einer Wanne mit leicht geneigtem Stahlboden, über den kontinuierlich ein Quecksilberfilm fließt. Der Quecksilberfilm ist als Kathode geschaltet. Die Titananoden sind dicht über dem Quecksilberfilm angeordnet. An den Anoden entsteht relativ reines Chlorgas. Das Kathodenquecksilber reichert sich mit ca. 0,2-0,4% Natrium an.

In einem Zersetzer, der Graphit als Katalysator enthält, wird das Amalgam mit Wasser zersetzt. Hierbei bilden sich Wasserstoffgas und eine annähernd 50%ige Natronlauge. Das Quecksilber wird in die Elektrolysezelle zurückgepumpt. Zur Entfernung von Quecksilberrestmengen wird das Wasserstoffgas tiefgekühlt oder chemisch gereinigt und die Natronlauge filtriert. Die Sole wird entchlort, neu gesättigt und ebenfalls in die Elektrolysezelle zurückgeführt.

In Abbildung 3 ist das Prozessschema des Amalgam-Verfahrens dargestellt.

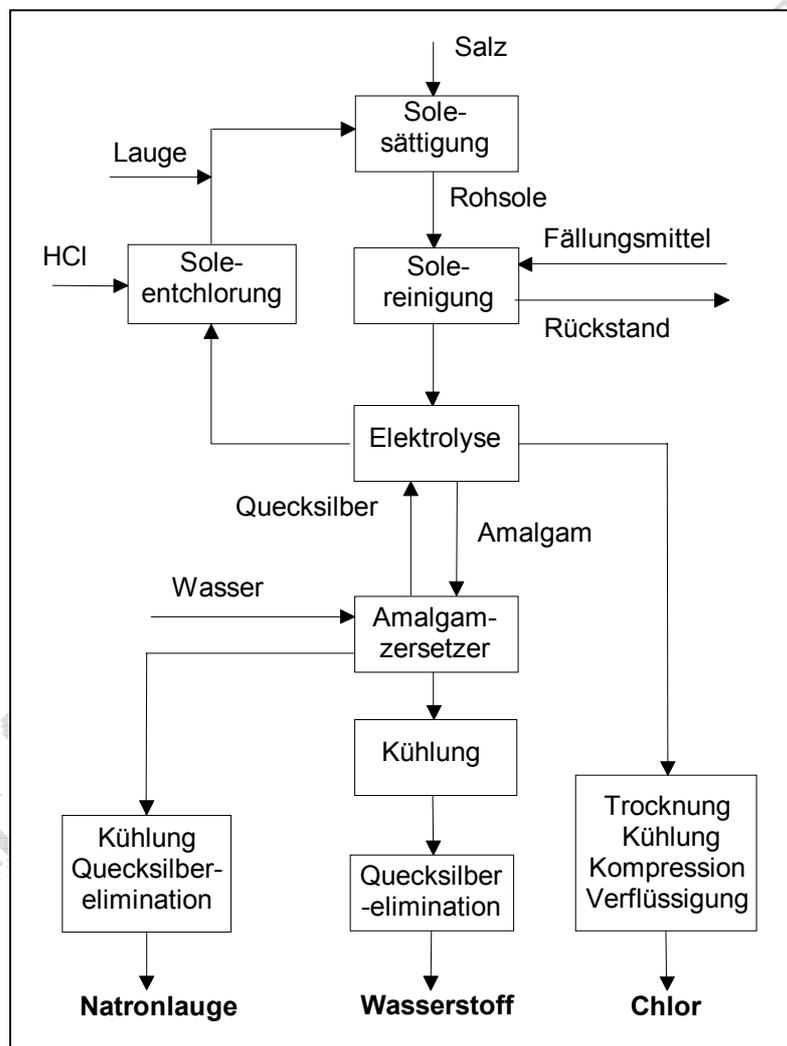


Abbildung 3: Prozessschema des Amalgam-Verfahrens

2.1.2 Herkunft, Anfall und Beschaffenheit des Abwassers

Wasser wird für folgende Prozessschritte genutzt:

- Herstellung der Salzsole für die Elektrolyse,
- Zuführung in den Solekreislauf zur Einstellung der Wasserbilanz,
- Zuführung als Reaktionswasser zu den Zersetzern,
- Sperrwasser für Pumpen,
- Direkteinspritzung in der Chlorkühlung,
- Direkteinspritzung an Chlorgebläsen,
- Zuführung in den Lauge-Kreislauf zur Einstellung der Wasserbilanz beim Membran- und Amalgamprozess,
- Chlor-Absorptionseinheit, in Abhängigkeit der Chlormenge
- sowie Kühlwasser.

Abwasser fällt an bei:

- Reinigungsarbeiten an den Elektrolysezellen und bei Reinigungsarbeiten in den Produktionshallen,
- Ionenaustauschereluate aus der Solefeinreinigung beim Membranprozess.

Wasser wird auch für Kühlzwecke genutzt, hierfür gilt Anhang 31 der AbwV. Prozessabwasser fällt im allgemeinen nicht an.

Das Abwasser kann mit organischen Verunreinigungen belastet sein. Halogenorganische Verbindungen im Abwasser stammen aus der Reaktion von Chlor mit organischen Verunreinigungen in dem verwendeten Rohsalz bzw. aus den verwendeten Dichtungsmaterialien. Das Abwasser des Amalgamverfahrens ist mit Quecksilber (metallisch und gelöst) belastet und wird in nachgeschalteten Reinigungsanlagen entquickt.

2.2 Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren

2.2.1 Maßnahmen zur Abwasservermeidung und Abwasserverminderung

Durch Schließung von Wasserkreisläufen und Wiederverwendung von Prozess- und Reinigungswasser in den einzelnen Prozessstufen kann der Abwasseranfall signifikant verringert werden. Mit dem Einsatz von Siedesalz werden im Vergleich zum Steinsalz geringere Verunreinigungen in den Prozess eingetragen. Die während der Elektrolyse entstehenden Nebenprodukte (z. B. Chlorat) werden gezielt nach dem Elektrolyseprozess zerstört, ein geringer Teil wird auch bei der Primärreinigung der Sole adsorptiv am Fällschlamm gebunden. Dieser Teilstrom wird durch geeignete Reinigungsschritte wie Sedimentation und Filtration von störenden Inhaltsstoffen gereinigt und in den Solekreislauf zurückgeführt. Bei Membrananlagen muss zur Verhinderung der Anreicherung von nichtfällbaren Verunreinigungen ein geringer Soleteilstrom ausgeschleust werden.

Prozessbedingt fällt bei der Amalgamelektrolyse flüssiges Quecksilber auf dem Zellensaalboden an. Mittels porenfreier und rissfreier Zellensaalboden-Beschichtungen (Harz-/Acrylatbeschichtungen) und bei Verwendung von Vakuumreinigern

(Staubsaugerprinzip) für die Beseitigung des Quecksilbers kann der Wassereinsatz für Reinigungszwecke des Zellsaalbodens wesentlich verringert werden.

Deutliche Reduzierungen des Abwasseranfalls werden durch Maßnahmen zum „good housekeeping“ erzielt. Dazu gehört, dass Kühlwasser getrennt von belastetem Reinigungswasser aus der Betriebseinheit möglichst weitergenutzt oder abgeleitet wird. Technologisch bedingtes Spülwasser, wie Spülwasser aus den Einlaufkästen und Kondensate aus den Wasserstoffkühlern werden in den Zersetzer (Amalgamprozess) zurückgeführt. Mit diesen Maßnahmen können spezifische Abwassermengen von 0,5-1 m³/t Chlor erreicht werden.

2.2.2 Maßnahmen zur Abwasserbehandlung

Diskontinuierlich anfallendes Abwasser aus Leckagen und Wartungsarbeiten, das nicht in den Wasserkreislauf der Betriebseinheit zurückgeführt werden kann, wird einer Abwasserbehandlung unterzogen. Dies betrifft insbesondere Abwasser, das beim Wechsel der Membranen und durch Undichtigkeiten der Elektrolysezellen anfällt sowie Reinigungswasser, das aufgrund der Verunreinigungen für die Aufrechterhaltung eines prozessabwasserlosen Produktionsverfahrens nicht der Sole zugeführt werden kann.

In der Abbildung 4 sind zwei typische Verfahren der Abwasserbehandlung einer Elektrolyse nach dem Amalgamverfahren schematisch dargestellt.

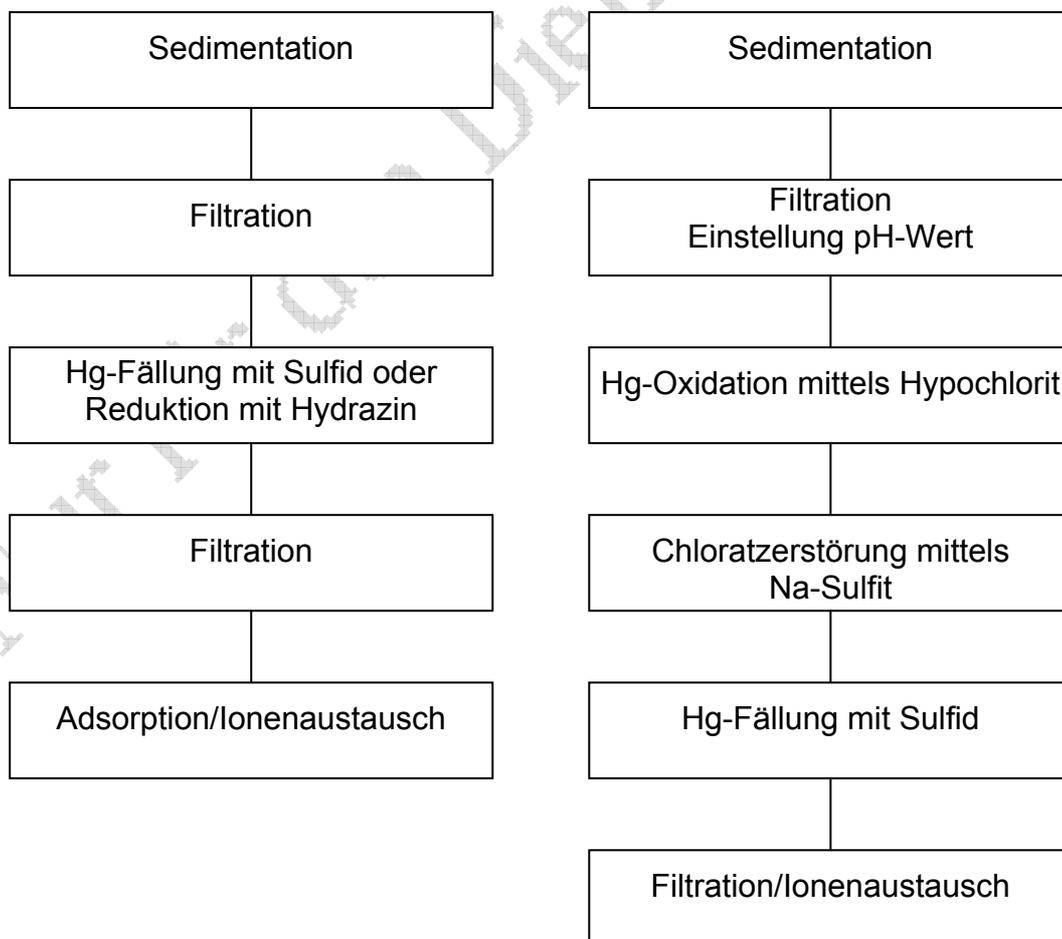


Abbildung 4: typische Abwasserbehandlung beim Amalgamverfahren

Das mit metallischem und gelöstem Quecksilber belastete Abwasser wird im ersten Behandlungsschritt vom metallischen Quecksilber mittels Sedimentation und Filtration entfernt.

Die nachfolgenden Behandlungsstufen unterscheiden sich je nach verwendetem Verfahren:

- Fällung des gelösten Quecksilbers mit Sulfid und Abtrennung des Fällschlammes mittels Filtration oder Reduzierung des gelösten Quecksilbers mit Hydrazin und Abtrennung des metallischen Quecksilbers mittels Sedimentation/Filtration
- Oxidation des gelösten Quecksilbers mit Hypochlorit und anschließende Sulfidfällung mit nachfolgender Filtration/Ionenaustausch.

Zur Restentfernung des Quecksilbers wird das Abwasser bei beiden Verfahren in einer Adsorptionsstufe (Aktiv-Kohle) oder einer Ionenaustauscherstufe behandelt, wobei auch AOX adsorptiv entfernt wird. Mit diesen Behandlungsschritten werden Hg-Konzentrationen von 4 bis 10 µg/l erreicht. Die Anforderungen an den CSB können in der Regel durch die Wahl der Einsatzstoffe oder in einer nachgeschalteten biologischen Abwasserbehandlung erreicht werden.

2.3 Abfallverwertung und Abfallbeseitigung

Die bei der Chloralkalielektrolyse anfallenden Abfälle (z. B. Fällschlämme aus der Soleaufbereitung) und Abfälle aus der Abwasserbehandlung (Fällschlämme) sind entsprechend den abfallrechtlichen Vorschriften zu entsorgen. Wird bei der Behandlung des Abwassers, das bei dem Amalgamverfahren anfällt, Schlamm mit hohem Quecksilbergehalt erzeugt, erfolgt eine Aufarbeitung dieser Schlämme mit dem Ziel der Wiederverwendung des darin enthaltenen Quecksilbers.

3 Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind

3.1 Hinweise für die Auswahl der Parameter

Der **chemische Sauerstoffbedarf (CSB)** ist ein Maß für die chemisch oxidierbaren Inhaltsstoffe. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) wurden aufgenommen, da der AOX ein Maß für die Summe an adsorbierbaren organisch gebundenen Halogenen ist und damit auch gefährliche Stoffe erfasst werden. Der Vorteil einer Bestimmung als Summenparameter besteht unter anderem darin, dass der Aufwand der Überwachung gegenüber der Bestimmung einer Vielzahl von Einzelstoffen erheblich reduziert wird. Der AOX ist gemäß Abwasserabgabengesetz ein für die Ermittlung der Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Freies Chlor wurde aufgenommen, weil dieses toxisch gegenüber Wasserorganismen wirkt.

Quecksilber, wird im Amalgamverfahren als Kathodenmaterial verwendet und ist im Abwasser als typischer Schadstoff zu erwarten. Quecksilber ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Fischgiftigkeit (G_F) Dieser Parameter beruht auf einem biologischen Testverfahren und ist ein Maß für die Schädlichkeit des Abwassers für Fische. Die Fischgiftigkeit ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

3.2 Hinweise für die Auswahl von Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen

Aufgrund örtlicher Gegebenheiten kann es erforderlich sein, weitere Parameter wie Temperatur und pH-Wert in der wasserrechtlichen Einleitungserlaubnis zu begrenzen.

4 Anforderungen an die Abwassereinleitungen

4.1 Anforderungen nach § 7a WHG

Siehe Anhang 42 zur Abwasserverordnung.

4.2 Weitergehende Anforderungen

Wenn aus Gründen des Gewässerschutzes weitergehende Anforderungen an die Einleitung zu stellen sind, können durch geeignete gezielte Maßnahmen, insbesondere in höher belasteten Abwasserteilströmen, geringere Schadstofffrachten erzielt werden.

4.3 Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregelungen

keine

4.4 Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen

Die Richtlinie 96/61/EG des Rates vom 24.09.1996 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) legt integrierte, medienübergreifende Regelungen für die Genehmigungsverfahren für bestimmte industrielle Tätigkeiten und Anlagen fest. Zu den im Anhang 1 der Richtlinie festgelegten Tätigkeiten und Anlagen gehört auch die Chloralkalielektrolyse. Die Mitgliedstaaten haben durch diese Richtlinie sicherzustellen, dass Anlagen, die unter die Richtlinie fallen, gemäß den besten verfügbaren Techniken (BVT) genehmigt und betrieben werden. Zu den besten verfügbaren Techniken werden von der Kommission Beschreibungen veröffentlicht (BAT-reference documents – BREF). Vom EIPPC-Büro der Kommission wurde ein entsprechendes Dokument im Oktober 2000 erarbeitet (Reference Document on Best Available Techniques in the Chlor-Alkali Manufacturing industry). Die in den vorliegenden Hinweisen und Erläuterungen

für den Anhang für neue Einleitungen beschriebenen Techniken entsprechen den besten verfügbaren Techniken (BVT). Für vorhandene Einleitungen wurden vom Stand der Technik abweichende Anforderungen festgelegt.

Mit dem Anhang 42 wird den Forderungen der Richtlinie des Rates 82/176/EWG vom 22. März 1982 betreffend Grenzwerte und Qualitätsziele für die Quecksilberableitungen aus dem Industriezweig Alkalielektrolyse (ABl. Nr. L81 vom 27.03.1982, S.29) entsprochen.

Im Rahmen der Festlegung der prioritären und prioritär gefährlichen Stoffe als Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie (2000/60 EG) und der nach Artikel 16 festzulegenden Strategien gegen die Wasserverschmutzung werden von der Kommission und dem Europaparlament Maßnahmen für prioritäre gefährliche Stoffe zur Beendigung oder schrittweisen Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten festgelegt. Für prioritäre Stoffe zielen die Maßnahmen auf eine schrittweise Reduzierung ab. Quecksilber ist als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft, danach darf der Zeitplan für die Beendigung der Quecksilberemissionen nach Verabschiedung entsprechender Maßnahmen auf europäischer Ebene 20 Jahre nicht überschreiten. Der europäische Chlorverband (EURO CHLOR) hat sich in seiner freiwilligen Erklärung vom Februar 2001 zum Ausstieg aus dem Amalgamverfahren zur Herstellung von Alkalilauge bis zum Jahr 2020 verpflichtet und nochmals bestätigt, dass Neuanlagen auf quecksilberfreier Basis errichtet werden sowie keine Erweiterungen der Zellenzahl bestehender Amalgamanlagen erfolgen.

Entsprechend der Erklärung der 3.INK und dem OSPAR-Beschluss 90/3 sollen bestehende Chlor-Alkali-Betriebe auf Quecksilberbasis so bald wie möglich auf nationaler Ebene schrittweise stillgelegt werden und zwar mit dem Ziel der vollständigen Stilllegung bis zum Jahre 2010.

5 Übergangsregelungen und -fristen (§ 7a Abs. 3 WHG)

Soweit die Anforderungen noch nicht eingehalten sind, erscheint unter Berücksichtigung der Planungs- und Ausführungszeiten aus technischer Sicht ein Zeitraum von drei Jahren angemessen.

6 Hinweise zur Fortschreibung

Der Anhang 42 ist fortzuschreiben, sobald erkennbar ist, dass sich der Stand der Technik geändert hat oder die Überwachungsergebnisse eine Verschärfung rechtfertigen. Die Anforderungen für vorhandene Einleitungen sind regelmäßig zu überprüfen, ob sie dem internationalen Stand der Technik (Einführung der Membrantechnik) entsprechen.

7 Literatur

/1/ Bundesanzeiger, Abwasserrecht , Bundesanzeiger Nr. 164 a vom 2. September 1999

/2/ Ullmann, Enzyklopädie der technischen Chemie

/3/ BREF-Dokument zu Chloralkalielektrolyse (Oktober 2000), EIPPCB Sevilla

8 Erarbeitung der Grundlagen

Die Grundlagen für das Hintergrundpapier des Anhang 42 wurden vom Umweltbundesamt (Herrn Dr. Wunderlich und Herrn Fricke) erarbeitet.

Nur für den Dienstgebrauch