

**Hinweise und Erläuterungen
zum Anhang 23**

**Anlagen zur biologischen Behandlung von Abfällen
der Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von Abwasser
in Gewässer**

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	Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren	4
2.1.1.1	Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA)	5
2.1.1.2	Mechanisch-biologische Stabilisierung (MBS)	8
2.1.2	Anfallstellen und Beschaffenheit des Abwassers	10
2.2	Maßnahmen zur Abwasservermeidung und Abwasserbehandlung	11
2.2.1	Maßnahmen zur Abwasservermeidung	11
2.2.2	Maßnahmen zur Abwasserbehandlung	12
2.2.2.1	Eindampfung	13
2.2.2.2	Adsorption an Aktivkohle	14
2.2.2.3	Membranverfahren	15
2.2.2.4	Nassoxidation	17
2.2.2.5	Fällung / Flockung / Neutralisation	18
2.2.2.6	Biologische Verfahren	19
3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind	20
3.1	Hinweise für die Auswahl der Parameter	20
3.2	Hinweise für die Auswahl von Parametern, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen	22
4	Anforderungen an die Abwassereinleitung	22
4.1	Anforderungen nach § 7a WHG	22
4.2	Weitergehende Anforderungen	22
4.3	Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregelungen 22	
4.4	Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen	22
5	Übergangsregelungen und -fristen (§ 7a Abs. 3 WHG)	24
6	Hinweise zur Fortschreibung	24
7	Literatur	24
8	Erarbeitung von Grundlagen	25

1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang gilt für

1. Abwasser, dessen Schadstofffracht im Wesentlichen aus Anlagen zur biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen und anderen wie Siedlungsabfälle zu behandelnden Abfällen stammt und
2. das im Bereich dieser Anlagen betriebsspezifisch verunreinigte Niederschlagswasser.

Dieser Anhang gilt nicht für Abwasser aus Anlagen zur Behandlung von getrennt gesammelten Bioabfällen, aus Anlagen zur Herstellung von Kompost, aus indirekten Kühlsystemen und aus der Betriebswasseraufbereitung.

2 Abwasseranfall und Abwasserbehandlung

2.1 Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers

In Anlagen zur biologischen Behandlung von Siedlungsabfällen werden Abfälle behandelt, die als Siedlungsabfälle aus Haushalten und Gewerbebetrieben stammen. Über Haushalte und Gewerbebetriebe werden mit Ausnahme der gefährlichen Abfälle alle Industrie- und Gewerbeprodukte entsorgt, so dass im Prinzip alle im Handel vorkommenden Substanzen in den Abfällen enthalten sein können. Die Zusammensetzung dieser Abfälle kann bezüglich ihrer Beschaffenheit nicht kontrolliert werden. Ebenso wenig sind alle in einer Behandlungsanlage ablaufenden stofflichen Reaktionen vorhersehbar und im Einzelnen bekannt. Aus diesem Grund kann eine Vielzahl chemischer Verbindungen im Prozesswasser einer biologischen Abfallbehandlungsanlage enthalten sein.

In diesen Anlagen werden Siedlungsabfälle oder andere Abfälle mit biologisch abbaubaren Anteilen mit biologischen oder einer Kombination von biologischen und physikalischen Verfahren behandelt, wobei biologisch stabilisierte Abfälle, heizwertreiche Fraktionen, Ersatzbrennstoffe bzw. Biogase erzeugt werden. Zu einer biologi-

schen Abfallbehandlungsanlage gehören insbesondere folgende Einrichtungen:

- zur Anlieferung, Eingangskontrolle, Entladung und Lagerung der Abfälle und der anfallenden Reststoffe sowie zu ihrem Transport, ihrem Umschlag und ihrer Dosierung,
- zur mechanischen Aufbereitung oder zur physikalischen Trennung der Abfälle oder der anfallenden Reststoffe als Vorbehandlungs- und Nachbehandlungseinrichtungen vor und nach der biologischen Behandlung (wie zum Abscheiden oder Aussortieren von Metallen, Folien oder anderen Stör- oder Wertstoffen, zum Entwässern, zum Homogenisieren oder Mischen, zum Klassieren oder Sortieren durch Sieben, Windsichten oder hydraulisches Trennen, zum Pelletieren, zum Trocknen, zum Verpressen oder zum Zerkleinern),
- zur biologischen Behandlung der Abfälle unter aeroben oder anaeroben Bedingungen und
- für die Abgasreinigung bzw. für die Behandlung von Prozesswasser und Brüdenkondensaten.

Siedlungsabfälle werden nach der Abfallablagereungsverordnung (AbfAbIV) definiert als Abfälle aus Haushaltungen sowie Abfälle aus anderen Herkunftsbereichen, die aufgrund ihrer Beschaffenheit oder Zusammensetzung den Abfällen aus Haushaltungen ähnlich sind, beispielsweise Sperrmüll, hausmüllartige Gewerbeabfälle, Garten- und Parkabfälle, Marktabfälle und Straßenreinigungsabfälle.

Der Abwasseranfall ergibt sich aus den eingetragenen Wassermengen abzüglich der Restfeuchte des behandelten Abfalls und der Abluft.

2.1.1 Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren

Es kommen zwei Verfahrensvarianten der biologischen Abfallbehandlung mit unterschiedlicher Zielrichtung zur Anwendung. Bei der mechanisch-biologischen Abfallbehandlung (MBA) wird ein Abfall hergestellt, der anschließend unter Berücksichtigung der abfallrechtlichen Vorschriften auf einer Deponie der Deponieklasse II abgelagert

werden darf. Bei der mechanisch-biologischen Stabilisierung (MBS) wird der Abfall so aufbereitet, dass dieser einer energetischen Verwertung zugeführt werden kann.

2.1.1.1 Mechanisch-biologische Abfallbehandlung (MBA)

Bei dem in Abbildung 1 dargestellten MBA-Verfahren wird aus den Siedlungsabfällen im Rahmen der mechanischen Aufbereitung eine organikhaltige Feinfraktion abgetrennt, um sie nach biologischer Behandlung auf der Deponie abzulagern.

Die mechanische Aufbereitung der Abfälle stellt den ersten Schritt der Behandlung dar, wobei eine Abtrennung von Störstoffen, Schwergut, Metallen und heizwertreichen Abfallbestandteilen stattfindet. Die verbleibende organikhaltige Feinfraktion gelangt zur biologischen Behandlung.

Die Abtrennung der heizwertreichen Abfallfraktion nach unterschiedlicher Qualität (Auftrennung in hoch- und mittelkalorische Anteile) sowie der Umfang der internen Aufbereitung (Zerkleinerung, Trocknung, Metallabscheidung, Abtrennung von Schwerteilen und chlorhaltigen Kunststoffen etc.) ist abhängig von den Anforderungen der nachfolgenden externen Aufbereitung und energetischen Verwertung.

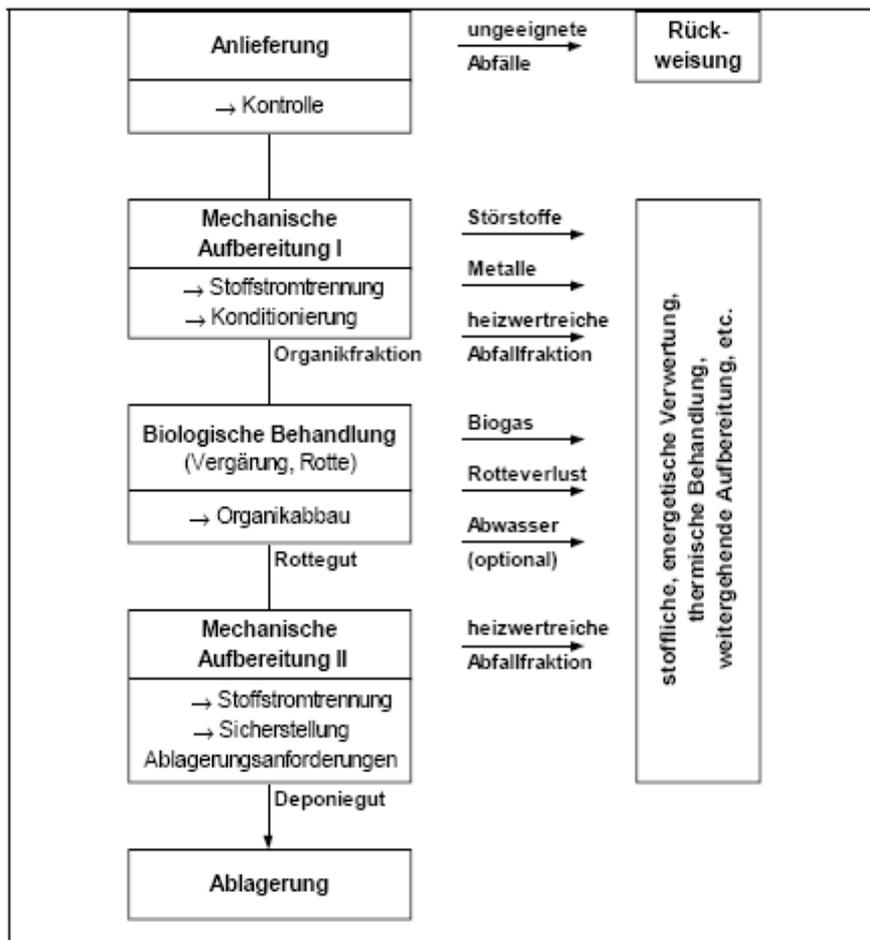


Abbildung 1: Verfahrensablauf einer MBA

Die biologische Behandlung der Feinfraktion dient dem weitgehenden Abbau der organischen Substanz bis zum Erreichen der Ablagerungsbedingungen des Anhanges II der Abfallablagerversordnung. Sie kann wahlweise als reine Rotte oder als Kombination aus Vergärung mit anschließender Nachrotte ausgeführt werden.

Sofern die Ablagerungsbedingungen nach der biologischen Behandlung noch nicht eingehalten werden, kann bei Bedarf aus dem Rottegut über eine zusätzliche mechanische Stufe eine weitere heizwertreiche Fraktion abgetrennt werden. Diese Trennstufe kann auch zwischen Vor- und Nachrottstufe angeordnet werden.

Aerobe Verfahren

In aerob arbeitenden Anlagen fällt in der Regel kein Abwasser an. Das aus dem

Rotteprozess anfallende Prozesswasser, bei der Prozessluft- und Abluftreinigung anfallende Waschwasser und Brüdenkondensate können zur Befeuchtung des Rottematerials wiederverwendet werden. Eine Befeuchtung der Abfälle ist bei diesem Verfahren erforderlich, um die biologischen Abbauprozesse zu gewährleisten. Ammoniumhaltige Flüssigkeiten aus der sauren Gaswäsche dürfen nicht zur Befeuchtung des Rohmaterials eingesetzt werden, da sie zu Störungen der Abbauprozesse führen. Sie sind als Abfall einer geeigneten Entsorgung zuzuführen.

Anaerobe Verfahren

Bei den anaerob arbeitenden Anlagen unterscheidet man zwischen Nass- und Trockenvergärungsanlagen, die als Teilstrom- oder Vollstromvergärung sowie als einstufige oder mehrstufige Verfahren realisiert werden können.

In den **Nassvergärungsanlagen** werden die zu behandelnden Abfallstoffe durch Zugabe von Wasser auf einen Trockenmassegehalt von weniger als 10 % eingestellt. Das Maischwasser wird weitgehend im Kreislauf gefahren. Um eine Anreicherung der im Prozesswasser enthaltenen Hemm- und Schadstoffe zu vermeiden, ist eine Teilausschleusung erforderlich.

Bei **Trockenvergärungsanlagen** (Trockenmasse von 25-40 %) ist je nach Behandlungskonzept mit Anfall von Abwasser zu rechnen.

Bei der **Teilstromvergärung**, bisher ausschließlich eine Variante der Trockenvergärung, wird nur ein abgetrennter Feinanteil aus der biogenen Abfallfraktion dem anaeroben Behandlungsprozess zugeführt. Die Behandlung der verbleibenden biogenen Fraktionen erfolgt gemeinsam mit den Gärrückständen aerob in einer Rotte. Die Teilstromvergärungsanlagen können meistens abwasserfrei betrieben werden.

In **Vollstromvergärungsanlagen** hingegen wird die gesamte biogene Abfallfraktion dem anaeroben Behandlungsprozess mit anschließender aerober Nachbehandlung zugeführt. Diese Anlagen können je nach Verfahrenskonzept und Abfallzusammen-

setzung abwasserfrei betrieben werden.

Bei **einstufigen** Vergärungsanlagen erfolgen die Reaktionsschritte Hydrolyse und Methanisierung in einem Reaktor, bei **mehrstufigen** Verfahren in getrennten Reaktoren. Perkolationsverfahren sind eine spezielle Variante der mehrstufigen Verfahren, wobei dem anaeroben Behandlungsprozess eine Hydrolyse unter aeroben Bedingungen vorgeschaltet ist.

Mit anaeroben Behandlungsschritten allein können in der Regel die Zuordnungskriterien zur Ablagerungsverordnung auf der Deponie nicht eingehalten werden, eine nachgeschaltete aerobe Behandlung ist daher erforderlich. Dieser aerobe Behandlungsschritt kann in der flüssigen Phase oder nach der Entwässerung des Gärrückstandes in einer Nachrotte erfolgen.

2.1.1.2 Mechanisch-biologische Stabilisierung (MBS)

Beim MBS-Verfahren (Abbildung 2) werden die Abfälle zur Verbesserung der Aufbereitungseigenschaften vorab „biologisch getrocknet“. In der ersten Aufbereitungsstufe erfolgt eine Konditionierung für die nachfolgende Trocknung (im Wesentlichen eine Zerkleinerung). Der biologischen Trocknung wird in der Regel der gesamte Abfallstrom zugeführt, um bei möglichst geringem Abbau der organischen Bestandteile die Feuchte in den Abfällen zu reduzieren. Dabei wird die bei der Selbsterhitzung der organischen Abfallbestandteile frei werdende Wärme in Verbindung mit intensiver Belüftung gezielt zur Trocknung der Abfälle genutzt.

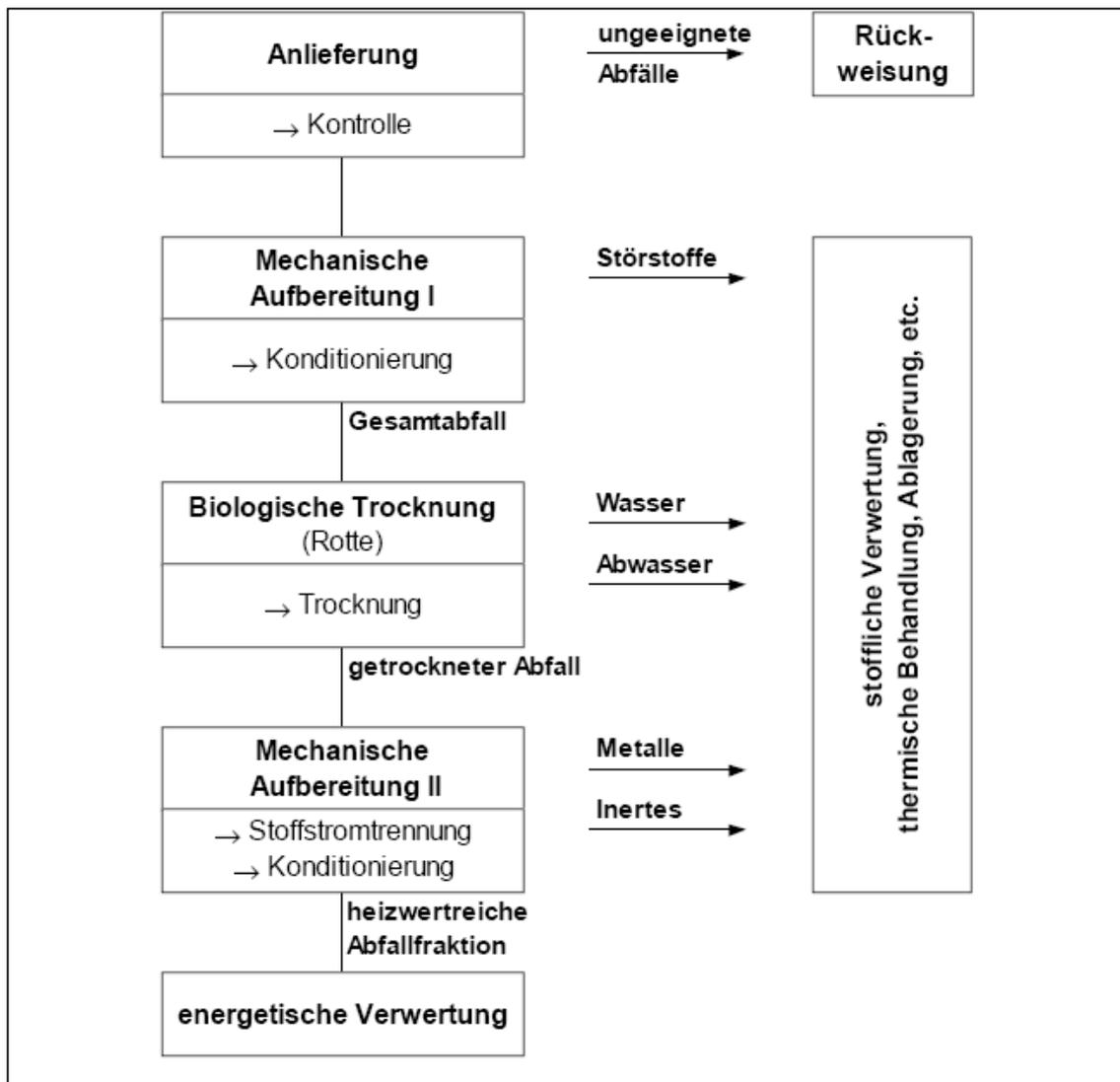


Abbildung 2: Verfahrensablauf einer MBS mit biologischer Trocknung

Aufgrund des vergleichsweise geringen Luftbedarfes im biologischen Prozess (gegenüber dem MBA-Verfahren) können bei den MBS-Verfahren die bei der Trocknung der Abfälle verdunsteten Wassermengen in der Regel nicht vollständig mit dem Abgasstrom aus dem System ausgetragen werden. Bei der Prozessluftaufbereitung fallen Brüdenkondensate an, die mengenmäßig nicht vollständig zur Befeuchtung des Rohmaterials eingesetzt werden können.

In der anschließenden mechanischen Aufbereitung werden die getrockneten Abfälle nach Abtrennung von Metallen, Inert- und Störstoffen in eine oder mehrere heizwertreiche Abfallfraktionen unterschiedlicher Qualität aufgeteilt (z. B. mittel- und hochka-

lorische Abfallfraktion).

2.1.2 Anfallstellen und Beschaffenheit des Abwassers

Prozesswasser bei der biologischen Abfallbehandlung kann in den aeroben und in den anaeroben Behandlungsschritten sowie in der Abgas- und Prozessluftbehandlung anfallen. Die Mengen und die Konzentrationen der Inhaltstoffe weisen – in Abhängigkeit vom Behandlungsverfahren und den Betriebsbedingungen - große Bandbreiten auf. Bei den aeroben Behandlungsschritten (Rotte) fallen in der Regel nur sehr geringe Prozesswassermengen als Press- oder Sickerwasser aus den Rottemieten an. In der anaeroben Behandlung (Vergärung) kann Prozesswasser bei der Perkolation, der Fermentation, der Entwässerung nach Fermentation und der weiteren Behandlung der Gärrückstände entstehen. Bei der Abgasreinigung und der Prozessluftbehandlung können Kondensate und wässrige Lösungen aus der Gaswäsche anfallen.

Die überwiegende Anzahl der biologischen Abfallbehandlungsanlagen arbeitet abwasserfrei. Die wenigen Anlagen, in denen Abwasser anfällt, befinden sich noch in der Inbetriebnahme- oder Optimierungsphase. Aus diesem Grunde sind bisher nur wenige Untersuchungsergebnisse der Prozess- und Abwasserzusammensetzung veröffentlicht. In der Tabelle 1 sind die Konzentrationsbereiche für bestimmte Prozesswasserinhaltsstoffe aus den unterschiedlichen Anfallstellen der MBA aufgelistet.

Parameter		Rotte	Vergärung	Kondensate
CSB	mg/l	4.000 – 90.000	2.000 - 60.000	500 – 1.900
BSB ₅	mg/l	2.000 – 8.200	110 – 53.000	190*
N _{ges}	mg/l	1.100 – 3.400	1.300 – 3.300	280*
Chlorid ⁻	mg/l		1.500 – 8.800	
Leitfähigkeit	mS/cm	10 - 24	3,4 – 54,2	

*Mittelwert

Tabelle 1: Prozesswasserinhaltsstoffe für verschiedene Anfallstellen der MBA

2.2 Maßnahmen zur Abwasservermeidung und Abwasserbehandlung

2.2.1 Maßnahmen zur Abwasservermeidung

Die Möglichkeiten zur Abwasservermeidung bei biologischen Abfallbehandlungsanlagen bestehen in

- der Kreislaufführung und Mehrfachnutzung von Prozesswasser sowie
- der Vermeidung des Eintrages von Niederschlagswasser in die Abfalllager und Abfallbehandlungsflächen durch Einhausung, Überdachung oder Abdeckung.

Aufgrund der Kreislaufführung und Mehrfachnutzung des Prozesswassers wird in Deutschland die überwiegende Anzahl der biologischen Abfallbehandlungsanlagen bereits abwasserfrei betrieben. Nur bei einer geringen Anzahl von MBA-Konzepten mit anaerober Behandlungsstufe (z.B. Nassvergärung) können die anfallenden Prozesswassermengen nicht vollständig verfahrensintern genutzt werden, so dass ein Austrag von Überschusswasser aus dem Verfahrensprozess erforderlich ist und somit Abwasser anfällt.

Eine betriebsinterne Nutzung von Prozesswasser ist in folgenden Anlagenteilen einer biologischen Behandlungsanlage möglich:

Aerobe biologische Behandlung (Rotte)

Im Rotteprozess werden die biologisch gut abbaubaren organischen Bestandteile der Abfälle in einer exothermen Reaktion abgebaut. Der Austrag der Reaktionswärme erfolgt durch eine intensive Belüftung und die Verdunstung des im Rottegut enthaltenen Wassers. Eine Befeuchtung der Abfälle vor Eintrag in die Rotte und auch während des Rotteprozesses (z.B. beim Umsetzen der Mieten) ist erforderlich, damit die biologischen Abbauprozesse nicht durch Überhitzung oder Austrocknung des Rottegutes zum Erliegen kommen. Zur Befeuchtung des Rottegutes können

- Press- oder Sickerwasser aus den Rottemieten,

- Prozesswasser aus der Perkolation, der Fermentation, der Entwässerung sowie der weiteren Behandlung der Gärückstände und
- Kondensate und wässrige Lösungen aus der Abgasreinigung und der Prozessluftaufbereitung

genutzt werden.

Anaerobe biologische Behandlung (Vergärung)

Vergärungsprozesse benötigen Wasser zur Anmischung oder zur Perkolation der Abfälle. Der Wasserbedarf wird durch Mehrfachnutzung und Kreislaufführung des Prozesswassers minimiert. Die Mehrfachnutzung führt jedoch zu einer Anreicherung von organischen und anorganischen Stoffen im Kreislauf, die zu einer Beeinträchtigung des biologischen Prozesses oder einer verstärkten Korrosion in der Behandlungsanlage führen können. Eine Reduzierung der Schadstofffracht im Prozesswasserkreislauf erfolgt durch Aufbereitung (z.B. Umkehrosmose) oder Ausschleusung des Prozesswassers. Dieses Wasser kann in anderen Anlagenteilen, z.B. zur Befeuchtung des Rottegutes, genutzt werden.

Abgasbehandlung und Prozessluftaufbereitung

In biologischen Abfallbehandlungsanlagen mit optimierter Mehrfachnutzung und Kreislaufführung der Prozessluft können die im biologischen Prozess verdunsteten Wassermengen nicht vollständig mit dem Abgasstrom aus dem System ausgetragen werden. Dies ist insbesondere bei biologischen Stabilisierungsanlagen der Fall. In der Prozessluftaufbereitung fällt durch Kühlung in den Wärmetauschern mehr Kondensat an, als zur Befeuchtung des Rohmaterials erforderlich ist. Der Prozessluftstrom kann in Kühltürmen behandelt und die überschüssigen Kondensate nach Aufbereitung als Kühlwasser eingesetzt werden. Sofern beim gewählten Kühlsystem Abschlämmwasser anfällt, kann es dem Rotteprozess zur Befeuchtung zugeführt werden.

2.2.2 Maßnahmen zur Abwasserbehandlung

Die Anforderungen können durch eine Kombination aus chemischen, physikalischen

oder biologischen Abwasserbehandlungsverfahren erreicht werden. Eingesetzt werden Stofftrennungsverfahren (Eindampfung, Adsorption, Filtration, Nanofiltration, Ultrafiltration, Umkehrosiose und Zentrifugation) und Stoffumwandlungsverfahren (Nassoxidation, Fällung, Neutralisation, anaerobe und aerobe biologische Abwasserbehandlung).

2.2.2.1 Eindampfung

Verfahrensbeschreibung

Ziel des Verfahrens ist die Anreicherung der Abwasserinhaltsstoffe. Durch den Einsatz mehrerer Verdampferstufen und Vakuum (zur Herabsetzung der Siedetemperatur) kann der Energieeinsatz minimiert werden. In Abhängigkeit von der Temperatur verläuft die Verdampfung im Allgemeinen ohne chemische Stoffumwandlung. Bei der Anreicherung können sich Phasen bilden, die eine weitere Stoffabtrennung begünstigen (z.B. Kristallisation). In Abbildung 3 ist das Fließschema einer Abwasser-eindampfanlage dargestellt.

Eignung des Verfahrens

Das Verfahren ist vor allem geeignet, um aus hoch belastetem Abwasser gezielt sämtliche nicht wasserdampflichtige anorganische und organische Inhaltsstoffe zu eliminieren. Z. B. kann durch Umkehrosiose oder Ultrafiltration voreingedicktes Abwasser weiter angereichert werden. In der Regel muss das Kondensat gereinigt werden.

Anfallende Abfälle

Der Eindampfrückstand kann, so weit er nicht für Wertstoffrückgewinnung geeignet ist, nach entsprechender Nachbehandlung (Trocknen, Entwässern, Konditionieren) je nach Inhaltsstoffen deponiert werden. Hierbei sind die Bestimmungen der Abfallablagereungsverordnung und der Deponieverordnung zu beachten.

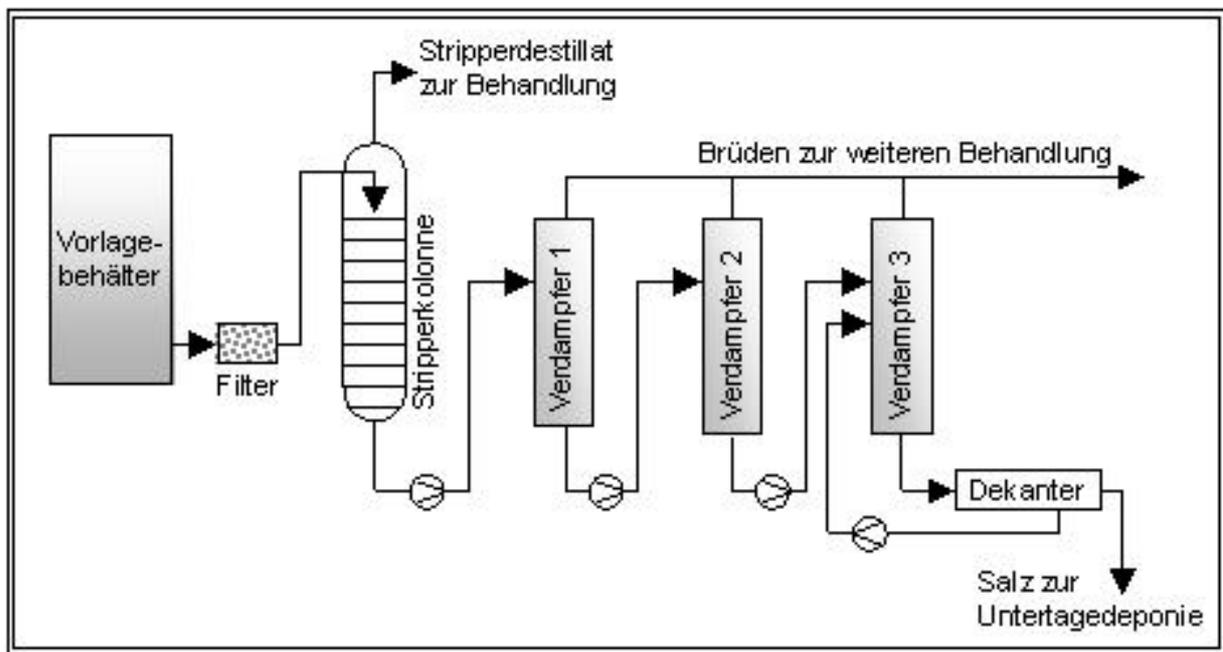


Abbildung 3: Fließschema einer Abwassereindampfanlage

2.2.2.2 Adsorption an Aktivkohle

Verfahrensbeschreibung

Durch Adsorption an Aktivkohle können Inhaltsstoffe aus dem Abwasser entfernt werden. Dabei wird entweder das Abwasser über mehrere hintereinander geschaltete, mit kornförmiger Aktivkohle gefüllte Adsorbersäulen geleitet, oder dem Abwasser wird pulverförmige Aktivkohle zugegeben. Die kornförmige Aktivkohle kann regeneriert werden.

Vor der Aktivkohlebehandlung sind die Feststoffe abzutrennen, da sie ansonsten die Oberfläche der Aktivkohle belegen und damit die vorhandenen Porenstrukturen blockieren. Die Praxis zeigt, dass zunächst die biologisch leicht abbaubaren Moleküle und erst danach die schwer abbaubaren, z.B. chlororganische Verbindungen, adsorbiert werden.

Eignung des Verfahrens

Das Verfahren ist geeignet, adsorbierbare Schadstoffe oder Schadstoffgruppen (z.B. AOX) abzutrennen. Dazu wird es auf den Einzelfall angepasst (Form und Eigenschaften der Kohle, Adsorptionszeit, Säulengrößen und -anordnungen usw.).

Anfallende Abfälle

Bei Einsatz von Pulverkohle wird diese nach Gebrauch vom Abwasser abgetrennt und verbrannt. Bei Einsatz von Kornkohlen werden diese meist in externen Anlagen regeneriert.

2.2.2.3 Membranverfahren

Verfahrensbeschreibung

Membranverfahren sind in der Lage, ohne nennenswerten Einsatz von Chemikalien organische und anorganische Lösungen anzureichern. Dabei passiert das Lösemittel die Membran, während die Inhaltsstoffe, abhängig von der Porenweite der Membran (Mikro-, Ultra-, Nanofiltration und Umkehrosmose), zurückgehalten werden (s. Tabelle 2). Zurück bleibt das Retentat (Konzentrat). Der durch die Membran transportierte Stoff wird Permeat genannt.

Trennverfahren	Porengröße	Molekulargewicht der abzutrennenden Substanz
Mikrofiltration	>0,6 µm	>500000 g/mol
Ultrafiltration	0,1 - 0,01 µm	1000 - 500000 g/mol
Nanofiltration	0,01 - 0,001 µm	100 - 1000 g/mol
Umkehrosmose	<0,001 µm	<100 g/mol

Tabelle 2: Einsatz von Membranverfahren

In Abbildung 4 wird der Verfahrensablauf einer Umkehrosmose dargestellt.

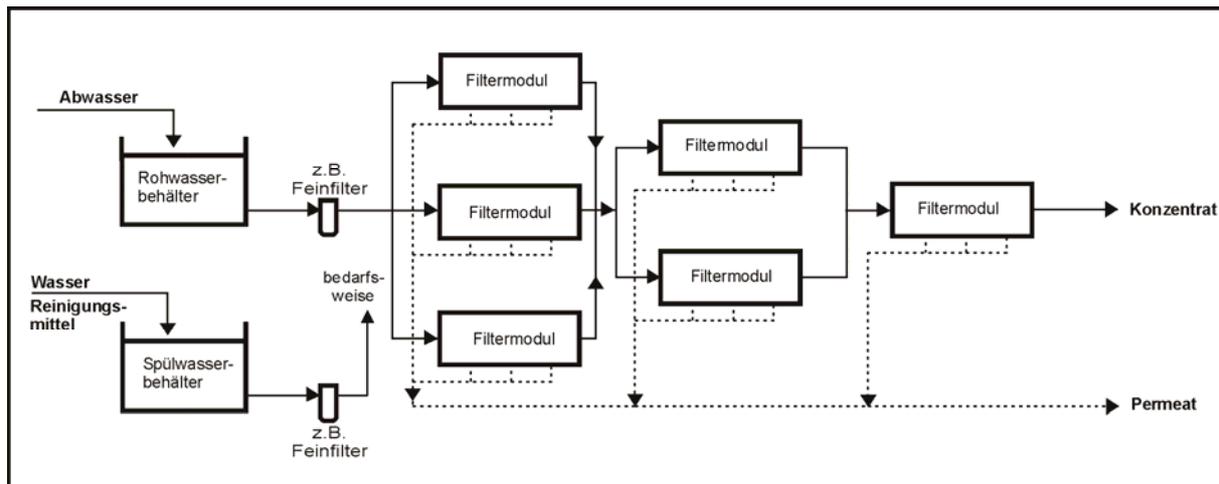


Abbildung 4 : Fließbild einer Umkehrosmose-Anlage

Eignung des Verfahrens

Membranverfahren als Verfahren der Stofftrennung und Stoffanreicherung haben sich bei der Aufbereitung von Wasser und Abwasser bewährt, da aufgrund der physikalischen Trennung - außer zur Membranreinigung - keine Chemikalien benötigt werden.

Die Anwendbarkeit von Membranverfahren wird neben der Konstruktion und Gestaltung der Module / Membransysteme auch beeinflusst durch

- schädigende Faktoren (freies Chlor, organische Lösemittel, starke Oxidationsmittel),
- verblockende Faktoren (Fouling durch Metallhydroxide, Kolloide, biologisch aktive oder organische Substanzen und Scaling durch Ausfällungen schwerlöslicher Salze),
- leistungsmindernde Faktoren (osmotischer Druck, Viskosität).

Diese Faktoren erfordern eine detaillierte Voruntersuchung des zu behandelnden Abwassers auf

- Auswahl der Membranen (Polymer oder Keramik),
- Werkstoffauswahl für die Module (Kunststoff, Stahl),
- notwendige Vorbehandlungsschritte (z.B. Filtration, Inhibierung),
- Reinigungsprogramme (sauer, alkalisch, Biozidbehandlung).

Anfallende Abfälle

Das anfallende Konzentrat ist einer weiteren Behandlung (z.B. Eindampfung) zuzuführen oder zu entsorgen.

2.2.2.4 Nassoxidation

Verfahrensbeschreibung

Hochbelastetes Abwasser kann mit H_2O_2 , mit Ozon allein oder mit Ozon und UV in einer Kombination mit biologischen Verfahren behandelt werden. Schwer abbaubare organische Verbindungen und toxische Inhaltsstoffe werden hierbei zu CO_2 und H_2O oder zu biologisch leichter abbaubaren Stoffen umgesetzt.

Wie Abbildung 5 beispielhaft darstellt, können durch die Kombination der Ozonbehandlung mit biologischen Verfahren zusätzlich Stickstoffverbindungen abgebaut werden.

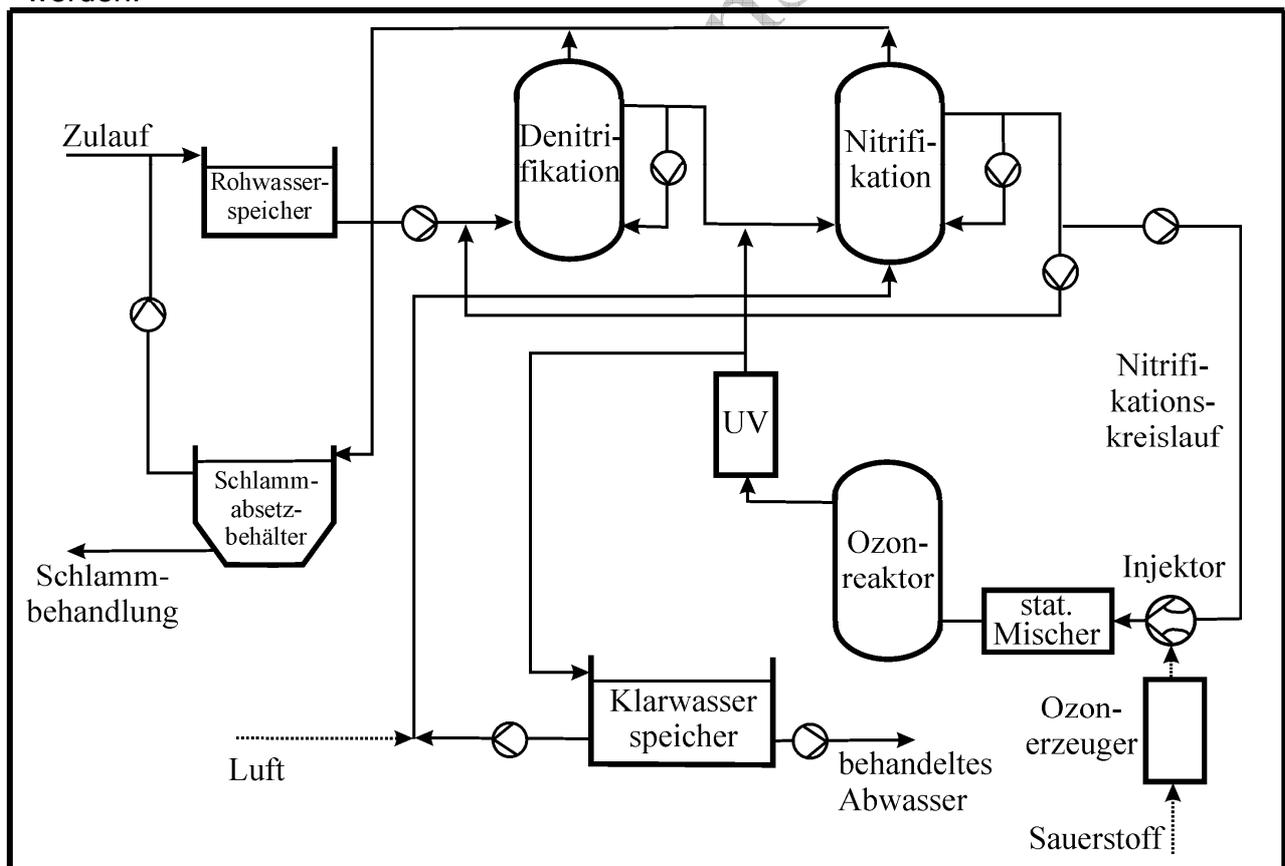


Abbildung 5: Verfahrensschema einer biologischen Behandlung mit Ozon/UV

Eignung des Verfahrens

Ozon reicht in vielen Fällen zur Umwandlung der organischen Inhaltsstoffe aus. Gegebenenfalls ist eine zusätzliche UV-Behandlung hilfreich. Bei Wasserstoffperoxid ist auf jeden Fall eine Aktivierung durch Zugabe von zweiwertigem Eisen als Katalysator (Fenton's Reagenz) oder Einsatz von UV-Licht notwendig (Bildung von OH-Radikalen).

Grenzen des Verfahrens

Längerkettige aliphatische Verbindungen ohne Doppelbindungen werden durch eine Ozon/UV-Behandlung nicht verändert. Bei farbigem oder getrübbtem Abwasser ist eine Ozon/UV-Behandlung ungeeignet. Hohe Salzkonzentrationen führen zu Störungen.

Anfallende Abfälle

Je nach Art des Abwassers kann Schlamm anfallen.

2.2.2.5 Fällung / Flockung / Neutralisation

Verfahrensbeschreibung

Die Fällung überführt gelöste anorganische und organische Stoffe durch eine chemische Reaktion in die ungelöste Phase. Hierfür werden Fällmittel (z. B. Alkalilaugen, Sulfidlösungen, Organosulfidlösungen, Eisensalzlösungen) eingesetzt. Bei der Flockung werden feinsuspendierte oder kolloidal gelöste Stoffe mit geeigneten Hilfsmitteln durch chemisch/physikalische Prozesse (Destabilisierung, Mikro- und Makroflockenbildung) in einen Zustand überführt, in welchem sie durch mechanische Verfahren (z.B. Sedimentation, Flotation, Filtration) von der flüssigen Phase abgetrennt werden können. In der Praxis laufen Fällung und Flockung zusammen mit Adsorptionsvorgängen häufig parallel ab.

Eignung des Verfahrens

Das bevorzugte Einsatzgebiet der chemischen Fällung ist die Abtrennung von Metallionen aus Abwasser sowie die chemische Phosphatelimination. Mit diesem Verfahren werden auch suspendierte Stoffe und höhermolekulare Verbindungen entfernt.

Grenzen des Verfahrens

Im Abwasser vorhandene bestimmte anorganische und organische Komplexbildner, hohe Neutralsalzkonzentrationen und grenzflächenaktive Inhaltsstoffe können stören bzw. Fällungsreaktionen verhindern.

Anfallende Abfälle

Schwermetallhaltige Schlämme in Form von Hydroxiden und Sulfiden bzw. organische Fällungs- und Flockungsprodukte.

2.2.2.6 Biologische Verfahren

Verfahrensbeschreibung

Für die Elimination biologisch abbaubarer organischer Verbindungen sowie Stickstoff- und Phosphorverbindungen werden biologische Behandlungsverfahren eingesetzt. Der mikrobielle Abbau kann aerob oder anaerob erfolgen.

Eignung des Verfahrens

Die aerobe Abwasserbehandlung ist auf Grund der Verschiedenartigkeit der Bakterienpopulation besonders geeignet, eine große Breite verschiedener Substanzen abzubauen. Bei organisch hoch belastetem Abwasser eignen sich insbesondere anaerobe Abwasserbehandlungsverfahren. Auch sind schwer abbaubare Abwasserinhaltsstoffe einer anaeroben Behandlung besser zugänglich. Im Gegensatz zur aeroben Abwasserbehandlung kann mit der anaeroben Behandlung keine Vollreinigung erzielt werden. Eine Nachbehandlung ist in jedem Fall erforderlich.

Grenzen des Verfahrens

Bestimmte organische und anorganische Inhaltsstoffe des Abwassers können toxisch auf die Bakterienpopulation wirken.

Anfallende Abfälle

Überschussschlamm.

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 und ermöglicht als Summenparameter die Beurteilung der Leistung der Abwasserbehandlungsanlage. Mit dem CSB werden auch die schwer abbaubaren organischen Stoffe erfasst. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter. Zur Überwachung des Parameters CSB kann auch der Parameter **Organisch gebundener Kohlenstoff** (Total Organic Carbon = **TOC**) verwendet werden. Beide Parameter erfassen ähnliche Schädwirkungen. Die Anwendung des TOC ist von Vorteil, da er deutlich schneller und weniger aufwändig bestimmt werden kann, hierbei erheblich kleinere Arbeitsschutzrisiken bestehen und auf den Einsatz problematischer Chemikalien weitgehend verzichtet werden kann.

Mit dem **biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅)** werden die im Abwasser vorhandenen, biologisch abbaubaren organischen Inhaltsstoffe erfasst. Der BSB₅ wurde aufgenommen, weil er ein geeigneter Summenparameter zur Beurteilung der biologischen Reinigungsleistung ist. Er ist ein Maß für die durch die Einleitung zu erwartende Sauerstoffzehrung im Gewässer.

Stickstoff, gesamt (N_{ges}) als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff wurde aufgenommen, weil Stickstoffverbindungen als Nährstoffe das Algenwachstum fördern und neben Phosphor limitierender Faktor für die Eutrophierung werden können. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter. Zur Überwachung des Parameters Stickstoff, gesamt kann auch der Parameter gesamter gebundener Stickstoff (TN_b) verwendet werden.

Phosphor, gesamt muss in der Regel für die biologische Behandlung zugegeben werden. Er wurde aufgenommen, weil Phosphorverbindungen als Nährstoffe das Algenwachstum fördern und neben Stickstoff limitierender Faktor für die Eutrophierung sind. Er ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Kohlenwasserstoffe, gesamt können in gelöster, emulgierter oder in ungelöster Form vorliegen und die Gewässerbeschaffenheit in verschiedener Weise beeinträchtigen.

Adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) sind ein Maß für die Summe der adsorbierbaren organisch gebundenen Halogene. AOX ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Die Schwermetalle **Blei, Cadmium, Chrom, Kupfer, Nickel** und **Quecksilber** sowie **Zink** und **Arsen** zählen zu den persistenten und toxischen Stoffen. Blei und Nickel zählen zu den prioritären, Quecksilber und Cadmium zu den prioritären gefährlichen Stoffen im Sinne der Wasserrahmenrichtlinie. Quecksilber, Cadmium, Blei, Kupfer, Nickel und Chrom sind für die Abwasserabgabe maßgebende Parameter.

Chrom(VI) wurde aufgenommen, weil es toxisch auf Wasserorganismen wirkt.

Cyanid, leicht freisetzbar wurde aufgenommen, weil es toxisch auf Wasserorganismen wirkt.

Sulfid, leicht freisetzbar wurde aufgenommen, weil gelöste Sulfide und Schwefelwasserstoff toxisch gegenüber Wasserorganismen sind. Sulfide sind typische Inhaltsstoffe von Abwasser aus Abfallbehandlungsanlagen und sehr geruchsintensiv.

Die **Giftigkeit gegenüber Fischeiern (G_{Ei})** ist ein Maß für die Schädlichkeit des Abwassers gegenüber Fischeiern. Sie ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Die **Giftigkeiten gegenüber Leuchtbakterien (G_L)** und **Daphnien (G_D)** sind ein Maß für die Schädlichkeit des Abwassers. Aus Abfallbehandlungsanlagen ist besonders komplexes Abwasser mit vielen Inhaltsstoffen zu erwarten, für deren Wirkung neben dem Fischeitertest (Parameter des AbwAG) weitere Biotests in den Anhang auf-

genommen wurden. Des Weiteren sind sie ein Kriterium für die Zulassung zur nachfolgenden gemeinsamen biologischen Behandlung.

3.2 Hinweise für die Auswahl von Parametern, 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. Es kann weiterhin erforderlich sein, im Einzelfall bestimmte für die Einleitung relevante Einzelstoffe zu begrenzen.

4 Anforderungen an die Abwassereinleitung

4.1 Anforderungen nach § 7a WHG

Siehe Anhang 23 der Abwasserverordnung.

4.2 Weitergehende Anforderungen

Aus Gründen des Gewässerschutzes können weitergehende Anforderungen an die Einleitung erforderlich sein. In diesem Fall müssen durch geeignete Maßnahmen geringere Schadstofffrachten erreicht werden, zum Beispiel durch Hinzufügen einer weiteren Reinigungsstufe.

4.3 Alternative anlagenbezogene Anforderungen und Überwachungsregelungen

Keine.

4.4 Berücksichtigung internationaler und supranationaler Regelungen

Die Richtlinie 2008/1/EG des Rates vom 15. Januar 2008 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (IVU-Richtlinie) legt integrierte, medienübergreifende Regelungen für die Genehmigungsverfahren für be-

stimmte industrielle Tätigkeiten und Anlagen fest. Zu den im Anhang 1 der Richtlinie festgelegten Tätigkeiten und Anlagen gehören auch Abfallbehandlungsanlagen. Die Mitgliedstaaten haben sicherzustellen, dass die der Richtlinie unterfallenden Anlagen gemäß den besten verfügbaren Techniken (BVT) - in Deutschland nach dem Stand der Technik - genehmigt und betrieben werden. Zu den besten verfügbaren Techniken werden von der EU-Kommission Beschreibungen herausgegeben (BAT-Reference Documents - BREF). Die in den vorliegenden Hinweisen und Erläuterungen beschriebenen Techniken entsprechen den besten verfügbaren Techniken im BREF-Dokument „Best Available Techniques for the Waste Treatments Industries“ vom Oktober 2006.

Die Entscheidung Nr. 2455/2001/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 20. November 2001 zur Festlegung der Liste prioritärer Stoffe im Bereich der Wasserpolitik und zur Änderung der Richtlinie 2000/60/EG (Wasserrahmenrichtlinie) ist am 21. November 2001 in Kraft getreten (ABl. EG vom 15.12.2001 Nr. L 331 S. 1). Damit sind prioritäre und prioritäre gefährliche Stoffe als Anhang X der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) festgelegt worden. Nach Artikel 16 festzulegende Strategien gegen die Wasserverschmutzung werden vom Europäischen Parlament und dem Rat festgelegt. Dies betrifft Maßnahmen zur schrittweisen Reduzierung der prioritären Stoffe sowie zur Beendigung oder schrittweisen Einstellung von Einleitungen, Emissionen und Verlusten prioritärer gefährlicher Stoffe. Der Zeitplan für die Beendigung der Emissionen der prioritären gefährlichen Stoffe darf nach Verabschiedung entsprechender Maßnahmen durch den Rat und das Parlament auf europäischer Ebene 20 Jahre nicht überschreiten. Für prioritäre Stoffe zielen die Maßnahmen auf eine schrittweise Reduzierung ab. Von der Liste der prioritären Stoffe des Anhangs X der Wasserrahmenrichtlinie sind für folgende Stoffe Regelungen enthalten:

- Nickel und Blei als prioritäre Stoffe,
- Quecksilber und Cadmium als prioritäre gefährliche Stoffe.

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

Soweit die Anforderungen noch nicht eingehalten sind, erscheint für die Errichtung oder Erweiterung von Abwasserbehandlungsanlagen unter Berücksichtigung der Planungs- und Ausführungszeiten ein Zeitraum bis zu drei Jahren angemessen. Bei IVU-Anlagen entsprechend Anhang I der IVU-Richtlinie musste der Stand der Technik bis spätestens 30. Oktober 2007 realisiert sein.

6 Hinweise zur Fortschreibung

Der Anhang 23 ist fortzuschreiben, sobald erkennbar ist, dass sich der Stand der Technik geändert hat oder die Überwachungsergebnisse eine Anpassung rechtfertigen.

7 Literatur

Abwasserrecht, 3. Auflage, Bundesanzeiger-Verlag, Köln, ISBN 3-89817-285-6

Richtlinie 2008/1/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Januar 2008 über die integrierte Vermeidung und Verminderung der Umweltverschmutzung (2008/1/EG) vom 15. Januar 2008, ABl. EG L 24 S. 8

GRASSMANN, P.; WIDMER, F.: Einführung in die thermische Verfahrenstechnik, 2. Auflage, Berlin, New York 1974

HARTINGER, L.: Handbuch der Abwasser- und Recyclingtechnik, Carl Hanser Verlag, München 1991

Umweltbundesamt: Forschungsbericht „Stand der Technik bei chem./phys. Verfahren zur Abfallbehandlung“ Texte 23/91, Berlin 1991

Verordnung über die umweltverträgliche Ablagerung von Siedlungsabfällen und über biologische Abfallbehandlungsanlagen (AbfAbIV) vom 20. Februar 2001 (BGBl. I S.305), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 13. Dezember 2006 (BGBl. I, S.2860).

Verordnung über Deponien und Langzeitlager (Deponieverordnung - DepV) vom 24. Juli 2002 (BGBl. I S. 2807), zuletzt geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 13. Dezember 2006 (BGBl. I S. 2860).

8 Erarbeitung von Grundlagen

Die Grundlagen für die Hinweise und Erläuterungen des Anhangs 23 wurden in einer Arbeitsgruppe von Behörden- und Industrievertretern unter Leitung von Herrn Butz, Umweltbundesamt Dessau, erarbeitet.

Nur für den Dienstgebrauch