

Hinweise und Erläuterungen zum Anhang 28
- Herstellung von Papier und Pappe -

**der Verordnung über Anforderungen an das Einleiten von
Abwasser in Gewässer**

Nur für den Dienstgebrauch

1	Anwendungsbereich	3
2	Abwasseranfall und Abwasserbehandlung	4
2.1	Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers	4
2.1.1	Herstellung und Verarbeitungsverfahren	4
2.1.1.1	Einsatzstoffe	4
2.1.1.2	Verfahrensschritte.....	5
2.1.2	Herkunft des Abwassers.....	8
2.1.3	Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit	8
2.1.3.1	Abwasseranfall	8
2.1.3.2	Abwasserbeschaffenheit.....	8
2.2	Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren.....	9
2.2.1	Maßnahmen zur Abwasservermeidung	9
2.2.2	Maßnahmen zur Abwasserbehandlung	12
2.2.2.1	Biologische Verfahren.....	12
2.2.2.2	Weitergehende Reinigungsverfahren	13
2.2.2.3	Abwasserbehandlungsverfahren bei den einzelnen Herkunftsbereichen.....	14
2.3	Abfallverwertung und Abfallbeseitigung	16
3	Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind	16
3.1	Hinweise für die Auswahl der Parameter	16
3.2	Hinweise auf solche Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen	16
4	Anforderungen an die Abwassereinleitungen	16
4.1	Anforderungen nach § 7a WHG.....	16
4.2	Weitergehende Anforderungen	17
4.3	Alternative Anforderungen und Überwachungsregelungen.....	17
4.4	Berücksichtigung inter- und supranationaler Regelungen.....	17
5	Übergangsregelungen und -fristen (§ 7 a Abs. 3 WHG)	18
6	Hinweise zur Fortschreibung	18
7	Literatur	18
8	Erarbeitung der Grundlagen.....	19

1 Anwendungsbereich

Dieser Anhang gilt Abwasser, dessen Schmutzfracht im Wesentlichen aus der Herstellung von Papier und Pappe stammt.

Der Anhang gilt nicht für das Abwasser aus indirekten Kühlsystemen und aus der Betriebswasseraufbereitung.

Die Weiterverarbeitung von Papier und Pappe, z. B. zu Wellpappe oder Tapeten, fällt nicht unter den Anwendungsbereich. Bis auf einen geringen Anfall an Reinigungswasser erfolgt die Weiterverarbeitung abwasserfrei.

Papier, Karton und Pappe sind flächenartige Werkstoffe, die aus Fasern – vornehmlich pflanzlichen Ursprungs – und Hilfsstoffen (chemische Additive) bestehen und aus wässriger Suspension durch Entwässern auf einem oder mehreren Sieben hergestellt werden. Dabei entsteht ein Faservlies, das anschließend gepresst und getrocknet wird. Die Festigkeit resultiert überwiegend aus der Wirkung von Oberflächenkräften zwischen Wasser und den freien Hydroxylgruppen der Cellulose. Diese Bindekräfte entwickeln sich bei der Entfernung des Wassers von der Faseroberfläche, z.B. beim Trocknen. Ihre Entstehung ist reversibel; beim Hinzutritt von Wasser verliert Papier seine Festigkeit. Papier und Pappe unterscheiden sich hauptsächlich durch ihre flächenbezogene Masse (DIN 6730). Der im folgenden gebrauchte Ausdruck „Papier“ umfasst daher auch die Begriffe „Karton“ und „Pappe“.

In der Bundesrepublik Deutschland gab es 2001 ca. 130 Papier erzeugende Unternehmen an ca. 195 Produktionsstandorten, von denen etwa 60 % Direkteinleiter sind. Auf die Produktion bezogen ergibt sich folgendes Bild: Das Abwasser von 78 % der Papiererzeugung wird in betriebseigenen und von 15 % in kommunalen Abwasserbehandlungsanlagen mechanisch/biologisch behandelt. Fünf Prozent des Papiers wird in geschlossenem Kreislauf erzeugt. Das Abwasser von 2 % der Papierproduktion wird in einer betriebseigenen Behandlungsanlage ausschließlich mechanisch gereinigt. Abbildung 1 zeigt die Verteilung der Papierproduktion nach Hauptsorten.

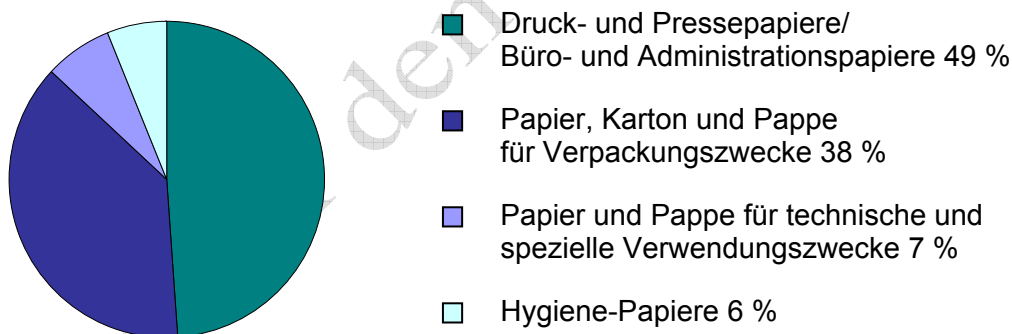


Abbildung 1: Erzeugung von Papier, Karton und Pappe nach Hauptsorten (2001)

2 Abwasseranfall und Abwasserbehandlung

2.1 Herkunft, Menge und Beschaffenheit des Rohabwassers

2.1.1 Herstellung und Verarbeitungsverfahren

2.1.1.1 Einsatzstoffe

Bei der Herstellung von Papier werden im Wesentlichen folgende Rohstoffe verwendet:

Holzstoff ist allein oder überwiegend mit mechanischen Mitteln aus Holz hergestelltes Fasermaterial. Je nach Herstellungsverfahren unterscheidet man zwischen

- **Holzschliff (Steinschliff)** (GWP = Groundwood Pulp)
Stammholz wird unter atmosphärischem Druck an Schleifsteinen zerkleinert.
- **Druckschliff** (PWG = Pressurized Stone Groundwood Pulp)
Stammholz wird unter Überdruck an Schleifsteinen zerkleinert.
- **Refinerholzstoff (RMP = Refiner Mechanical Pulp)**
Hackschnitzel werden zwischen Mahlscheiben zerkleinert.
- **Thermomechanischer Holzstoff (TMP Thermomechanical Pulp)**
Mit Dampf vorbehandelte Hackschnitzel werden bei Temperaturen über 100 °C unter Überdruck zwischen Mahlscheiben zerkleinert.
- **Alkalisch-Peroxid-Thermomechanischer Holzstoff (APTMP Alkaline-Peroxide-Thermomechanical Pulp)**
APTMP ist ein thermomechanischer Holzstoff TMP mit einer Alkali-Peroxid-Vorbehandlungstufe.
- **Chemothermomechanischer Holzstoff (CTMP = Chemo-Thermomechanical Pulp)**
Mit Dampf und Chemikalien (z.B. Natriumbisulfit) vorbehandelte Hackschnitzel werden bei Temperaturen über 100 °C unter Überdruck zwischen Mahlscheiben zerkleinert.

Folgende Verfahrensschritte werden bei der Herstellung von Holzstoff angewendet:

- **Entrinden**
Die Holzstämmen werden auf trockenem Wege von der Rinde befreit. Dadurch ist der Abwasseranfall gegenüber dem Nassentrinden verringert.
- **Zerfasern**
Durch mechanisches Zerfasern wird das Holz unter Zugabe von Wasser zu Holzstoff verarbeitet. Dabei entsteht Reibungswärme. Holzbestandteile gehen in Lösung.
- **Reinigen**
Störende Bestandteile werden ausgeschleust und können teilweise ins Abwasser gelangen.
- **Entwässern**
Der Holzstoff wird entwässert, das Wasser wird zum überwiegenden Teil im Kreislauf geführt.
- **Bleichen**
Durch Zusatz von chlorfreien Bleichmitteln (im wesentlichen Natriumdithionit und Wasserstoffperoxid) wird der Holzstoff aufgehellt, wobei auch Holzbestandteile in Lösung gehen können.

Zellstoff ist ein aus pflanzlichen Rohstoffen durch chemischen Aufschluss erhaltener Halbstoff. Die Zellstoffherzeugung fällt unter den Anwendungsbereich des Anhangs 19.

Altpapierfaserstoff wird aus gebrauchten und ungebrauchten Papieren, Karton und Pappen hergestellt, die als Faserrohstoff für eine Wiederverwendung geeignet und bestimmt sind (vergl. Altpapier-Liste der Deutschen Standardsorten und ihre Qualitäten). Ca. 71 % des deutschen Papier- und Pappeverbrauchs werden als Altpapier erfasst. Recyceltes Altpapier macht in Deutschland ca. 60 % der zur Papierherstellung eingesetzten Rohstoffe aus. Zur Faserstoffaufbereitung wird das Altpapier in Wasser suspendiert. Je nach erzeugtem Produkt wird der Faserstoff anschließend noch deinkt (De-inking = Entfernung der Druckfarbe, DIP = De-inkt Pulp) und gebleicht (z.B. mit Wasserstoffperoxid oder Natriumdithionit).

Chemiefasern und andere industriell hergestellte Fasern z.B. Glasfasern, Mineralfasern, Kunststofffasern werden zur Erzielung besonderer Eigenschaften des Papiers eingesetzt.

Hilfsstoffe für die Papierherstellung sind z.B. Leime, Leimfixiermittel, Retentionsmittel, Verfestiger, Streichmassen, Nassfestmittel, Komplexbildner, Füllstoffe und Farbstoffe (vgl. Nomenklatur der Papierhilfsmittel). Es handelt sich hierbei um eine große Zahl sehr unterschiedlicher anorganischer und organischer Produkte, die teilweise gut, zum Teil jedoch praktisch nicht wasserlöslich sind.

Der am häufigsten eingesetzte **Komplexbildner** ist das biologisch schwer abbaubare Diethylentriaminpentaacetat (DTPA). Es wird zur Verhinderung der Zersetzung von Wasserstoffperoxid durch Schwermetallionen (insbesondere Eisen- und Manganionen) eingesetzt.

Nassfestmittel bewirken, dass Papiere wie Teebeutel, Tapeten, Banknoten, Filterpapiere, Etiketten, Haushaltstücher auch in durchnässtem Zustand die erforderliche Festigkeit aufweisen. Bei den Hilfsstoffen sind chlorhydrinhaltige Nassfestmittel (Epichlorhydrinharze) der wesentlichste Faktor für die AOX-Belastung.

2.1.1.2 Verfahrensschritte

Bei der Herstellung von Papier werden im Wesentlichen die folgenden Verfahrensschritte zum Teil auch kombiniert oder mehrfach angewendet (einzelne Verfahrensschritte können auch entfallen):

- Suspendieren
Verteilen der Faserrohstoffe im Wasser
- Reinigen/Sortieren
Befreiung der Suspension von störenden Bestandteilen.
- De-inken
Entfernung der Druckfarben aus der Faserstoffsuspension z.B. durch Flotation oder Wäsche.
- Mahlen
Je nach gewünschten Papiereigenschaften werden die Fasern gekürzt und fibrilliert.
- Verdünnen
Verdünnung der Suspension mit Wasser, so dass je nach den gewünschten Eigenschaften des Papierblattes und den Erfordernissen der Papiermaschine die Blattbildung möglich wird.
- Blattbilden
Auf umlaufenden Lang- oder Rundsieben wird durch raschen Wasserentzug das Papiervlies gebildet.
- Entwässern
Durch Saugen und Pressen wird dem Papiervlies weiter Wasser entzogen.

- **Trocknen**
Das Papiervlies wird durch thermische Behandlung getrocknet.
- **Veredeln**
Durch Imprägnieren, Streichen, Beschichten, chemisches und/oder mechanisch-thermisches Behandeln in oder außerhalb der Papiermaschine (z.B. in der Leimpresse, Streichanlage) können besondere Produkteigenschaften erzielt werden.

Liegt nach der Faserstoffaufbereitung die gereinigte und ggf. gemahlene Faserstoffsuspension vor, kann aus ihr auf geeigneten Maschinen Papier, Karton und Pappe hergestellt werden. Dem fertig aufbereiteten Faserstoff können je nach der zu erzeugenden Papierqualität Papierhilfsmittel zugesetzt werden. Am Ende der Papiermaschine wird die Bahn aufgerollt und bei Bedarf einer anschließenden Oberflächenveredlung oder einer anderweitigen Weiterverarbeitung unterzogen.

Den Ablauf der Papierherstellung zeigen die Abbildungen 2a und 2b.

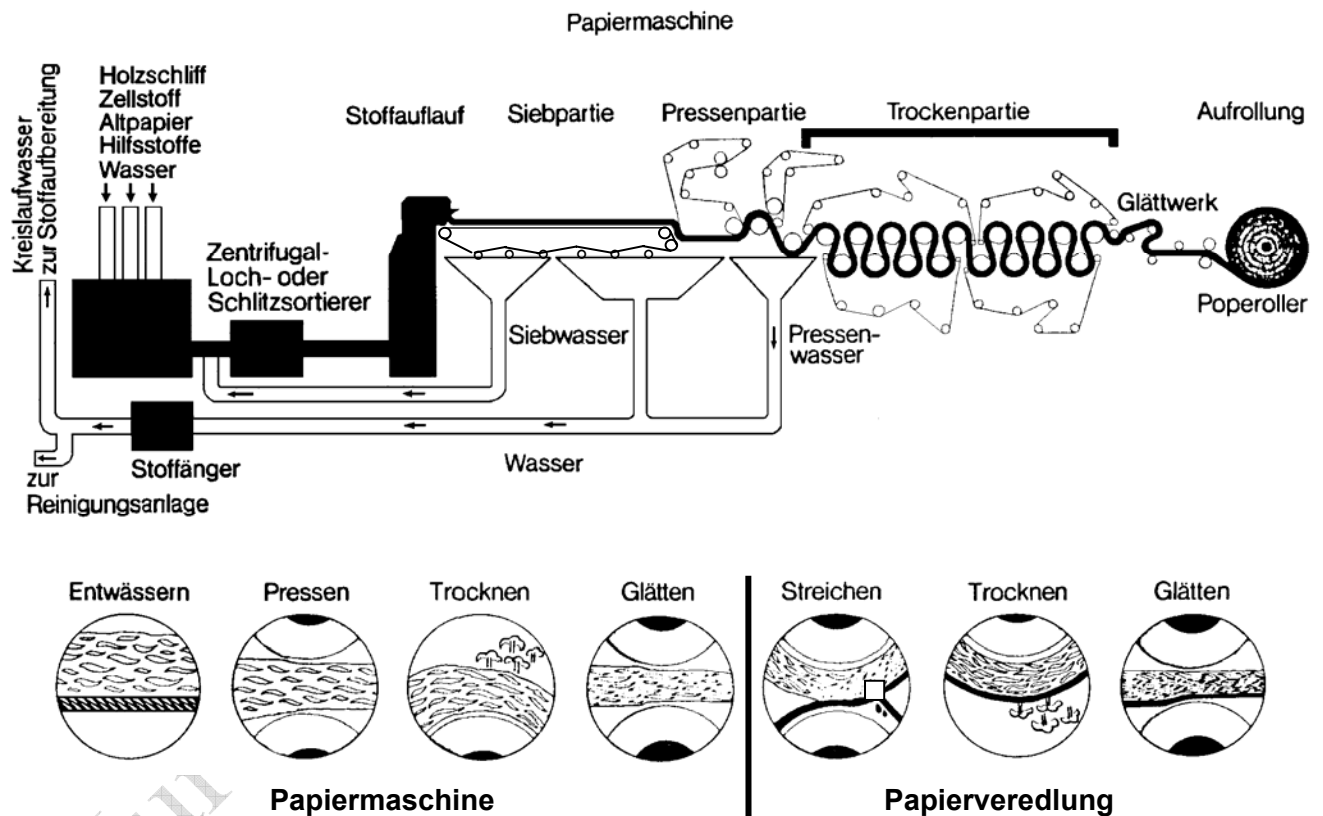


Abbildung 2a: Schema der Papierherstellung

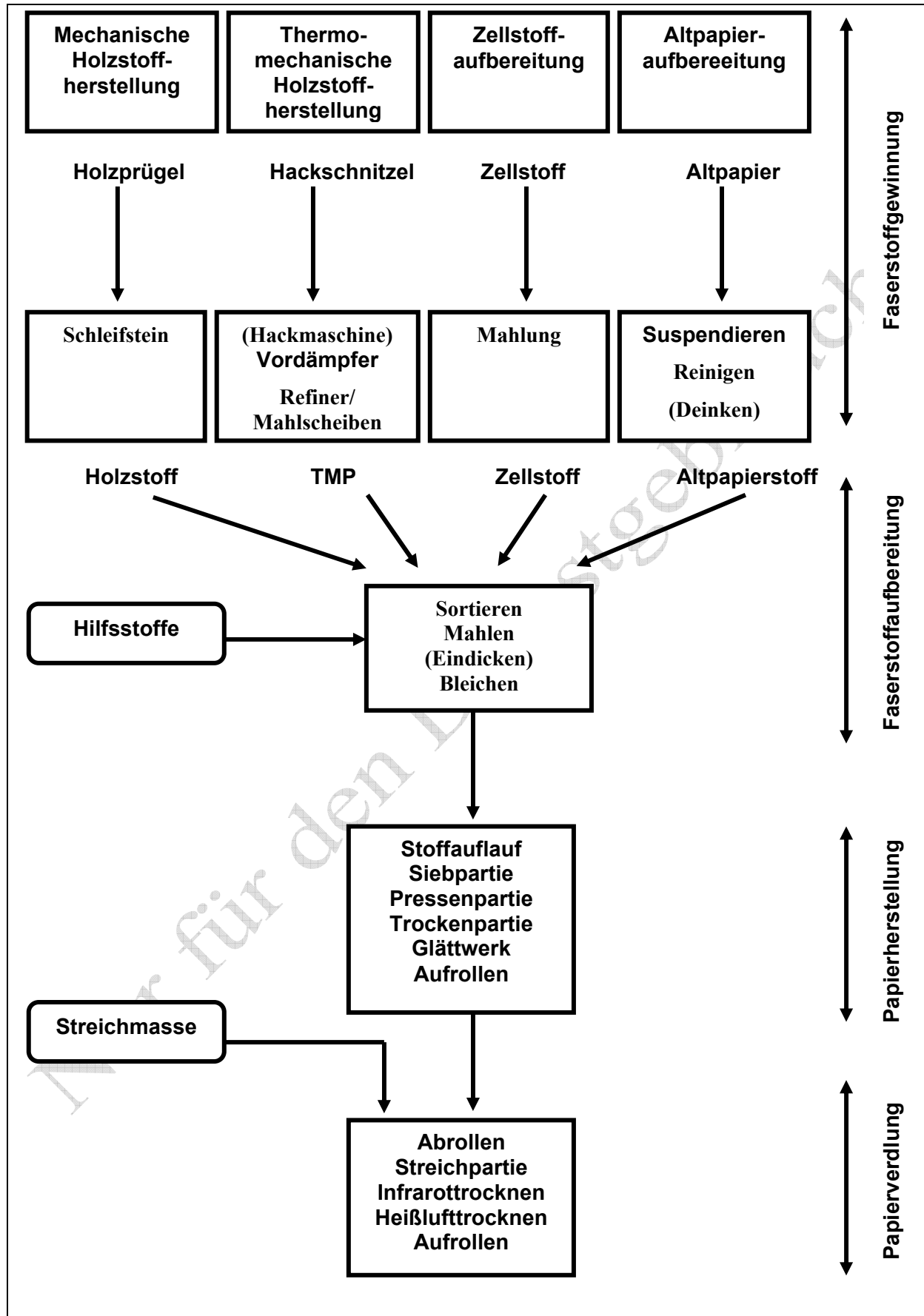


Abbildung 2b: Wesentliche Rohstoffe, Anlagen und Prozesse der Papierherstellung

2.1.2 Herkunft des Abwassers

Bei der Herstellung von Papier wird Wasser für die Herstellung (Suspension und Transport des Faserstoffes), zu Hilfszwecken (Sperrwasser, Kühlwasser) und zu Reinigungszwecken (Sieb- und Filzreinigung, Systemreinigung) benötigt, wobei es innerhalb des Produktionsprozesses mehrfach genutzt wird. Teile des Wassers verdampfen, verbleiben im Produkt oder im Abfall.

Innerhalb der Produktionswasserkreisläufe sind Systeme zur Rückgewinnung von Fasern und Füllstoffen installiert, die diese Stoffe aus dem Wasser entfernen, bevor es wiederverwendet oder aus dem Prozess ausgeschleust wird.

2.1.3 Abwasseranfall und Abwasserbeschaffenheit

Bei der Papierherstellung gibt es große Unterschiede hinsichtlich der Art der Faserstoffe, der Hilfsstoffe, der Produktionsverfahren und der Produkte (über 3 000 Papiersorten), die sich erheblich auf den produktionsspezifischen Abwasseranfall und die Abwasserbeschaffenheit auswirken.

2.1.3.1 Abwasseranfall

Die Menge des bei der Papierherstellung anfallenden Abwassers ist von den eingesetzten Rohstoffen, den gewünschten Produkteigenschaften und der angewandten Technologie abhängig. Sie reicht vom geschlossenen Wasserkreislauf bei einigen Wellpappenrohpapierarten bis zu einem Wassereinsatz von 100 m³/t und darüber bei bestimmten Spezialpapieren.

2.1.3.2 Abwasserbeschaffenheit

Das Abwasser enthält gelöste und ungelöste organische Inhaltsstoffe aus dem Holz sowie aus Roh- und Hilfsstoffen. Diese sind im Wesentlichen biologisch gut abbaubar.

Der Stickstoff- und Phosphorgehalt des Abwassers der Papierindustrie ist rohstoffbedingt meist niedrig. In Einzelfällen kann Stickstoff durch Einsatz bestimmter Roh- und Hilfsstoffe (z.B. optische Aufheller, modifizierte Stärke, Harnstoff/Formaldehyd-Harze) ins Abwasser gelangen.

Auch über Betriebswasser, das aus Oberflächenwasser gewonnen wird, können Stickstoff und Phosphor ins Abwasser eingetragen werden.

Das Abwasser aus der Papierherstellung kann adsorbierbare organisch gebundene Halogene (AOX) enthalten. Mögliche Quellen hierfür sind:

- Nassfestmittel auf der Basis von Epichlorhydrin,
- Restgehalte in Zellstoffen, die mit Chlor oder Chlorverbindungen gebleicht wurden,
- Altpapier, das mit Chlor oder Chlorverbindungen gebleichte Zellstoffe oder AOX-haltige Druckfarben, Kleber, Beschichtungen etc. enthält,
- AOX-haltige Verbindungen, die als Hilfs- oder Veredlungsmittel eingesetzt werden.

2.2 Abwasservermeidungsverfahren und Abwasserbehandlungsverfahren

2.2.1 Maßnahmen zur Abwasservermeidung

Entsprechend den allgemeinen Anforderungen des Teils B ist die Schadstofffracht des Abwassers so gering zu halten, wie dies nach Prüfung der Verhältnisse im Einzelfall durch folgende Maßnahmen möglich ist:

- Verzicht auf Hilfsmittel, die Alkylphenoethoxylate (APEO) enthalten,
- Verzicht auf Komplexbildner, die einen DOC-Abbaugrad nach 28 Tagen von mindestens 80 Prozent entsprechend der Nummer 406 der Anlage „Analysen- und Messverfahren“ nicht erreichen,
- Verzicht auf den Einsatz zum AOX beitragender Nassfestmittel,
- Verzicht auf den Einsatz Halogen abspaltender Betriebs- und Hilfsstoffe zur Geruchsverminderung im Produkt,
- Optimierung der Kreislaufführung, des Chemikalieneinsatzes und abwasserbelastender Prozesse.

Ziel der allgemeinen Anforderungen ist es, den Einleiter zu einer systematischen, durch die Behörden nachvollziehbaren Überprüfung und Umsetzung des diesbezüglichen technischen Potentials zu veranlassen. Die o.g. möglichen Maßnahmen (Prüfkriterien) konkretisieren die in § 3 Abs. 1 der Abwasserverordnung aufgeführten Maßnahmen und präzisieren den für den Einleiter zu fordernden Prüfumfang. Die Erfüllung der allgemeinen Anforderungen beinhaltet, dass der Nachweis im Sinne des Teils B des Anhangs 28 erbracht wird. Die technischen Möglichkeiten zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen befinden sich in ständiger Entwicklung. Eine erneute Überprüfung der Anforderungen nach Teil B ist spätestens erforderlich, wenn ein Wasserrechtsbescheid neu erteilt oder grundlegend angepasst wird.

Alkylphenoethoxylate (APEO)

APEO sind nichtionische Tenside, die in einigen Hilfsmitteln eingesetzt werden. Aufgrund der toxischen und hormonähnlichen Wirkungen sind APEO heute in vielen Einsatzgebieten weitgehend substituiert, lediglich in einigen Spezialanwendungen sind sie noch als Emulgatoren in geringer Menge zu finden.

Mit der Achten Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen vom 25. Februar 2004 (BGBl. I S.328) wurde die Richtlinie 2003/53/EG vom 18. Juni 2003 in deutsches Recht umgesetzt. Die Verordnung sieht u.a. Inverkehrbringens- und Anwendungsverbote für Nonylphenol und Nonylphenoethoxylate zur Herstellung von Zellstoff- und Papier vor. Die Verordnung tritt am 17. Januar 2005 in Kraft. Das dort vorgesehene Anwendungsverbot trägt hinsichtlich des prioritären gefährlichen Stoffes Nonylphenol der Wasser-Rahmenrichtlinie zum Gewässerschutz bei und erleichtert die Umsetzung der Anforderung an Teil B Absatz 1 Nr.1.

Schwer abbaubare organische Komplexbildner

Schwer abbaubare organische Komplexbildner können die Gewässerbeschaffenheit insbesondere durch die Mobilisierung von im Abwasser und in Gewässersedimenten enthaltenen Schwermetallen beeinträchtigen. Soweit nicht auf den Einsatz von Komplexbildnern verzichtet werden kann, sollen daher nur solche Komplexbildner eingesetzt werden, die bei der biologischen Behandlung des Abwassers weitgehend eliminiert werden.

Marktanforderungen nach höherem Weißgrad und höherer Helligkeit im Zusammenhang mit Papieren für immer höherwertige, insbesondere farbige Druckerzeugnisse bedingen eine

vermehrte Bleiche des Holzstoffs – also vermehrten Einsatz an Bleichchemikalien. Vor allem in der oxidierenden Bleiche mit Wasserstoffperoxid werden zur Stabilisierung des Peroxids organische Komplexbildner wie DTPA (Diethylentriaminopentaacetat), welches ein sehr hohes Komplexierungsvermögen für Eisen- und Mangan-Ionen aufweist, eingesetzt. Einen DOC-Abbaugrad nach 28 Tagen von mindestens 80 % erreicht DTPA nicht.

Die Ausgangsweiße des aufbereiteten Stoffs ist im Wesentlichen abhängig von der Art des verwendeten Holzes, dessen Alter, der Entrindungsqualität und dem Anteil an Faserstoff aus Altpapier. Um die geforderte Endweiße zu erreichen, wird in der Regel einstufig mit Peroxid bzw. für höhere Weißgrade zweistufig mit Peroxid und danach mit Dithionit gebleicht.

Die oxidierende Bleiche mit Peroxid löst mehr Inhaltsstoffe aus dem Faserstoff als die reduzierende Bleiche mit Dithionit. Das Abwasser der Peroxidbleiche weist deswegen höhere CSB-Frachten auf.

Allgemein gültige Aussagen zur Minimierung des Komplexbildnereinsatzes sind nur eingeschränkt möglich. Jede Bleichsequenz kann - abhängig von den jeweiligen Rahmenbedingungen - hinsichtlich des Komplexbildnereinsatzes optimiert werden. Neben den direkten Parametern wie pH-Wert, Temperatur, Bleichdauer, Erdalkali-/Schwermetall-Gehalt (insbes. Ca-, Fe- und Mn-Ionen) des Bleichwassers spielen neben den oben genannten Faktoren weitere wie Gestaltung der Wasserkreisläufe, organische Belastung des Schleifereirückwassers sowie Menge und Art des zur Stabilisierung des Peroxids eingesetzten Wasserglases eine Rolle.

AOX-haltige Nassfestmittel

Nassfestmittel auf Epichlorhydrinbasis weisen herstellungsbedingt Reste von chlororganischen Verbindungen auf, die im Abwasser als AOX enthalten sind. Epichlorhydrinharze sind aufgrund ihrer technologischen Eigenschaften in vielen Fällen erforderlich, ihr Einsatz wird auch in einer Empfehlung (Empfehlung XXXVI über „Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt“) des Bundesinstituts für Risikobewertung für die Herstellung von hochnassfesten Papieren, wie zum Beispiel Küchenrollen, Kaffeefilter, Teebeutelpapiere etc. empfohlen. Durch Weiterentwicklung der Produkte stehen AOX-ärmere Epichlorhydrinharze sowie Nassfestmittel auf der Basis von Melamin/Formaldehyd oder Isocyanaten zur Verfügung, die zu einer Verminderung der AOX-Werte geführt haben.

Bei einigen Papieren (Dekorpapiere, die sehr hohe Füllstoffgehalte aufweisen müssen und hoch nassfeste Papiere) kann es jedoch notwendig sein, höhere AOX-Frachten als 10 g/t festzulegen. Dabei sind zusätzlich die allgemeinen Anforderungen nach Teil B Abs. 1 Nr. 3 in jedem Einzelfall zu beachten.

Halogen abspaltende Mittel zur Geruchsminimierung im Produkt

Beim Einsatz von Holzstoff zur Herstellung von Papier, Karton und Pappe für den Lebensmittelkontakt hat sich im Einzelfall gezeigt, dass durch Oxidation von Harzen aus dem Holz im Produkt nach einigen Wochen ein Geruch entsteht, der auch die verpackten Lebensmittel beeinträchtigt. Zur Vermeidung der Geruchsbildung zeigte nur der Einsatz Halogen abspaltender Mittel (organische Bromverbindungen) bei der Holzstoffherstellung eine ausreichende Wirksamkeit. Die Notwendigkeit für den Einsatz Halogen abspaltender Mittel zur Geruchsminimierung im Produkt muss vom Einleiter jedoch im Einzelfall begründet werden.

Organische Halogenverbindungen, Benzol, Toluol und Xylole

Das Abwasser darf organische Halogenverbindungen, Benzol, Toluol und Xylole nicht enthalten, die aus dem Einsatz von Löse- und Reinigungsmitteln stammen, da hierfür Ersatzprodukte mit vergleichbarer Wirksamkeit zur Verfügung stehen. Der Nachweis, dass diese Anforderungen eingehalten ist, kann dadurch erbracht werden, dass die eingesetzten Betriebs- und Hilfsstoffe in einem Betriebstagebuch aufgeführt sind und nach Angaben des Herstellers keine dieser genannten Stoffe oder Stoffgruppen enthalten.

Optimierung der Kreislaufführung, des Chemikalieneinsatzes und abwasserbelastende Prozesse

Im Bereich der Papierindustrie wird das eingesetzte Betriebswasser zur Abwasserverminderung bzw. -vermeidung schon seit Jahrzehnten mehrfach genutzt und innerbetrieblich im Kreislauf geführt. Durch die zum Einsatz kommenden Papiermaschinen ist eine weitgehende Betriebswasserkreislaufführung sichergestellt. Dabei konnte in der gesamten Branche in den letzten Jahren eine kontinuierliche Verminderung des spezifischen Abwasseranfalls erreicht werden. Abbildung 3 zeigt die Entwicklung des durchschnittlichen spezifischen Abwasseranfalls der Jahre 1974 bis 2001.

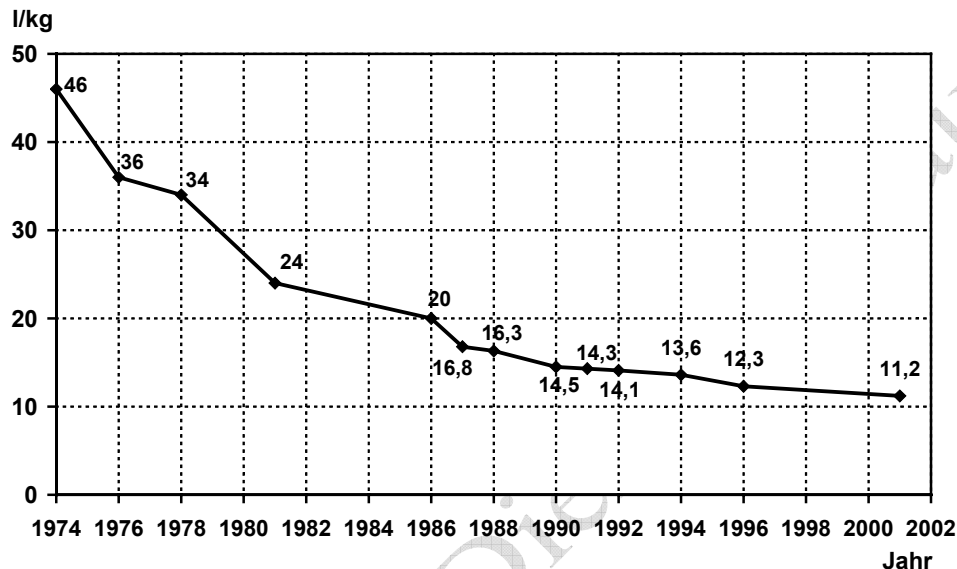


Abbildung 3: Mittlere spezifische Abwassermenge bei der Herstellung von Papier und Pappe in Deutschland von 1974 bis 2001

Der überwiegende Anteil des bei der Blattbildung anfallenden Fabrikationswassers wird ohne Aufbereitung zum Verdünnen der Suspension vor der Papiermaschine wiederverwendet (Primär-Kreislauf). Die Zugabe von Retentionsmitteln zur Suspension bewirkt eine Flockung und bessere Zurückhaltung feindisperser Stoffe im Faservlies. Sie hat eine geringere Belastung des an der Papiermaschine anfallenden Abwassers zur Folge. Das überschüssige Wasser aus dem Primärkreislauf wird im wesentlichen zum Suspendieren der Rohstoffe (Sekundärkreislauf) wiederverwendet.

Filter-, Flotations- und Sedimentationsanlagen dienen der Klärung des Kreislaufwassers. Sie kann durch die Zugabe von Flockungsmitteln (Retentionsmitteln) unterstützt werden. Das so gewonnene Klarwasser kann an bestimmten Verbrauchsstellen wieder eingesetzt werden. In manchen Fällen besteht auch die Möglichkeit, den abgetrennten Faserstoff wieder in die Produktion zurückzunehmen.

Abbildung 4 zeigt die Stoff- und Wasserströme in einer Papierfabrik.

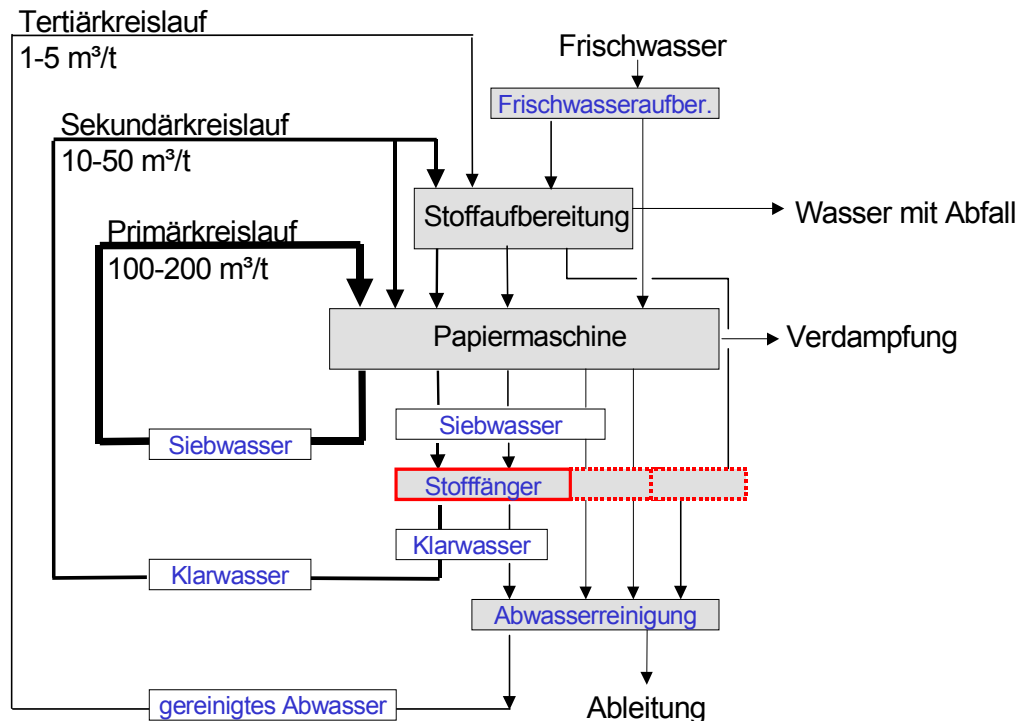


Abbildung 4: Stoff- und Wasserströme in einer Papierfabrik

Für die verfahrenstechnische Optimierung der innerbetrieblichen Wasserkreisläufe können heute bewährte Regeln und Maßnahmen angewendet werden. Bei der weitergehenden Kreislaufeinengung ist es erforderlich, Reinigungsverfahren zu integrieren. Neben den klassischen Verfahren zur Entfernung der ungelösten Stoffe (Flotation, Filtration, Sedimentation) gewinnen die Verfahren zur Entfernung der gelösten Stoffe zunehmend an Bedeutung.

Verfahren zur Entfernung gelöster Stoffe aus dem Kreislaufwasser können anerobe und/oder aerobe biologische Anlagen sein, die auch in Kombination mit der Membran- oder Ozontechnologie zum Einsatz kommen. Biologische Verfahren zur Kreislaufwasserreinigung sind derzeit in einigen Altpapier verarbeitenden Produktionen in Betrieb. Mit Hilfe dieser Verfahren ist es möglich, die Belastung der innerbetrieblichen Teilströme zu reduzieren und eine bestmögliche Wassernutzung zu erreichen.

2.2.2 Maßnahmen zur Abwasserbehandlung

2.2.2.1 Biologische Verfahren

Nahezu das gesamte Abwasser aus der Papierindustrie wird heute nach mechanischer Reinigung biologisch behandelt.

Ziel der mechanischen Reinigung ist das Entfernen der ungelösten Stoffe. Dazu werden Sedimentations-, Filtrations- oder Flotationsanlagen eingesetzt. In diesen Systemen werden zur Verbesserung der Elimination der ungelösten und zum Teil auch der gelösten Stoffe Flockungs- und Fällungsmittel eingesetzt.

Die biologische Reinigung des Abwassers wird in den meisten Fällen mit Belebtschlamm-Anlagen durchgeführt. Diese können als einstufig vollständig durchmischte Reaktoren (ge-

gegebenfalls mit vorgeschalteter Belüftung des Rücklaufschlammes), als Belebungskaskaden (hintereinander geschaltete Belebungsbecken) oder als zweistufige Belebungsanlagen (mit einer Zwischenklärung zwischen beiden Stufen) ausgeführt sein.

Bevorzugt kommen heutzutage Kaskadenanlagen oder zweistufige Anlagen zum Einsatz, da diese Vorteile hinsichtlich guter Belebtschlammeigenschaften (gutes Absetzverhalten) bieten.

In einzelnen Fällen werden noch Hochlasttropfkörper als vorgeschaltete Hochlaststufe betrieben. Den Tropfkörperanlagen ist in der Regel eine Belebungsanlage nachgeschaltet.

Unter zweistufigen biologischen Anlagen versteht man Anlagen mit getrennten Biozönosen, z.B. bestehend aus Träger gebundenen Hochlaststufen mit nachfolgender Belebungsanlage ohne Zwischenklärung oder aufeinanderfolgenden Belebungsanlagen mit Zwischenklärung.

Das Abwasser von Papierfabriken hat im Verhältnis zur organischen Belastung meistens einen Mangel an Stickstoff und Phosphor. Deshalb werden für die biologische Reinigung im allgemeinen Harnstoff und Phosphorsäure zudosiert.

Um die geforderten Grenzwerte im Ablauf der Abwasserbehandlungsanlage einzuhalten, ist die Kontrolle von Phosphat, Ammonium und Nitrat im gereinigten Abwasser erforderlich. Darüber hinaus empfiehlt es sich, zur Steuerung der Anlage den Stickstoff- und Phosphorgehalt im Schlamm zu messen. Es ist zu beachten, dass bei anaeroben biologischen Abbauprozessen der N- und P-Bedarf wesentlich geringer ist.

Bei der aeroben biologischen Reinigung sind die **Belebungsverfahren** am weitesten verbreitet. Diese sind als einstufige, zweistufige oder Kaskaden-Anlagen ausgeführt.

Das **MBBR-Verfahren** (Moving Bed Biofilm Reactor = Schwebebettverfahren) hat sich als Alternative zum Tropfkörperverfahren gut bewährt und wird zunehmend eingesetzt. Dabei handelt es sich um Hochlast-Trägerbiologien mit frei beweglichen Kunststoff-Formkörpern als Biomasseträger, die bevorzugt in der Kombination MBBR und Belebungsanlage ohne Zwischenklärung angewendet werden.

Die Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigen, dass **anaerobe Reinigungsverfahren** unter bestimmten Randbedingungen zuverlässige und wirtschaftliche Verfahren für die Behandlung von Abwasser aus Papierfabriken darstellen, insbesondere für Abwasser aus Altpapier verarbeitenden Betrieben.

Bei der anaeroben Reinigung werden die organischen Inhaltsstoffe im Wesentlichen zu Methan, Kohlendioxid und Wasser umgesetzt. Um einen weitestgehenden Abbau zu erzielen, ist jedoch immer eine Nachbehandlung (aerob biologisch) erforderlich.

Für die Anaerob-Technologie gibt es eine Reihe von Verfahren, die jeweils spezifische Vor- und Nachteile haben. In der Papier- und Zellstoffindustrie sind das Kontaktschlamm-, das Festbett-, das Fließbett- und das UASB-Verfahren (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) im Einsatz. Zur Behandlung von Abwasser aus Papierfabriken hat sich das UASB-Verfahren durchgesetzt. Eine Weiterentwicklung dieses Systems ist das IC-Verfahren (Internal Circulation), das in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen hat.

Von großer Bedeutung dürfte zukünftig die thermophile anaerobe Behandlung bei Temperaturen von 55-60 °C sein. Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen erfolgversprechende Ergebnisse.

2.2.2.2 Weitergehende Reinigungsverfahren

Unter weitergehender Abwasserreinigung sind in diesem Zusammenhang Verfahren zu verstehen, die einer konventionellen biologischen Anlage nachgeschaltet sind, um Feststoffe, CSB, AOX oder Farbe weitergehend zu eliminieren.

In der Papierindustrie finden folgende Verfahren Anwendung:

- Biofiltration,
- Filteranlagen: Sandfilter, Sandfloat, Trommelfilter, Tuchfilter,
- Ozonbehandlung,
- Membrantechnologie.

Biofiltration

Unter Biofiltration ist eine belüftete Filteranlage zu verstehen, bei der die mechanische Filtration durch biologische Abbauprozesse ergänzt wird. Diese Systeme werden als alleinige Stufe (bei schwach belastetem Abwasser) oder als nachgeschaltete Stufe nach einer Belebungsanlage eingesetzt.

Filteranlagen: Sandfilter, Sandfloat, Trommelfilter, Tuchfilter

Neben den Biofiltern können Sandfilter zur Elimination von Feststoffen nach der biologischen Reinigung eingesetzt werden, wobei die Feststoffe durch regelmäßiges Rückspülen aus dem Filter entfernt werden. Die Erfahrungen zeigen, dass die Feststoffentfernung in der Regel gut funktioniert. Bei der Rückführung von biologisch gereinigtem Abwasser in die Produktion kommt einer effektiven Feststoffentfernung eine besondere Bedeutung zu. Eine Elimination der gelösten Stoffe (CSB, BSB) erfolgt nicht oder nur in sehr geringem Ausmaß. Durch Einsatz von Flockungs- und Fällungsmitteln kann die Elimination verstärkt werden.

Eine Besonderheit stellt die Kombination von Flotation und Sandfilter (Sandfloat), integriert in einer Anlage, dar. Vorliegende Erfahrungen zeigen, dass dieses System einen sehr guten Feststoffrückhalt ermöglicht und auch bei Stoßbelastungen zuverlässig arbeitet.

Mikrofiltrationstechniken wie Trommelfilter oder Tuchfilter werden in der Papierindustrie bereits in verschiedenen Bereichen innerhalb der Produktion eingesetzt. In der Abwasserreinigung finden sie dagegen als nachgeschaltete Systeme zur Feststoffelimination im Ablauf erst seit kurzer Zeit vermehrt Anwendung.

Ozonbehandlung

Die Ozonbehandlung in Kombination mit einer vor- und nachgeschalteten biologischen Stufe ist ein Verfahrenskonzept, das eine weitgehende Reinigung auf sehr hohe Ablaufqualitäten erlaubt. Bei diesem Konzept kann durch partielle Oxidation schwer abbaubarer CSB in biologisch abbaubare Substanzen umgesetzt werden. Gleichzeitig werden dabei Farbe und AOX reduziert. In der nachgeschalteten biologischen Stufe können dann die nun biologisch abbaubaren Inhaltsstoffe eliminiert werden.

Membrantechnologie

Der Einsatz der Membrantechnologie (z.B. Ultrafiltration, Nanofiltration) kommt als weitergehende Reinigungsstufe in Frage, wenn gewässerbedingt sehr hohe Ablaufqualitäten erreicht werden müssen. Dabei anfallende Retentate sind allerdings technologisch aufwendig zu entsorgen. Die einzelnen Verfahren unterscheiden sich durch die eingesetzten Membranmaterialien, Porendurchmesser, Modultypen, Arbeitsdrücke und Transportmechanismen. Auf Grund des kleineren Porendurchmessers ist bei der Nanofiltration auch eine Rückhaltung von gelöstem CSB möglich. Für den effektiven Betrieb einer Nanofiltrationsanlage ist eine vorherige biologische Behandlung des Abwassers sowie eine Filtration (z.B. Sandfilter) erforderlich.

2.2.2.3 Abwasserbehandlungsverfahren bei den einzelnen Herkunftsbereichen

Bei der Herstellung **holzfreier Papiere** wird das Abwasser in der Regel mechanisch oder physikalisch-chemisch behandelt. Die BSB₅-Konzentrationen im unbehandelten Abwasser liegen bei diesem Herstellungsbereich meist zwischen 25 und 50 mg/l. Bei derart geringen

organischen Belastungen ist eine biologische Behandlung oft nicht effizient durchzuführen. Auf eine biologische Abwasserbehandlung kann verzichtet werden, wenn entsprechend Teil C, Absatz 3 des Anhangs 28 mit mechanisch oder physikalisch-chemischen Verfahren eine produktionsspezifische BSB₅-Fracht von 1 kg/t nicht überschritten und ein BSB₅-Überwachungswert bis zu 50 mg/l eingehalten werden kann.

Bei **gestrichenen holzfreien Papieren, holzhaltigen Papieren (gestrichen und ungestrichen)** sowie bei **überwiegend aus Altpapier hergestellten Papieren** wird das Abwasser mechanisch (physikalisch-chemisch) und biologisch behandelt.

Stammt das Abwasser aus den folgenden Bereichen, können im behandelten Abwasser CSB-Frachten bis zu 5 kg/t zugelassen werden:

- Bei der Herstellung von **holz- und altpapierhaltigen Druckpapieren** mit sehr hohen Anforderungen an die optische Qualität des erzeugten Produkts (z.B. Weiße, Helligkeit, Reinheit der Druckoberfläche, etc.) und damit an die eingesetzten Faserstoffe werden über 50 % des Faserstoffs de-inkt oder gebleicht. Dementsprechend hoch ist die Konzentration von Holz- und Altpapierinhaltsstoffen, die bei der Zerkleinerung von Holz bzw. beim De-inken von Altpapier (Entfernen der Druckfarbe) sowie der anschließenden Faserstoffbleiche in Lösung gehen. Dabei ergeben sich Abwasserbelastungen von bis zu 55 kg CSB/t Faserstoff. Selbst bei hochwirksamen biologischen Abwasserreinigungsverfahren treten bei der Herstellung von Papieren, bei denen über 50 % des Faserstoffs de-inkt oder gebleicht wird, oft CSB-Frachten von mehr als 3 kg/t bis im behandelten Abwasser auf.
- Bei der Herstellung **hochausgemahlener Papiere** aus reinem Zellstoff führt der Mahlvorgang zu einer höheren CSB-Belastung im Abwasser als bei gewöhnlicher Mahlung. Diese Papiere (Kondensatorpapiere, Pergamin, Pergamentersatz, Transparentzeichenpapier, Zigarettenpapier etc.) weisen aufgrund der Reinheitsanforderungen einen höheren Wasserbedarf auf. Die organische Belastung im unbehandelten Abwasser ist in einigen Fällen für eine sinnvolle biologische Behandlung zu gering. Ist eine biologische Behandlung erforderlich, haben sich Schwachlasttropfkörper und Biofilter bewährt.
- Bei der Herstellung von **Spezialpapieren** können auf Grund von häufigen Systemreinigungen (mit mehr als einem Sortenwechsel pro Tag im Jahresdurchschnitt) ein höherer Abwasseranfall pro Tag und eine höhere CSB-Fracht auftreten.
- Bei Einsatz der **TAD-Technik** (Through Air Drying) zur Herstellung von hochnassfesten Tissue-Papieren aus reinem Zellstoff wird das Abwasser biologisch behandelt. Gegenüber dem konventionellen Herstellungsprozess werden bei diesem Verfahren auf Grund des höheren Hilfsmitelesatzes höhere CSB-Belastungen im Rohabwasser ermittelt. Wegen des ungünstigen CSB/BSB₅-Verhältnisses von ca. 5 : 1 liegt die CSB-Elimination bei der biologischen Abwasserbehandlung jedoch nur bei 30 bis 40 %.

Bezugsgröße für die spezifischen Frachten für die Parameter CSB und AOX ist die **Maschinenkapazität**. Dies ist die Kapazität aller in einer wasserrechtlich gemeinsam erfassten Produktionsanlage vorhandenen Maschinen zur Erzeugung von Papier, Karton und Pappe. Als Maschinenkapazität wird die Erzeugungsmenge der Maschinen pro Zeiteinheit von dem Produkt bezeichnet, mit dem die größte Produktionsmenge pro Zeiteinheit erzielt werden kann. Dabei kann für jede Maschine entsprechend ihrer Konstruktion ein anderes Produkt maßgebend sein. Wenn unabhängig von den Papiererzeugungsmaschinen arbeitende Streichmaschinen Bestandteil der Produktionsanlage sind, wird die in den vorhandenen Anlagen maximal auftragbare Masse (das Strichgewicht) der Maschinenkapazität der Rohpapiererzeugungsmaschinen zugerechnet.

2.3 Abfallverwertung und Abfallbeseitigung

Die bei der mechanischen und biologischen Abwasserreinigung anfallenden und sonstigen Abfälle sind nach den abfallrechtlichen Vorschriften zu verwerten oder zu beseitigen.

3 Auswahl der Parameter, für die Anforderungen zu stellen sind

3.1 Hinweise für die Auswahl der Parameter

Die **abfiltrierbaren Stoffe** wurden für die Fälle aufgenommen, bei denen das Abwasser entsprechend dem Stand der Technik nicht biologisch gereinigt werden kann. Damit soll eine weitgehende Entfernung von Feststoffen gewährleistet werden. In den abfiltrierbaren Stoffen sind auch Stoffe enthalten (z.B. Füllstoffe), die nicht mit dem CSB erfasst werden.

Der **chemische Sauerstoffbedarf (CSB)** ist ein Maß für die chemisch oxidierbaren Inhaltsstoffe. Der CSB wurde aufgenommen, weil er als Summenparameter eine Beurteilung der Abbauleistung der Abwasserbehandlungsanlage ermöglicht. Der CSB erfasst auch die schwer abbaubaren organischen Stoffe, daher hat der CSB eine besondere Bedeutung für die weitere Nutzung der Gewässer. Außerdem ist der CSB ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Mit dem **biochemischen Sauerstoffbedarf (BSB₅)** werden die im Abwasser vorhandenen biologisch abbaubaren organischen Inhaltsstoffe erfasst. Er ist damit ein geeigneter Summenparameter zur Beurteilung der Reinigungsleistung einer biologischen Abwasserreinigungsanlage. Er ist auch ein Maß für die durch die Einleitung zu erwartende Sauerstoffzehrung im Gewässer.

Phosphor (P_{ges}) wurde aufgenommen, weil er als Pflanzennährstoff das Algenwachstum fördert und in vielen Gewässern der limitierende Faktor für die Eutrophierung ist. Phosphor ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Stickstoff, gesamt (N_{ges}, als Summe von Ammonium-, Nitrit- und Nitratstickstoff) wurde aufgenommen, weil Stickstoffverbindungen als Pflanzennährstoffe das Algenwachstum fördern und neben Phosphor limitierender Faktor für die Eutrophierung werden können. Stickstoff, gesamt, ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

Adsorbierbare organische Halogenverbindungen (AOX) erfassen als Summenparameter schädliche Stoffe, die insbesondere aus dem Einsatz von Nassfestmitteln auf der Basis von Epichlorhydrin sowie durch die Verwendung von Chlor gebleichten Zellstoffen in das Abwasser gelangen können. AOX ist ein für die Abwasserabgabe maßgebender Parameter.

3.2 Hinweise auf solche Parameter, die gegebenenfalls im Einzelfall zusätzlich begrenzt werden sollen

Auf Grund örtlicher Gegebenheiten kann es erforderlich sein, im Einzelfall in der wasserrechtlichen Erlaubnis weitere Parameter wie pH-Wert, Leitfähigkeit, biologische Wirtstests (z.B. G_{EI}), Temperatur, Färbung, Wärmefracht und Schwermetalle zu begrenzen.

4 Anforderungen an die Abwassereinleitungen

4.1 Anforderungen nach § 7a WHG

Siehe Anhang 28 zur Abwasserverordnung

4.2 Weitergehende Anforderungen

Müssen aufgrund örtlicher Gegebenheiten an die Beschaffenheit des einzuleitenden Abwassers weitergehende Anforderungen gestellt werden, so können diese durch weitergehende Reinigungsverfahren wie nachgeschaltete Biofiltration, Fällung/Flockung oder Filtration erreicht werden. Durch Einsatz von Membran- oder Ozontechnologie kann die Abwasserbelastung (z.B. CSB und AOX) weiter deutlich vermindert werden.

4.3 Alternative Anforderungen und Überwachungsregelungen entfällt

4.4 Berücksichtigung inter- 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 Herstellung von Papier und Pappe. Die Mitgliedstaaten haben sicherzustellen, dass die der Richtlinie unterfallenden Anlagen gemäß den besten verfügbaren Techniken (BVT) genehmigt und betrieben werden. Zu den besten verfügbaren Techniken werden von der Kommission Beschreibungen herausgegeben (BAT-Reference Documents – BREF). Die in den vorliegenden Hinweisen und Erläuterungen beschriebenen Techniken entsprechen den besten verfügbaren Techniken (BVT).

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) aufgelistet worden. Die Überprüfung, Anpassung und Erweiterung dieser Stoffliste kann neuen Erkenntnissen angepasst werden. 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 prioritären gefährlichen Stoffe.

Der Zeitplan für die Beendigung der Emissionen der prioritär gefährlichen Stoffe darf nach Verabschiedung entsprechender Maßnahmen auf europäischer Ebene 20 Jahre nicht überschreiten. Für prioritäre Stoffe zielen die Maßnahmen auf eine schrittweise Reduzierung ab.

Von der Liste der prioritären Stoffe können für die Herstellung von Papier und Pappe die mit dem AOX erfassten Stoffe (z.B. Trichlormethan), Nonylphenole sowie Schwermetalle Bedeutung haben.

Die Richtlinie 2003/53/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2003 zur 26. Änderung der Richtlinie 76/769/EWG des Rates über Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen (Nonylphenol, Nonylphenolethoxylat und Zement) (ABl. L 178 vom 17.07.2003 S. 27) wurde mit der Achten Verordnung zur Änderung chemikalienrechtlicher Verordnungen vom 25. Februar 2004 (BGBl. I S.328) in deutsches Recht umgesetzt. Die Verordnung sieht u.a. Inverkehrbringens- und Anwendungsverbote für Nonylphenol und Nonylphenolethoxylate zur Herstellung von Zellstoff und Papier vor. Die Verordnung tritt am 17. Januar 2005 in Kraft. Das dort vorgesehene Anwendungsverbot trägt hinsichtlich des prioritären gefährlichen Stoffes Nonylphenol der Wasserrahmenrichtlinie zum Gewässerschutz bei und erleichtert die Umsetzung der Anforderung an Teil B Absatz 1 Nr.1.

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

Soweit die Anforderungen nach § 7a WHG noch nicht eingehalten sind, erscheint für die Anpassung der Abwasserbehandlung an den Stand der Technik unter Berücksichtigung der Planungs- und Ausführungsfristen ein Zeitraum von drei Jahren angemessen.

6 Hinweise zur Fortschreibung

Der Anhang 28 ist fortzuschreiben, sobald erkennbar ist, dass sich der Stand der Technik geändert hat oder die Überwachungsergebnisse eine Verschärfung rechtfertigen. Die derzeitigen Entwicklungen z. B. auf dem Gebiet AOX-armer oder AOX-freier Nassfestmittel oder im Hinblick auf neue Techniken zur Abwasserbehandlung können zu gegebener Zeit eine Überprüfung erfordern.

7 Literatur

Demel I., Stand der Abwasserreinigung - Anforderungen an den Betrieb
Seminar für Gewässerschutzbeauftragte 2001, München PTS-Manuskript PTS-MS 50 114

Demel I. und Kappen J., Wasserkreisläufe, Das Papier 53, V54-V59 (1999), Nr. 10 A

Demel I. und Öller H.J., Neue Verfahren der Kreislaufwasser- und Abwasserreinigung in der Papierindustrie, München, PTS Manuskript PTS-MS 21/96, 1996

Demel I. u. Öller H.J., Stand der AOX-Vermeidung in Abwässern der deutschen Papierindustrie, Wochenblatt für Papierfabrikation 21, 975-978 (1999)

Helble A. u. Möbius C.H., Kreislaufeinengung und -schließung mit Hilfe interner und externer Verfahren zur weitergehenden Abwasserbehandlung, Das Papier 54, 206-218 (2000), Nr.12

Möbius C.H., Abwasser der Papier- und Zellstoffindustrie,, 3. Auflage, November 2002, www.cm-consult.de

Möbius C.H. u. Cordes-Tolle M., Paradigmenwechsel in der Vermeidung von Abwasseremissionen der Papierindustrie, Das Papier 51 V160-V165 (1997), Nr. 6A

Schmidt Th., Demel I. u. Lange S., Weitergehende Abwasserreinigung von Papierfabriksabwässern mit Ozon: Konzeption und erste Betriebserfahrungen
Das Papier 55, 45-49 (2001), Nr. 2

Zippel F., Wasserhaushalt von Papierfabriken, Dt. Fachverlag., Frankfurt am Main, 1999, ISBN 3-87150-619-2

N. N., BREF Pulp and Paper: Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC), Reference Document on Best Available Techniques in the Pulp and Paper Industry; December 2001, Seville/Spain, <http://eippcb.jrc.es>

N. N., Merkblatt ATV-DVWK-M 364, Behandlung, Verwertung und Beseitigung produktionsspezifischer Abfälle aus der Papierherstellung, GFA – Gesellschaft zur Förderung der Abwassertechnik, Hennef, September 2001, ISBN 3-935669-26-7

N. N., AltpapierListe der europäischen (CEPI/B.I.R.) Standardsorten und ihre Qualitäten, Verband Deutscher Papierfabriken (VDP) e.V., Adenauerallee 55, 53119 Bonn, www.vdp-online.de

N. N., Kunststoff-Empfehlung XXXVI. Papiere, Kartons und Pappen für den Lebensmittelkontakt, Stand vom 01.01.2003, Bundesinstitut für Risikobewertung, www.bfr.bund.de

N. N., Abwasserrecht, Verlag Bundesanzeiger, 3. Aufl. 2003, ISBN 3-89817-285-6

8 Erarbeitung der Grundlagen

Die Grundlagen für den Anhang 28 wurden in einer gemeinsamen Arbeitsgruppe von Behörden- und Industrievertretern unter der Leitung von Herrn Dr. Fährmann und Herrn Rörig (Bayerisches Landesamt für Wasserwirtschaft) erarbeitet.

Nur für den Dienstgebrauch