



Merkblatt Nr. 4.5/2-53

Stand: 01.11.2011

Ansprechpartner: Referat 68

Hinweise zu Anhang 53 zur Abwasserverordnung (Silberhalogenid-Fotografie)

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	2
2	Anwendungsbereich	2
3	Anfallstellen	2
4	Übersicht über die Film- und Papierentwicklungsverfahren	5
4.1	sw-Fotografie und Röntgenfilmentwicklung	5
4.2	Farb-Fotografie	5
4.2.1	Filmentwicklungsprozess C41	5
4.2.2	Papierentwicklungsprozess RA4	5
4.2.3	Papierentwicklungsprozess R3	6
4.2.4	Diafilmentwicklungsprozess E6	6
4.3	Entwicklungsmaschinen	6
5	Allgemeine Anforderungen	7
5.1	Getrennte Baderfassung	7
5.2	Verminderung der Badverschleppung	7
5.3	Spülwassereinsparung	7
5.4	Badrecycling	8
5.5	Einsatzverbote	9
6	Anforderungen an Abwasser aus der Behandlung von Bädern	9
7	Anforderungen an die Einleitung von Spülwässern	10
8	Eigenüberwachung und Festlegung des Abwasserabflusses	13
9	Silber-Analytik	14
10	Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung	15
11	Selbstverpflichtung der Fotoindustrie	15
12	Allgemeine Hinweise	15
13	Literatur	16

1 Allgemeines

Erlass:	22.12.1998 (2. Verordnung zur Änderung der Abwasserverordnung)
Veröffentlicht:	BGBI Jahrgang 1998 Teil 1 Nr. 86, 29.12.1998, S. 3919 – 3955
In Kraft getreten:	01.01.1999
Hintergrundpapier:	Fotografische Prozesse (Silberhalogenid-Fotografie): Hinweise und Erläuterungen zu Anhang 53 der Abwasserverordnung; Bundesanzeiger Verlagsges. mbH., Köln, 2001, ISBN 3-89817-155-8
Letzte Änderung:	02.07.2002 (5. Verordnung zur Änderung der Abwasserverordnung) BGBI Jahrgang 2002 Teil I Nr. 45 , S. 2497 – 2512.

2 Anwendungsbereich

In dem am 01.01.1999 in Kraft getretenen Anhang zur AbwV sind die Mindestanforderungen geregelt, die an das Einleiten von Abwasser aus fotografischen Prozessen der Silberhalogenid-Fotografie zu stellen sind. Neben der Silberhalogenid-Fotografie existieren auch Verfahren zur Herstellung von Farbfotos, die ohne Silberhalogenid als lichtempfindliches Agens auskommen. Da diese Verfahren gegenüber der herkömmlichen Praxis der Silberhalogenid-Fotografie eine so untergeordnete Bedeutung aufweisen und bisher noch als Weiterentwicklung in der Forschung zu betrachten sind, wurde dieser Bereich im Anhang 53 explizit ausgenommen.

Anhang 53 zur AbwV enthält eine Bagatellregelung, wonach Kleinbetriebe, die weniger als 200 m² Film und Papier pro Jahr entwickeln und keine fotografischen Bäder einleiten vom Vollzug des § 58 WHG ausgenommen sind. Eine Übersicht über die von dem Film- und Papierdurchsatz abhängigen Anforderungen des Anhangs 53 gibt das Fließschema in Abbildung 1. Da das Abwasser aus fotografischen Prozessen und aus der Behandlung von Bädern derzeit stets in einer kommunalen Kläranlage zur Nachbehandlung eingeleitet wird, sind im Anhang 53 nur Anforderungen an das Abwasser vor Vermischung aufgeführt; diese Anforderungen sind daher im Rahmen der Begutachtung gemäß § 58 WHG zu prüfen und ggf. in den Bescheidsvorschlag zu übernehmen.

3 Anfallstellen

Abwässer aus fotografischen Prozessen können in folgenden Bereichen anfallen:

Film- und Papierdurchsatz

> 30000 m ² /a	Fotogroßlabors Fotofachlabors Großkliniken große Zeitungsverlage Kinofilmentwicklungsstudios
3000 - 30000 m ² /a	Fotofachlabors Repro-Anstalten (grafische Betriebe) Zahnkliniken, Krankenhäuser, Arztpraxen (Röntgenärzte)
200 - 3000 m ² /a	kleine Fotofachlabors Arztpraxen (Röntgenärzte, Orthopäden, u. a.) Mikrofilmbetriebe
< 200 m ² /a	Gesundheitsämter Vermessungsämter Zahnärzte.

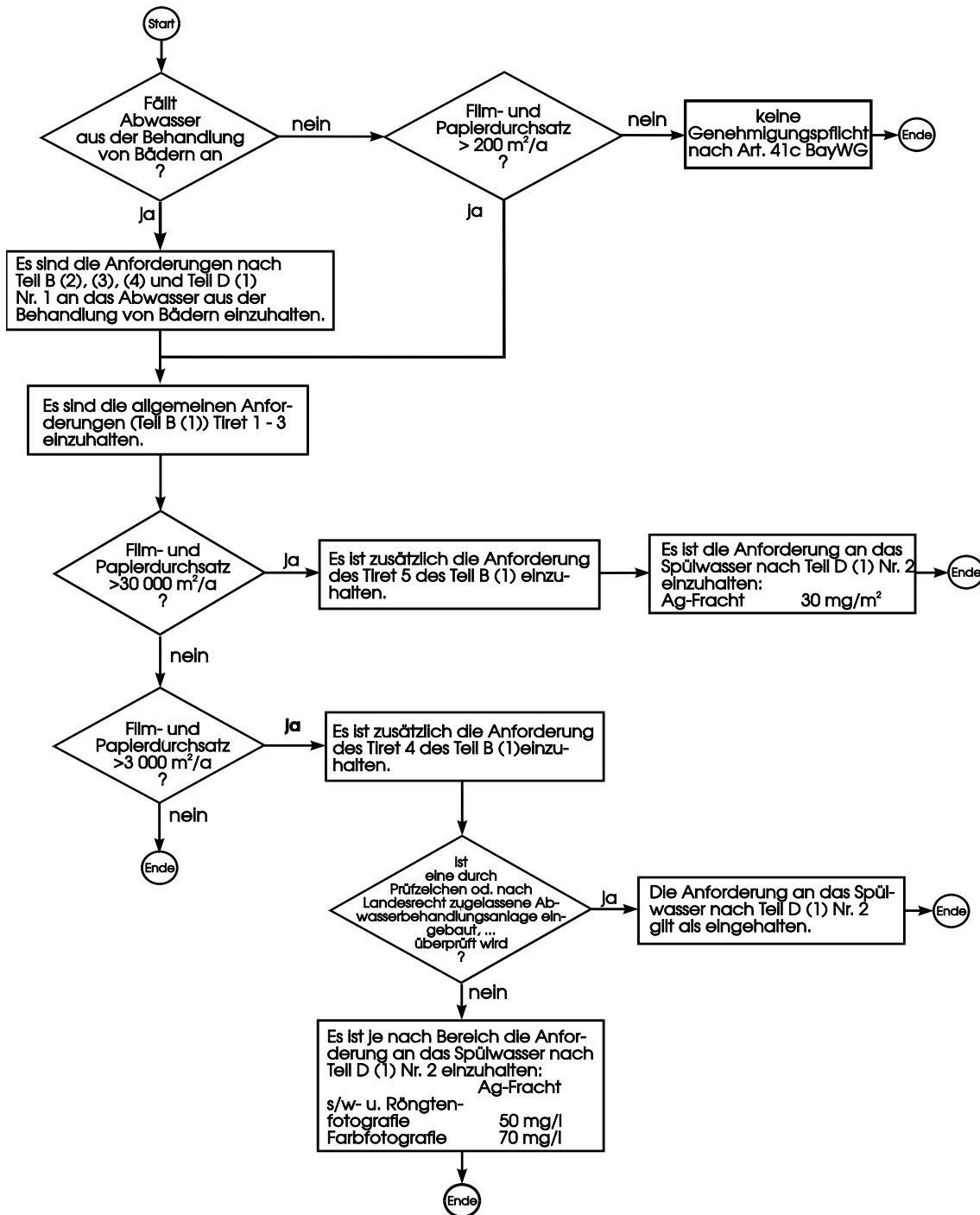


Abb. 1: Übersicht über die Anforderungen des Anhangs 53

Außerdem können einzelne Anfallstellen auch in Betrieben anderer Branchen als Unterabteilungen vorhanden sein, für die bereits Anhänge zur AbwV existieren oder derzeit erarbeitet werden, z.B.:

- Materialprüfung in der Metallindustrie
- Leiterplattenherstellung
- Druckereien, Verlage
- Textildruckereien.

Weitere Betriebe, die mit dem Anhang 53 erfasst werden, sind Entsorgungsunternehmen, die verbrauchte Fotobäder sammeln und aufbereiten.

Der Nachweis über die Betriebsgröße kann z. B. durch Einkaufsbelege oder ein Betriebstagebuch, in dem die Einkäufe von Film- und Papiermaterial aufgeführt sind, erbracht werden.

Die Zusammensetzung der wichtigsten fotografischen Bäder kann Tab. 1 entnommen werden. Relevante Silberfrachten treten aufgrund der hohen Silberkonzentrationen in Fixier- und Bleichfixierbädern nur in den nach diesen Bädern folgenden Spülbädern auf. Das Abwasser aus der Silberhalogenid-Fotografie lässt sich in der Praxis in vier Gruppen einteilen:

- silberhaltiges Spülwasser
- sonstiges Spülwasser mit geringen Silberkonzentrationen
- behandlungsbedürftige fotografische Bäder
- nicht behandlungsbedürftige fotografische Bäder.

Tab. 1: Abwasserteilstrome aus der Silberhalogenid-Fotografie und deren Entsorgung

Teilstrom	Herkunft	wesentliche Inhaltsstoffe	Entsorgung	Anforderungen gem. Anhang 53
Silberhaltiges Spülwasser	Spülbäder nach den Fixier- und Bleichfixierbädern	Silber, EDTA und PDTA	Einleitung in den Kanal	Festlegung von Silberfrachtwert und Abwasserabfluss
Silberarmes Spülwasser	sonstige Spülbäder	Geringe Silberkonzentration	Einleitung in den Kanal	Festlegung des Abwasserabflusses
Fotografische Bäder (gebrauchte Bäder und Badüberschüsse)	Entwicklerbäder Fixierbäder	Silber, Chrom, Chromat, Zinn, selten Quecksilber und Cadmium	ordnungsgemäße Entsorgung als Abfall oder Einleitung in den Kanal nach Behandlung	Bei Einleitung in Kanal: Festlegung von Konzentrationswerten gem. Teil D (1) Nr. 1 des Anhangs 53 und des Abwasserabflusses
	Umkehrbäder Stabilisierbäder aus Minilabs			
	Bleichbäder Bleichfixierbäder Bleichvorbäder (Konditionierbäder)	Silber, schwer abbaubare Komplexbildner (EDTA, PDTA, DTPA)	nur Entsorgung als Abfall möglich, da die Komplexbildner die Anforderung des Anhang 53 nicht erfüllen	Einleitung unzulässig
		Silber, leicht abbaubare Komplexbildner (ADA, MIDA, NTA)	Entsorgung bzw. Behandlung mit Entwicklerbädern, Fixierbädern, Umkehrbädern, Stabilisierbädern aus Minilabs	Bei Einleitung in Kanal: Festlegung von Konzentrationswerten gem. Teil D (1) Nr. 1 des Anhangs 53 und des Abwasserabflusses
	Stoppbäder, Unterbrecherbäder, Abschwächer, Färbebäder, Toner, Verstärkerbäder, Schlussbäder, Härtebäder, Stabilisierbäder, Netzbäder	gering belastet	i. d. Regel Einleitung in den Kanal ohne Behandlung möglich	keine, da die Parameter gem. Teil D (1) Nr. 1. des Anhangs 53 in den Bädern nicht vorkommen

Die Fotoindustrie trägt einen erheblichen Anteil zur EDTA-Emission in Gewässer bei. Der Ersatz von EDTA und PDTA durch leicht abbaubare organische Komplexbildner lässt die nächsten Jahre einen Rückgang erwarten.

4 Übersicht über die Film- und Papierentwicklungsverfahren

4.1 sw-Fotografie und Röntgenfilmentwicklung

Im Unterschied zur Farbfotografie werden für die Entwicklung des Films bzw. des Papiers keine Bleich- bzw. Bleichfixierbäder benötigt. Der Film bzw. das Papier durchläuft folgende Bäder:

- Entwickler
 - Spülen
 - Fixierbad
 - Spülen (silberhaltig)

4.2 Farb-Fotografie

4.2.1 Filmentwicklungsprozess C41

Hinter der Abkürzung C 41 verbirgt sich ein standardisiertes Verfahren, mit dem Farbfilme entwickelt werden, um in einem nachfolgenden Prozess von diesen Filmen Papierabzüge herzustellen. Dieses Verfahren wird bei den meisten Fotolabors (Fotofinisher) verwendet, um z. B. die Bilder von Hobbyfotografen zu entwickeln. Die Filme werden durch folgende Bäder geleitet:

- Farbentwickler
 - Bleichbad
 - Spülen
 - Fixierbad
 - Spülen (silberhaltig)
 - Netzbad
 - Trocknen

Um eine gleichmäßig hohe Bildqualität zu erzeugen müssen Chemikalienkonzentrationen in den Bädern, Temperatur und vor allem die Durchlaufgeschwindigkeit genau geregelt bzw. konstant gehalten werden.

4.2.2 Papierentwicklungsprozess RA4

Bei diesem Prozess werden aus den entwickelten Farbnegativfilmen (C41) Farbfotos hergestellt. Das Papier durchwandert folgende Bäder:

- Farbentwickler
 - Stoppbad
 - Spülen
 - Bleichbad
 - Spülen
 - Fixierbad
 - Spülen (silberhaltig)
 - Trocknen
- } Bleichfixierbad

Bei diesem Prozess ist es bei veränderter Chemikaliendosierung möglich, Bleich- und Fixierbad zu einem Bleichfixierbad zusammenzufassen. Die Wässerungsstufe in obiger Badabfolge zwischen Bleich- und Fixierbad entfällt dann dementsprechend.

Einen Sonderfall des RA4-Prozesses stellt die Papierentwicklung in sog. "Minilabs" dar. Diese Minilabs, die bevorzugt in Kaufhäusern zu finden sind, bieten den Vorteil, dass sie am Aufstellungsort abwasserfrei arbeiten, da sämtliche Bäder nach Gebrauch durch Entsorgungsunternehmen abgeholt und extern behandelt werden. Die Bäderfolge für dieses Verfahren, mit dem Bilder als Sofortdienst z. B. innerhalb einer Stunde entwickelt werden können, sieht folgendermaßen aus:

- Farbentwickler
 - Bleichfixierbad
 - Stabilisierungsbad (ersetzt die gründliche Wässerung nach dem Fixieren)
 - Trocknen

4.2.3 Papierentwicklungsprozess R3

Dieses Verfahren wird zur Herstellung von Abzügen von Dias oder Bildern verwendet. Es ist aufwendiger als der RA4-Prozess, da aus Positivvorlagen neue Positive erstellt werden sollen und nicht wie bei RA4 aus Negativen. Dementsprechend sind ein längerer Entwicklungsweg und der Einsatz einer größeren Anzahl an Bädern nötig:

- Erstentwickler
 - Spülen
 - Farbentwickler
 - Konditionierbad
 - Bleichbad
 - Spülen
 - Fixierbad
 - Spülen (silberhaltig)
 - Trocknen

4.2.4 Diafilmentwicklungsprozess E6

Bei der Diafilmentwicklung wird auch eine größere Anzahl von Bädern durchlaufen, so dass in einem Arbeitsgang der Diafilm entwickelt (Negativ) und anschließend in das Diapositiv umgewandelt wird. Dieser Prozess wird auch als "Umkehrfilm-Entwicklung" bezeichnet. Es ergibt sich folgende Badreihe:

- Erstentwickler
 - Spülen
 - Umkehrbad
 - Farbentwickler
 - Konditionierbad
 - Bleichbad
 - Spülen
 - Fixierbad
 - Spülen (silberhaltig)
 - Netzbad
 - Trocknen

4.3 Entwicklungsmaschinen

Grundsätzlich wird zwischen Hänger- und Durchlaufentwicklungsmaschinen unterschieden. Hängemaschinen werden im Fotolaborbereich eingesetzt. Die Filme hängen an Gestellen und werden von Bad zu Bad transportiert und dort eingetaucht. Die Verschleppung ist deshalb sehr groß.

Bei den Durchlaufmaschinen unterscheidet man Walzen- und Rollentransportmaschinen. Rollentransportmaschinen werden im Fotogroßlaborbereich eingesetzt. Walzentransportmaschinen im Röntgen-, Mikrofilm- und Grafikbereich (Druckereien, Repro-Anstalten).

Bei den Rollentransportmaschinen laufen über Rollen viele aneinandergeliebte Filme durch die Entwicklungsmaschine. Sie werden von einer Rolle abgewickelt und nach der Entwicklung auf diese wieder aufgewickelt. Durch Walzentransportmaschinen werden einzelne Filmfolien, z. B. Röntgenbild mittels Walzen durch die Bäder transportiert.

5 Allgemeine Anforderungen

5.1 Getrennte Baderfassung

Gemäß Anhang 53 müssen die fotografischen Bäder sowie deren Badüberläufe getrennt vom Spülwasser gehalten werden. Je nach Papier- und Filmdurchsatz sind die fotografischen Bäder intern oder auch extern aufzubereiten und wieder einzusetzen (Badrecycling, siehe Punkt 4.4). Dabei wird dem Kreislauf kontinuierlich neue Badlösung zugegeben und im gleichen Maße Badlösung ausgeschleust. Diese verbrauchte Badlösung wird entweder zur Entsorgung als Abfall abgegeben oder einer betriebsinternen Badbehandlung unterzogen, um die Überwachungswerte des Teil D Abs. 1 Nr. 1 des Anhangs einhalten zu können. Eine betriebsinterne Badbehandlung wird jedoch aus Kostengründen selbst bei Großfinishern nicht mehr durchgeführt. Die Betriebe sammeln die verbrauchten Bäder üblicherweise in getrennten Behältern. Auf Abruf werden diese durch einen Entsorgungsbetrieb abgeholt, der dann selbst die Badbehandlung durchführt oder diese wiederum an eine weitere Firma abgibt. Wichtig ist, dass Bleich- bzw. Bleichfixierbäder, die EDTA oder PDTA als Komplexbildner enthalten, nicht mit Fixier- oder Entwicklerbädern gemischt werden. Der Entsorgungsbetrieb darf diese Bäder nicht in die Kanalisation einleiten, sondern muss sie der Verbrennung zuführen.

5.2 Verminderung der Badverschleppung

Bei Rollenmaschinen kann die Verminderung von Badverschleppungen vor allem durch geeignete Abstreif- oder Abquetscheinrichtungen erfolgen. Je nach Maschinentyp kann die Abstreifeinheit zusätzlich mit einer Absaugvorrichtung versehen sein, die die Badverschleppung weiter verringert. In Rollenmaschinen werden die Film- bzw. Papierbänder meist durch Festklammern an Transportbänder durch die Bäder befördert. Selbstverständlich müssen die Transportbänder ebenfalls über Abstreifvorrichtungen geführt werden. Die Abstreifer müssen regelmäßig gewartet bzw. erneuert werden.

Bei den Walzenmaschinen werden die Filme über Walzen geführt und dabei abgequetscht. Auch die Walzen, die für die Verschleppung ins nachfolgende Bad verantwortlich sind, müssen regelmäßig gewartet und ausgetauscht werden. Hängemaschinen haben im Gegensatz zu den Durchlaufmaschinen, eine weitaus größere Verschleppungsrate und sind deshalb als problematisch anzusehen. Diese Art der Entwicklung ist daher nur in Ausnahmefälle, z. B. ungewöhnliche Formate (Poster), Filme mit defekter Perforation oder bei besonderen, künstlerischen Anforderungen an die Bildqualität oder bei Entwicklung von wichtigen Originalen einzusetzen.

Tab. 3: Verschleppungsraten

| Bereich | Flüssigkeitsverschleppung in ml/m ² | |
|-----------------|--|----------------------------|
| | Durchlaufentwicklungsmaschine | Hängerentwicklungsmaschine |
| Fotofilm | 90 | 180 |
| Fotopapier | 50 - 70 | - |
| Grafischer Film | 40 - 90 | - |
| Röntgenfilm | 20 - 60 | - |

5.3 Spülwassereinsparung

Spülwasser kann durch folgende Verfahren eingespart werden:

- Kaskadenwässerung/Gegenstromwässerungen
Bei dieser Methode, die aus dem Bereich der Metallbe- und -verarbeitung bekannt ist, ist die Fließrichtung des Wassers der Bewegungsrichtung des Films oder Papiers entgegengerichtet. Nach Fixier- bzw. Bleichfixierbädern befinden sich meist 3- bis 4fach-Kaskaden.

- **Lowflow-Wässerung**
Hierunter ist eine Wässerungsstufe (gering durchflossene Fließspüle) vor einer Kaskade zu verstehen, bei der nur ein Bruchteil der üblichen Wassermenge eingesetzt wird. Vorteil einer Lowflow-Spüle nach dem Fixierbad ist, dass das Spülwasser durch die Badverschleppung so hohe Silberkonzentrationen enthält, dass eine Entsilberung dieses Spülwassers möglich wird.
- **Sparschaltung**
Damit ist eine bedarfsgerechte Steuerung des Spülwasserzulaufs in Abhängigkeit vom Film- bzw. Papierdurchsatz möglich. Mittels einer Kontaktschaltung setzt der Spülwasserzulauf erst ein, wenn sich Fotomaterial in der Entwicklungsmaschine befindet. Bei älteren Maschinen, die diese standardmäßig nicht eingebaut haben, kann sie durch einfache Nachrüstung realisiert werden (ca. 250 €). Eine zweite Möglichkeit stellt die Steuerung des Spülwasserzulaufs über die Messung des Silbergehaltes im Spülwasser dar.

Nach Umsetzung der Maßnahmen ergeben sich folgende Spülwasserverbräuche:

| | |
|---------------------------|--------------------------|
| Schwarzweiß-Film | 30 - 60 l/m ² |
| Schwarzweiß-Papier | 1 - 10 l/m ² |
| Colornegativ-Film (C41) | 20 - 60 l/m ² |
| Colornegativ-Papier (RA4) | 2 - 10 l/m ² |
| Colorumkehr-Film (E6) | bis 200 l/m ² |

In Fachlabors liegt der Spülwasserverbrauch meistens über den angegebenen Zahlen, da die Maschinenauslastung geringer ist.

5.4 Badrecycling

Bei einem Film- und Papierdurchsatz zwischen 3000 und 30.000 m²/a sind die Fixierbäder einem Recyclingprozess zuzuführen. Aus Qualitätssicherungsgründen und wegen der Vorschrift, dass Röntgenaufnahmen, die der Beweissicherung dienen, über einen längeren Zeitraum aufbewahrt werden müssen (z.B. Medizin: 30 Jahre), ist der Röntgen- und Mikrofilmbereich von dieser Forderung ausgenommen. Trotzdem findet man im medizinischen Bereich häufig Elektrolysegeräte zur Entsilberung des Fixierbades, was nach Angaben des Praxispersonals bisher zu keinen Qualitätsproblemen bei den Röntgenbildern geführt hätte.

Bei einem Film- und Papierdurchsatz von über 30000 m²/a sind Fixier-, Bleichfixier- und Bleichbäder sowie Farbentwickler einem Recyclingprozess zuzuführen. Üblicherweise wird der vorgeschriebene Recyclingprozess als innerbetriebliche Kreislaufrführung der Bäder durchgeführt. Grundsätzlich ist eine Aufbereitung der Bäder mit dem Ziel einer Wiederverwendung zum gleichen Zweck auch außerhalb des eigentlichen Betriebes möglich.

Bei allen Bädern müssen nach erfolgter Aufbereitung Regenerierchemikalien in fester oder flüssiger Form zur Auffrischung zugegeben werden. Die Regenerierrate (ml/m²) gibt an, welches Flüssigkeitsvolumen an Frischchemie dem Bad pro m² Filmmaterial zugeführt wird. Für jeden Entwicklungsprozess gibt es eine sog. Standardregenerierrate. Die Regenerierrate von Bädern wird durch Kreislaufrführung mit Aufbereitung (Recycling) ungefähr halbiert. Die gleiche Menge an zudosierten Frischchemie wird dem Kreislauf entzogen, gesammelt und als Abfall entsorgt bzw. nach Behandlung eingeleitet. Alle Bäder werden vor der eigentlichen Aufbereitung meist einer Filtration unterzogen.

- **Fixierbäder:**
Im Fixierbad reichert sich Silber an, das vom Film bzw. Papier herausgelöst wird. Fixierbäder werden in der Regel mittels Elektrolyse on-line entsilbert, so dass die Silberkonzentration im Fixierbad relativ konstant auf niedrigem Niveau gehalten werden kann (ca. 0,5 g/l). Wird das Fixierbad chargenweise (off-line) entsilbert, hat dies eine höhere Silberfracht im Spülwasser zur Folge.
- **Bleichbäder:**
Im Bleichbad erfolgt die Oxidation des im Filmmaterial enthaltenen Silbers in das Silberion durch ein Oxidationsmittel, welches dabei selbst reduziert wird. Als Oxidationsmittel wird bisher überwiegend dreiwertiges Eisen in Form eines Komplexes verwendet. Das Regenerieren geschieht durch

Belüftung mit Luftsauerstoff, um das zweiwertige Eisen zu dreiwertigem Eisen zu oxidieren. Als Komplexbildner wird meist EDTA, PDTA verwendet. Zunehmend werden auch leicht abbaubare Komplexbildner eingesetzt (siehe auch Nr.10).

- **Bleichfixierbäder:**
Bleichfixierbäder werden meist mittels off-line-Elektrolyse entsilbert. Eine weitere Möglichkeit stellt die Zementation dar. Das Bad wird dabei durch Stahlwolle geleitet, wobei sich das Silber abscheidet und stattdessen Eisen in Lösung geht.
- **Farbentwickler:**
Aus bromidhaltigen Farbentwicklern wird Bromid, das sich im Laufe der Zeit anreichert, mittels einem basischen Ionenaustauscher entfernt. Regeneriert wird mit Carbonat oder Bicarbonat. Das Regenerat des Ionenaustauschers kann in den Kanal geleitet werden. Bei bromidfreien Farbentwicklern (RA4-Prozess) genügt die Auffrischung mit Chemikalien.
- **Erstentwickler:**
Erstentwickler (R3-, E6 und s/w-Prozess) sind bisher nicht aufbereitbar.

Auf dem Markt werden unter der Bezeichnung „low rate“, „no replenishment“ überlaufarme Regeneriersysteme angeboten, die einem Badrecycling gleichwertig sein können. Dies ist im Einzelfall von der Unternehmerin nachzuweisen. Der Chemikalieneinsatz in g pro verarbeiteten m² Fotomaterial darf nicht höher sein als bei einem o. g. Recyclingverfahren.

Ausnahmen von der Pflicht des Badrecyclings können für Entwicklungsmaschinen gestattet werden, die nur einen geringen Anteil am gesamten Film- und Papierdurchsatz des Betriebes haben.

5.5 Einsatzverbote

Im Abwasser aus der Behandlung von Bleich- und Bleichfixierbädern darf kein EDTA und PDTA enthalten sein, da EDTA/PDTA nicht den erforderlichen DOC-Eliminierungsgrad erreicht (s.a. Nr. 6.7.). Derzeit besteht in der Praxis nur die Möglichkeit, verbrauchte Bleich- und Bleichfixierbäder als Abfall ordnungsgemäß zu entsorgen. Eine vorherige Reduzierung des Volumens durch Eindampfung ist sinnvoll.

Nahezu alle Hersteller von Fotochemikalien bieten Bleichbäder mit Komplexbildnern an, die die Anforderungen hinsichtlich Abbaubarkeit erfüllen. Jedoch werden diese Bäder wegen der höheren Preise nur sehr zögerlich angewendet. Von Seiten der Wasserwirtschaft ist im Rahmen des Vollzuges darauf hinzuwirken, dass die Betriebe zumindest teilweise auf die neuen Bleichbäder umstellen. Bleichfixierbäder mit abbaubaren Komplexbildnern sind noch nicht auf dem Markt. Die Verbände der Fotoindustrie haben eine Selbstverpflichtungserklärung unterzeichnet, in der sich die Mitgliedsbetriebe verpflichten, sukzessive auf Bleichbäder und Bleichfixierbäder mit abbaubaren Komplexbildnern gem. Anhang 53 umzusteigen (siehe auch Nr.10).

Damit unnötige AOX-Belastungen bei der Badaufbereitung vermieden werden, darf Chlor oder Hypochlorit als Oxidationsmittel nicht eingesetzt werden.

6 Anforderungen an Abwasser aus der Behandlung von Bädern

Für die Einleitung von Abwässern aus der Badbehandlung sind im Anhang 53 zur AbwV keine Bagatellgrenzen festgelegt. D. h. dass jeder noch so kleine fotografische Betrieb der Genehmigungspflicht nach § 58 WHG unterliegt, wenn er fotografische Bäder in die öffentliche Kanalisation einleitet (vgl. Röntgenentwickler Roentoroll AC der Fa. TETENAL, Norderstedt, auf Ascorbinbasis, ohne Hydrochinon, dessen Überläufe häufig in die Kanalisation eingeleitet werden). Um die Überwachungswerte einhalten zu können, ist eine Behandlung der Bäder notwendig. Die Praxis hat gezeigt, dass eine derartige Behandlung nur von spezialisierten Entsorgungsunternehmen durchgeführt wird. Selbst Großfischer geben ihre fotografischen Bäder evtl. nach Eindampfung an Entsorgungsunternehmen ab.

In Teil D (1) Nr. 1 des Anhangs 53 sind die Parameter und die dazu gehörigen Überwachungswerte aufgeführt, die bei der Ableitung der Abwässer aus der Behandlung verbrauchter Bäder zu berücksichtigen sind. Mögliche Quellen für die festzulegenden Parameter sind:

| | |
|--------------|--|
| Silber | Film- und Papiermaterial, fotografische Bäder |
| AOX | Reinigungsmittel |
| Chrom, ges. | Chromatsensibilisierte Fotoschichten auf Film- und Papier, Bleich- |
| Chrom VI | bäder, Tankreiniger, Abschwächer |
| Zinn | Umkehrbäder (Zinn-II-chlorid) |
| Quecksilber | lichtempfindliches Agens in Film- und Papiermaterial, Verstärkerbäder |
| Cadmium | lichtempfindliches Agens in Film- und Papiermaterial, Fixierbäder |
| Cyanid, ges. | Bleichbäder (Hexacyanoferrat) in der Cinefilmentwicklung, Abschwächer. |

Zur Behandlung von fotografischen Bädern werden Verfahren eingesetzt, bei denen meist nur Silber aus den Bädern entfernt und die oxidierbaren Stoffe wie z. B. Thiosulfat oder Sulfid oxidiert werden:

- elektrolytische Entsilberung von Fixierbädern,
- Zementation,
- Fällung mit Natriumsulfid oder Organosulfiden,
- chemische und anodische Oxidation, wobei als Oxidationsmittel Sauerstoff, Wasserstoffperoxid (UV-Licht) oder Ozon eingesetzt wird bzw. eine anodische Oxidation durchgeführt wird. Chlorhaltige Oxidationsmittel dürfen nicht verwendet werden, da die Gefahr der Bildung von organischen Chlorverbindungen besteht.

Um auch den Anforderungen der Entwässerungssatzung gerecht zu werden, sind folgende Verfahren möglich:

- Strippen von Ammoniak:
Da im fotografischen Entwicklungsprozess viele Chemikalien in Form ihrer Ammoniumsalze verwendet werden, besteht eine Möglichkeit zur Entfernung größerer Mengen an Ammonium (Ausgangssituation: ca. 10.000 mg $\text{NH}_4\text{-N/l}$ Fixierbad) in einer pH-Wert-Steigerung und anschließendem Strippen Ammoniaks mit Luft. Dadurch können Ammoniumwerte im Abwasser von deutlich weniger als 1 g/l erreicht werden.
- Fällung von Sulfat:
Sulfat lässt sich am besten mit Calciumhydroxid fällen. In der Praxis wird aufgrund des hohen Neutralsalz- bzw. Alkaliionen-Gehaltes ein Restsulfatgehalt von 5 g/l erreicht.

Die Verbrennung verbrauchter Bäder der Silberhalogenid-Fotografie in Sondermüllverbrennungsanlagen führt zur Zerstörung der Komplexbildner, ist jedoch aus wirtschaftlichen Gründen i.a. erst nach Vorbehandlung (z.B. Eindampfung, Trocknung) möglich.

7 Anforderungen an die Einleitung von Spülwässern

Der Anhang 53 enthält als Anforderung für Silber im Spülwasser einen produktionsspezifischen Frachtwert in mg Silber pro m^2 entwickeltem Film bzw. Papier. Da in der Fotobranche in der Regel nicht von einem konstanten Film- und Papierdurchsatz pro Tag ausgegangen werden kann, ist der Frachtwert in das Gutachten zu übernehmen. Die Festlegung eines Konzentrationswertes, der aufgrund der Maschinenkapazität errechnet wird, ist ebenfalls nicht möglich, da die Maschinenauslastung nur zwischen 5 und 20 % liegt. Die Schwankungen der Produktion bei Fotogroßlabors sind innerhalb der Woche und während des Jahres (Urlaubszeit) enorm.

Beim Einleiten von Spülwasser wird nur bei Betrieben, die mehr als 3000 m^2 Film und Papier pro Jahr entwickeln, eine Begrenzung der Silberfracht gefordert. Es gibt grundsätzlich drei Möglichkeiten zur Reduzierung der Silberfracht im Spülwasser:

- Verminderung der Badverschleppung (produktionsintegrierte Maßnahme):
Durch Maßnahmen zur Minimierung der Badverschleppung durch den Film- bzw. Papiertransport aus dem Fixierbad in das nachfolgende Spülbad einer Entwicklungsmaschine wird die Silberfracht des Spülwassers auf niedrigem Niveau gehalten. Die Verschleppung wird als Verschleppungsrate angegeben. Die Verschleppungsrate (ml/m^2) ist das Flüssigkeitsvolumen, das am Filmmaterial anhaftet und dadurch ins nächste Bad aufgetragen wird. (Siehe auch Nr. 5.2)

- **Fixierbadentsilberung (produktionsintegrierte Maßnahme):**
Eine kontinuierliche Entsilberung (online) bewirkt, dass weniger Silber in das Spülwasser verschleppt wird. Unter einen Silbergehalt von 0,2 bis 0,3 g/l Fixierer kann nicht entsilbert werden, da ansonsten die Gefahr besteht, dass Silbersulfid gebildet und die Verwendungsfähigkeit des Fixierbades beeinträchtigt wird.
- **Entsilberung des Spülwassers (end-of-pipe-Maßnahme):**
Mittels Ionenaustauschern wird das Silber aus dem Spülwasser entfernt. Die Regenerierung wird mittels Fixierbad durchgeführt, das anschließend wieder elektrolytisch entsilbert wird. Eine Regenerierung der Ionenaustauscher ist nicht in allen Fällen möglich. Eine weitere Möglichkeit stellt eine Fällung/Flockung mit anschließender (Ultra-)Filtration dar.

Die Silberfrachtwerte für Betriebe zwischen 3000 und 30000 m²/a (50 bzw. 70 mg/m²) können meist durch eine online-Entsilberung der Fixierbäder und durch eine leistungsfähige Abstreiftechnik eingehalten werden. Der Zusammenhang zwischen Silberkonzentration des Fixierbades, Verschleppungsrate aus dem Fixierbad und der Silberfracht im Spülwasser ist in Abbildung 2 dargestellt. An der Abszisse sind übliche Verschleppungsraten von verschiedenen Entwicklungsmaschinen eingezeichnet. Das Bild zeigt, dass eine Hänger-Entwicklungsmaschine die Silberfrachtwerte aufgrund des Fehlens von effektiven Maßnahmen zur Verminderung der Badverschleppung nicht erreichen kann.

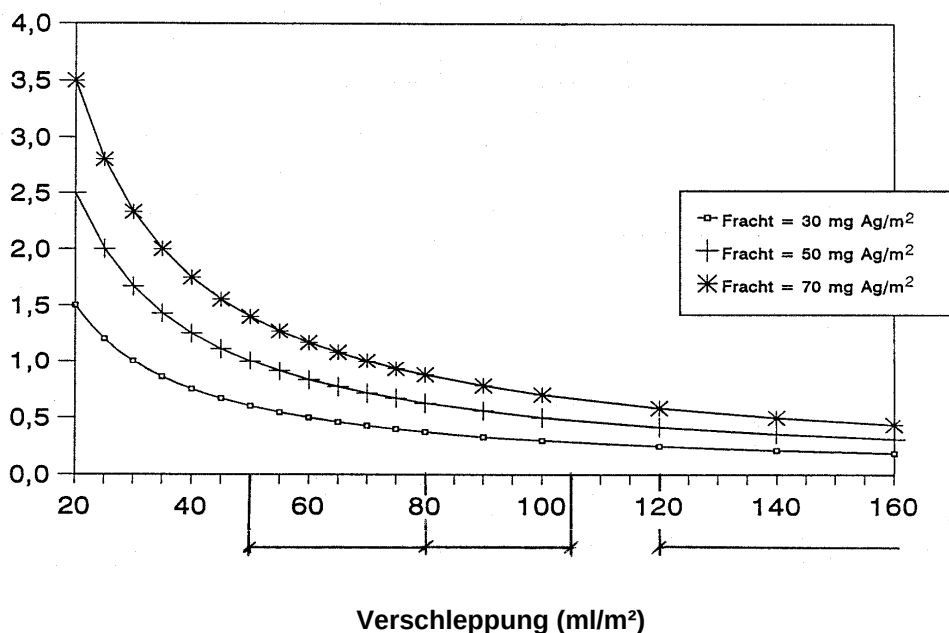


Abb. 2: Silberfrachtwert in Abhängigkeit der Silberkonzentration im Fixierbad und der Verschleppung der Entwicklungsmaschine

Der Frachtwert für Silber von 30 mg/m² in Betrieben mit einem Film- und Papierdurchsatz von über 30000 m²/a kann in der Regel nur durch Entsilberung des Spülwassers erreicht werden. Bei Krankenhäusern ist der gesamte Filmdurchsatz aller Röntgenentwicklungsmaschinen ausschlaggebend für die Festsetzung der Anforderungen. Die Krankenhäuser liegen in der Regel über 3000 m²/a aber unter 30 000 m²/a Filmdurchsatz. Um den Silberfrachtwert einhalten zu können, sollte jede Röntgenentwicklungsmaschine an einer Elektrolyse angeschlossen sein. Alle Entwicklungsmaschinen sind bezüglich der Überwachung des Silberfrachtwertes gemeinsam zu betrachten. Die einfachste Lösung für Einleiter und Behörde ist die Installation von zugelassenen Entwicklungsmaschinen bzw. Elektrolysegeräten. Dies sollte auf jeden Fall angestrebt werden. Bei großen Kliniken mit vielen Röntgenentwicklungsmaschinen (10 und mehr) können einzelne Röntgenentwicklungsmaschinen von der Überwachung ausgeschlossen werden, wenn mit diesen Entwicklungsmaschinen im Jahr weniger als 3000 m²/a entwickelt wird und der Filmdurchsatz im Vergleich mit den anderen Entwicklungsmaschinen wesentlich niedriger liegt.

Zur Überwachung der Silberfrachten im Spülwasser sind folgende Vorgehensweisen möglich:

- a) Probenahme aus dem gemeinsamen Ablauf aller silberhaltiger Spülwässer
Wegen dem im Vergleich zu den anderen Methoden geringsten Überwachungsaufwand, ist diese Methode zu bevorzugen. Der Aufwand der dafür notwendigen Zusammenführung der Spülwässer aller Entwicklungsmaschinen wird langfristig durch den wesentlich geringeren Überwachungsaufwand für die Unternehmerin aufgehoben. Die Messstelle für das Spülwasser ist dort einzurichten, wo das silberhaltige Spülwasser aller Entwicklungsmaschinen zusammengeführt und ggf. entsilbert wird. An dieser Stelle ist die Silberkonzentration zu messen und der Abwasserabfluss (m³/d) mittels eines summierenden Durchflussmessgerätes zu bestimmen. Der entsprechende Film- und Papierdurchsatz ist dem Betriebstagebuch (m²/d) zu entnehmen. Es gilt folgende Formel zur Ermittlung der Silberfracht:

$$\text{Silberfracht} = \frac{C * Q}{D}$$

C = Silberkonzentration in der nicht abgesetzten, homogenisierten qualifizierten Stichprobe im Spülwasser in mg/l
Q = Abwasseranfall aus den Spülbädern am Tag der Messung in l
D = gesamter Film- und Papierdurchsatz am Tag der Messung in m²

- b) Probenahme aus dem Ablauf jeder Entwicklungsmaschine
Stellt sich in Ausnahmefällen eine Zusammenführung aller silberhaltigen Spülwässer als zu aufwendig dar, können die Messungen der Silberkonzentrationen am Ablauf des silberhaltigen Spülwassers an jeder einzelnen Entwicklungsmaschine erfolgen. Der Spülwasserabfluss kann durch Registrierung des Wasserzuflusses zum betreffenden Spülbad der Entwicklungsmaschine ermittelt werden. Der entsprechende Film- und Papierdurchsatz ist dem Betriebstagebuch (m²/d) zu entnehmen. Es gilt folgende Formel zur Ermittlung der Silberfracht:

$$\text{Silberfracht} = \frac{C_1 * Q_1 + C_2 * Q_2 + C_n * Q_n}{D}$$

C_{1...n} = Silberkonzentration in der nicht abgesetzten, homogenisierten qualifizierten Stichprobe im Spülwasser einer Entwicklungsmaschine in mg/l
Q_{1...n} = Abwasseranfall aus den Spülbädern einer Entwicklungsmaschine am Tag der Messung in l
D = gesamter Film- und Papierdurchsatz am Tag der Messung in m²

- c) Probenahme an jeder Entwicklungsmaschine
Auch für die dritte Vorgehensweise ist keine Zusammenführung der silberhaltigen Spülwässer aller Entwicklungsmaschinen nötig, da direkt an den Maschinen gemessen wird. Die Verschleppungsrate ist für jede Entwicklungsmaschine einmal durch die Unternehmerin zu bestimmen, wenn keine zuverlässigen Herstellerangaben vorliegen. Die Silberkonzentration jedes Fixierbades bzw. Bleichfixierbades ist zu untersuchen, der Film- und Papierdurchsatz ist dem Betriebstagebuch zu entnehmen. In die Formel geht die Wichtung der Entwicklungsmaschinen nach ihrem Anteil am gesamten Film- und Papierdurchsatz ein. Es gilt folgende Formel zur Ermittlung der Silberfracht:

$$\text{Silberfracht} = \frac{C_{fix1} * R_{fix1} * D_1 + C_{fix2} * R_{fix2} * D_2 + C_{fixn} * R_{fixn} * D_n}{D}$$

C_{fix1...n} = Silberkonzentration in der nicht abgesetzten, homogenisierten qualifizierten Stichprobe im letzten Tank des Fixierbades einer Entwicklungsmaschine in mg/l
R_{fix1...n} = Verschleppungsvolumen aus dem letzten Tank des Fixierbades in das nachfolgende Spülbad einer Entwicklungsmaschine in l/m²
D_{1...n} = Film- bzw. Papierdurchsatz einer Entwicklungsmaschine in m²/a
D = gesamter Film- und Papierdurchsatz in m²/a

Ist eine Abwasserbehandlungsanlage zur Entsilberung des Spülwasser vorhanden, also in der Praxis bei allen Betrieben mit Film- und Papierdurchsatz $> 30000 \text{ m}^2/\text{a}$, muss Bestimmungsmethode a angewendet werden. Bei Betrieben mit einem Film- und Papierdurchsatz zwischen 3000 und $30000 \text{ m}^2/\text{a}$ und ohne Entsilberung des Spülwassers kommen auch die Bestimmungsmethoden b und c in Frage. Da bei den Methoden b) und c) jedoch an jeder Entwicklungsmaschine gemessen werden muss, sind diese Methoden relativ zeitaufwendig. Die anzustrebende Methode sollte deshalb grundsätzlich a) sein. Einen Überblick über die drei Bestimmungsmethoden gibt folgende Tabelle .

Tab. 3: Bestimmungsmethoden der Silberfracht im Spülwasser

| | Methode a) | Methode b) | Methode c) |
|--|---|--|--|
| Silbermessung | im Spülwasser | im Spülwasser | im Fixierbad |
| Durchflussmessgerät | notwendig | nicht notwendig, über Wasserzuflussmessung der Entwicklungsmaschinen ermittelbar | nicht notwendig, statt dessen Verschleppungsrate der einzelnen Entwicklungsmaschinen |
| Zusammenführung des Spülwassers aller Entwicklungsmaschinen | notwendig | nicht notwendig | nicht notwendig |
| Behandlungsanlage für Spülwasser vorhanden | anwendbar | nicht anwendbar | nicht anwendbar |
| Untersuchungsaufwand durch die Unternehmerin bzw. durch das WWA | niedrig (Silber- und Durchflussmessung an einer Messstelle) | hoch (Silber- und Durchflussmessung am Ablauf jeder Entwicklungsmaschine) | mittel (Silbermessung an jeder Entwicklungsmaschine) |

8 Eigenüberwachung und Festlegung des Abwasserabflusses

Die EÜV (Anhang 2, zweiter Teil) gilt nur für die fotografischen Betriebe, wenn eine Abwasserbehandlungsanlage vorhanden ist, d. h. wenn Bäder behandelt und eingeleitet werden oder eine Entsilberungsanlage für das Spülwasser vorhanden ist. Ist keine Ionenaustauschanlage vorhanden, hängt die Einhaltung des Silberfrachtwertes im Spülwasser ausschließlich von der Funktion der innerbetrieblichen Maßnahmen (Abstreiftechnik, Entsilberung des Fixierbads) ab. Um deren Funktion zu kontrollieren, ist auch in diesen Fällen eine Eigenüberwachung zu fordern.

Der Abwasserabfluss des Spülwassers ist erst ab einem Film- und Papierdurchsatz von mehr als $3000 \text{ m}^2/\text{a}$ festzulegen. Der festzulegende Abwasserabfluss soll das gesamte eingeleitete Produktionsabwasser (silberhaltiges und silberfreies Spülwasser, nicht behandlungsbedürftige Fotobäder und ggf. behandelte Fotobäder) umfassen. Für das Abwasser aus der Behandlung von fotografischen Bädern ist für jede Betriebsgröße ein Abwasserabfluss festzulegen. Für das Abwasser aus der Behandlung von fotografischen Bädern ist für jede Betriebsgröße ein Abwasserabfluss festzulegen.

Bei den meisten Betrieben stellt das Auffinden einer Messstelle zur Erfassung des gesamten Produktionsabwassers ohne Sanitärabwasser ein Problem dar, da das bestehende Leitungssystem dies nicht ermöglicht. In diesen Fällen muss an mehreren Stellen der Abfluss gemessen werden, der Abwasserabfluss kann auch durch Erfassung des Wasserverbrauchs im Zulauf ermittelt werden.

Tab 5: Festlegung der Eigenüberwachung und des Abwasserabflusses je nach Betriebsgröße

| Betriebsgröße | ≤ 200m²/a | | >200 m²/a – 3000 m²/a | | >3000 m²/a – 30000 m²/a | | >30000 m²/a | |
|---|---|--|---|--|--|--|--|------------------------|
| Einleitung von fotografischen Bädern | ja | nein | ja | nein | ja | nein | ja | nein |
| Allg. Anforderungen gem. Anhang 53 Teil B | ohne Nr. 4 und 5 | keine Genehmigungspflicht
nach § 58 WHG | ohne Nr. 4 und 5 | ohne Nr. 4 und 5 | ohne Nr. 5 | ohne Nr. 5 | ja | ja |
| Anforderungen an das Abwasser aus der Behandlung von Bädern gem. Anhang 53 Teil D Abs.1 Nr. 1 | ja | | ja | nein | ja | nein | ja | nein |
| Anforderungen an das Spülwasser gem. Anhang 53 Teil D Abs.1 Nr. 2 | nein | | nein | nein | ja | ja | ja | ja |
| Festlegung des Abwasserabflusses | Ablauf der Behandlungsanlage des Abwassers aus den Bädern | | Ablauf der Behandlungsanlage des Abwassers aus den Bädern | nein | Ablauf Behandlungsanlage des Abwassers aus Bädern und Ablauf des Spülwassers | Ablauf des Spülwassers | Ablauf Behandlungsanlage des Abwassers aus Bädern und Ablauf des Spülwassers | Ablauf des Spülwassers |
| Festlegung der Eigenüberwachung | gem. EÜV | | gem. EÜV | Jahresbericht mit Angaben zur Änderungen in der Produktion | gem. EÜV
zusätzlich Ag-Konzentration und Abfluss des Spülwassers | Ag-Konz. + Abfluss des Spülwassers bzw. gem. EÜV wenn Behandlungsanlage für Spülwasser vorhanden | gem. EÜV
zusätzlich Ag-Konzentration und Abfluss des Spülwassers | gem. EÜV |

9 Silber-Analytik

Bei der Silberbestimmung im Rahmen der amtlichen Überwachung und der Eigenüberwachung werden bei Durchführung der Probennahme und -vorbereitung entsprechend den Vorgaben der Abwasserverordnung und der entsprechenden DIN-Vorschrift enorme Minderbefunde gemessen. Es ist deshalb folgende Vorgehensweise Abwasser aus fotografischen Prozessen anzuwenden:

- Als Probenflaschen sind braune Glasflaschen zu verwenden. Die Glasflaschen und sonstige bei der Probennahme verwendete Geräte sind vorher mit dem Abwasser auszuspülen, damit evtl. freie Adsorptionsplätze im Gefäß mit Silberionen besetzt werden.
- Die Proben dürfen keinesfalls konserviert werden, da dadurch eine Ausfällung von Silber stattfindet und sich somit der Silberbestimmung entzieht.
- Die Zeitdauer zwischen Probennahme und Analyse sollte so kurz wie möglich gehalten werden. Beim Transport und der Lagerung sind die Proben unbedingt dunkel und kühl aufzubewahren, damit keine Ausfällungen in der Probe stattfinden.
- Die Proben dürfen keinem Aufschluss unterzogen werden, da durch Zugabe von Säure Fällungsreaktionen auftreten, die Silber der Bestimmung entziehen.

10 Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung

Der Anhang 53 bietet die Möglichkeit für Betriebe mit einem Film- und Papierdurchsatz zwischen 3000 und 30000 m²/a eine Abwasserbehandlungsanlage mit allgemeiner bauaufsichtlicher Zulassung zur Einhaltung des Silberfrachtwertes im Spülwasser einzubauen. Eine solche Zulassung wird vom Deutschen Institut für Bautechnik in Berlin erteilt. Mit Inkrafttreten des neuen WHG und BayWG zum 01.03.2010 gelten für den Vollzug folgende Regeln:

- Für Neueinleitungen ist in jedem Fall eine Indirekteinleitergenehmigung nach § 58 WHG erforderlich.
- Unbefristet erteilte Indirekteinleitergenehmigungen (egal ob durch Bescheid oder Genehmigungsfiktion gem. Art. 41c BayWG-alt) gelten fort, § 105 Abs. 1 Satz 2 WHG
- Indirekteinleitergenehmigungen, die befristet erteilt wurden und auslaufen, sind nach § 58 WHG neu zu erteilen
- Die Genehmigung für neue Anlagen und für bestehende Anlagen ist ohne weitere Nachprüfung (auch keine Beteiligung der WWA) zu erteilen, wenn der Antrag auf Indirekteinleitergenehmigung die Voraussetzungen des Art. 41c BayWG-alt entsprechend erfüllt.
- Bei Amalgamabscheidern kann davon ausgegangen werden, dass Altanlagen im Zeitpunkt der wasserrechtlichen „Erstgenehmigung“ eine bauaufsichtliche Zulassung vorgewiesen haben (Anforderung aus Anhang 50 AbwV)
- Anlagen, die zum Zeitpunkt der Genehmigung bauaufsichtlich zugelassen waren, verlieren ihre bauaufsichtliche Zulassung nicht, auch wenn die bauaufsichtliche Zulassung mittlerweile abgelaufen ist. Amalgamabscheider mit Prüfzeichen, die vor Mitte 1997 zugelassen wurden, sind rechtlich solchen mit allgemein bauaufsichtlicher Zulassung gleichgestellt.

11 Selbstverpflichtung der Fotoindustrie

Der Einsatz des Komplexbildners PDTA als Ersatzstoff für EDTA in Bleichbädern führte in den Jahren 1991 bis 1996 zu einer deutlichen Mengenreduzierung an EDTA.

Im Jahr 1998 haben drei Verbände der Fotobranche (Chemieverband Imaging und Photo e.V./CIPHO, Bundesverband der Photo-Großlaboratorien e.V./ BGL und Verband der Fotofachlabore e.V. / ALR) eine Selbstverpflichtung zur weiteren Reduzierung der schwer abbaubaren Komplexbildner EDTA und PDTA gegenüber dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit abgegeben. Die Hersteller von Fotochemikalien haben sich verpflichtet, neue Bleich- und Bleichfixierbäder anzubieten, die einen um 50 % reduzierten Gehalt an schwer abbaubaren Komplexbildnern aufweisen. Die Labore haben sich verpflichtet, diese neuen Bäder einzusetzen oder durch technische Maßnahmen eine vergleichbare Reduzierung des Eintrags an schwer abbaubaren Komplexbildnern zu erreichen. Die vereinbarte Selbstverpflichtung hat zu einer deutlichen Reduzierung der EDTA-Mengen im Abwasser der Fotobranche geführt. Die Fracht (mg schwer abbaubarer Komplexbildner je Quadratmeter Film und Papier) konnte um mehr als 50 % reduziert werden.

12 Allgemeine Hinweise

Im Rahmen des Vollzugs ist in der Regel eine Ortseinsicht bei dem Betrieb erforderlich. Bei der Begutachtung sollte darauf geachtet bzw. die Betriebe darauf hingewiesen werden, dass leere Fotochemikaliengebinde ohne Spülen an den Hersteller zurückgegeben werden sollten, da der Chemikalienhersteller über geeignete Wascheinrichtungen bzw. Abwasserbehandlungsanlagen verfügt. Konzentrate, d.h. sowohl verbrauchte Bäder als auch unbenutzte Chemikalien oder Badzubereitungen, sind als Abfall ordnungsgemäß zu entsorgen und dürfen nicht als Abwasser in die öffentliche Kanalisation eingeleitet werden.

13 Literatur

- Baumann, Muth, Schmidt:
Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren, Fotolabore und Röntgenabteilungen, Vermeidung und Verwertung von Abfällen im Bereich der Silberhalogenidfotografie, ABAG - Die Abfallberatungsagentur, Universität Dortmund Institut für Umweltforschung, Januar 1997
- Beulker:
Zulassungsgrundsätze für Geräte zur Minderung der Silberfracht in Spülwässern der Fotobranche, Stand 10.12.1998, Deutsches Institut für Bautechnik
- Merkblatt ATV-DVWK-M 769:
Abwasser, das bei der Verarbeitung von fotografischem Material anfällt, April 2004

Impressum:

Herausgeber:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
Bürgermeister-Ulrich-Straße 160
86179 Augsburg

Telefon: (08 21) 90 71-0
Telefax: (08 21) 90 71-55 56
E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de
Internet: <http://www.lfu.bayern.de>

Postanschrift:
Bayerisches Landesamt für Umwelt
86177 Augsburg

Bearbeitung:
Ref. 68
Stand:
01. November 2011

Bildnachweis: