



**Branchenspezifische Checkliste  
für die Staatlichen Gewerbeaufsichtsämter  
zur Fortführung des Beratungsprogramms  
zur Abfallvermeidung und -verwertung  
in Baden-Württemberg**

**Fotolabore und Röntgenabteilungen**

im Auftrag des  
Ministeriums für Umwelt und Verkehr  
Baden-Württemberg

ABAG-itm GmbH  
Stauferstr. 15  
70736 Fellbach

## Inhaltsverzeichnis

<b>1 ANGABEN ZUM UNTERNEHMEN (TABELLE 1)</b>	<b>3</b>
<b>2 RELEVANTE ENTWICKLUNGSVERFAHREN UND ABFALLARTEN</b>	<b>4</b>
<b>3 BERATUNGS-LEITFADEN</b>	<b>7</b>
<b>3.1 Schwarzweiß-Entwicklerbäder</b>	<b>8</b>
3.1.1 Minimierung von Badverschleppungen	8
3.1.2 Verzicht auf Prozessbäderwechsel im Rahmen von Wartungen (nur Röntgenabteilungen)	9
3.1.3 Einsatz von Low-Rate-Chemie (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	10
3.1.4 Einsatz von Trockenchemie	11
<b>3.2 Farbentwicklerbäder</b>	<b>12</b>
3.2.1 Zugabe von Oxidationsschutzmitteln	12
3.2.2 Betriebsinterne Badaufbereitung (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	13
3.2.2 Betriebsexterne Badaufbereitung	14
<b>3.3 Fixierbäder</b>	<b>15</b>
3.3.1 Betriebsinterne Entsilberung	15
3.3.2 Betriebsexterne Entsilberung	16
3.3.3 Betriebsinterne und -externe Badaufbereitung	17
<b>3.4 Bleichfixierbäder</b>	<b>19</b>
3.4.1 Betriebsinterne Entsilberung (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	19
3.4.2 Betriebsexterne Entsilberung	20
3.4.3 Betriebsinterne und -externe Badaufbereitung	21
<b>3.5 Bleichbäder</b>	<b>22</b>
3.5.1 Betriebsinterne Badaufbereitung	22
<b>3.6 Stoppbäder</b>	<b>23</b>
3.6.1 Betriebsinterne Badaufbereitung (> 30.000 m <sup>2</sup> /a)	23
<b>3.7 Klärbäder, Umkehrbäder, Konditionierbäder, Stabilisierbäder,   Abschwächerbäder, Verstärkerbäder, Tonerbäder</b>	<b>24</b>
3.7.1 Vermeidung von Abschwächer- und Verstärkerbädern	24
<b>3.8 Wässerungsbäder (&gt;3.000 m<sup>2</sup>/a)</b>	<b>26</b>
3.8.1 On-line-Entsilberung der Fixier- und Bleichfixierbäder	26
3.8.2 Fixier- und Bleichfixierbadkaskaden	27
3.8.3 Waschwasserentsilberung	27
3.8.4 Wassersparschaltung	28
3.8.5 Kaskadenwässerung	29
3.8.6 Ultrafiltration und Umkehrosmose (> 30.000 m <sup>2</sup> /a)	29
<b>4 ERGEBNISDOKUMENTATION DER BERATUNG (TABELLE 4)</b>	<b>31</b>
<b>5 ERGEBNISDOKUMENTATION DER BETRIEBLICHEN UMSETZUNG (TABELLE 5)</b>	<b>32</b>
<b>ANHANG: ÜBERSICHT ÜBER ANFALLENDE ABFALLARTEN</b>	<b>33</b>

**1 Angaben zum Unternehmen (Tabelle 1)**

Firma:	
Standort:	
Adresse:	
relevanter Produktionsbereich:	
betrieblicher Ansprechpartner:	Herr/Frau
Stellung/Verantwortungsbereich:	
Telefon:	
Telefax:	
E-Mail:	

## 2 Relevante Entwicklungsverfahren und Abfallarten

### Der Ansprechpartner im fotoverarbeitenden Betrieb:

Kleinere fotografische Verarbeitungsbetriebe (weniger als 5.000 m<sup>2</sup> verarbeitetes Filmmaterial pro Jahr) müssen in der Regel keine Betriebsbeauftragten für Abfall, Gewässerschutz oder Immissionsschutz benennen.

Jedes Unternehmen hat jedoch umweltrechtliche Pflichten. Dazu gehören zum Beispiel Maßnahmen zur Verhinderung einer Verunreinigung von Gewässern oder einer umweltgefährdenden Abfallbeseitigung. Diesen Pflichten kann durch Bestellung und Überwachung von Aufsichtspersonen durch die gesetzlichen Vertreter des Unternehmens Rechnung getragen werden.

Die Verantwortlichen sollten daher in einem Organisationsplan festgelegt sein. Durch schriftliche Betriebsanweisungen sollte geregelt sein, wie z.B. mit Gefahrstoffen umzugehen ist, wie die sachgerechte Entsorgung durchzuführen ist, wo sich die Auffangbehälter für verbrauchte Bäder befinden und wer für den ordnungsgemäßen Ablauf des Entsorgungsverfahrens (Beseitigung und Verwertung) zuständig ist.

### Wie groß ist der Jahresdurchsatz des Betriebes?

Wieviel m<sup>2</sup> Film und/oder Papier werden pro Jahr verarbeitet?

- Weniger als 3.000 m<sup>2</sup>/a,
- zwischen 3.000 m<sup>2</sup>/a und 30.000 m<sup>2</sup>/a,
- mehr als 30.000 m<sup>2</sup>/a.

Wenn sich Abfallreduzierungsverfahren aus wirtschaftlicher und ökologischer Sicht für bestimmte Betriebsgrößen ausschließlich oder besonders eignen, werden diese Maßnahmen entsprechend gekennzeichnet. Nicht gekennzeichnete Verfahren eignen sich grundsätzlich für alle Betriebsgrößen.

### Welche Fotoprozesse werden eingesetzt?

Über das Spektrum der eingesetzten Prozesse bzw. Entwicklungsverfahrensschritte kann auf verfahrenstypische Abfallarten geschlossen werden. Sie sollten daher möglichst bereits im Vorfeld bekannt sein. Tabelle 2 zeigt die eingesetzten Entwicklungsverfahren und daraus resultierenden Abfallarten (vgl. BG\*, Kap. 4). Die Reihenfolge der aufgeführten Abfallarten entspricht dem filmentwicklungstechnischen Verfahrensablauf.

Pfeile ( ⇒ ) verweisen auf weiterführende Kapitel zur Prüfung und Empfehlung von Abfallreduzierungsmaßnahmen.

---

\* Branchengutachten im Rahmen des Beratungsprogramms zur Reststoff- bzw. Abfallvermeidung und -verwertung in Baden-Württemberg in Form der ABAG-Broschüre: Vermeidung von Abfällen durch abfallarme Produktionsverfahren - Fotolabore und Röntgenabteilungen, 1997

**Tabelle 2: Entwicklungsverfahren und daraus resultierende typische Abfallarten bzw. Wässerungsbäder**

Welche Entwicklungsverfahren werden eingesetzt?	Welche Abfallarten bzw. Wässerungsbäder fallen an?
<p><b>Schwarzweiß-Prozess:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. SW-Entwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.1</p> <p>verbr. Stoppbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.6</p> <p>Zwischenwässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p>
<p><b>Schwarzweiß-Umkehrprozess:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. SW-Erst- und Zweitentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.1</p> <p>verbr. Bleichbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.5</p> <p>verbr. Klärbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p>
<p><b>Color-Negativ-Prozess (C-41 / AP-70):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. Farbentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.2</p> <p>verbr. Bleichbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.5</p> <p>Zwischenwässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p>
<p><b>Color-Papier-Prozess (EP-2 / AP-92 oder RA-4 / AP-94):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. Farbentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.2</p> <p>verbr. Stoppbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.6</p> <p>Zwischenwässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p> <p>verbr. Bleichbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.5</p> <p>verbr. Bleichfixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.4</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p>

Welche Entwicklungsverfahren werden eingesetzt?	Welche Abfallarten bzw. Wässerungsbäder fallen an?
<p><b>Color-Umkehrfilmprozess (E-6):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. SW-Erstentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.1</p> <p>verbr. Umkehrbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p> <p>verbr. Farbentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.2</p> <p>verbr. Konditionierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p> <p>verbr. Bleichbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.5</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p> <p>verbr. Stabilisierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p>
<p><b>Color-Umkehrpapierprozess (R-3):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. SW-Erstentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.1</p> <p>Zwischenwässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p> <p>verbr. Farbentwicklerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.2</p> <p>verbr. Bleichbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.5</p> <p>verbr. Fixierbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.3</p> <p>Schlusswässerungsbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.8</p>
<p><b>Nachbehandlungen (Verstärken, Abschwächen, Tönen):</b></p> <p><input type="checkbox"/> Ja ⇒ nebenstehende Abfallarten prüfen</p> <p><input type="checkbox"/> Nein</p>	<p>verbr. Abschwächerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p> <p>verbr. Verstärkerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p> <p>verbr. Tonerbäder  <input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja ⇒Kap. 3.7</p>

### 3      **Beratungs-Leitfaden**

Bei der fotografischen Verarbeitung fallen vorwiegend Rückstände der fotochemischen Prozessbäder und Wässerungsbäder an. Dabei ist zu berücksichtigen, dass grundsätzliche Maßnahmen wie die Einhaltung vorgegebener Prozessparameter, die Minimierung von Badverschleppungen etc. nicht nur als einfache Möglichkeiten zur Abfallreduzierung zu betrachten sind, sondern im Rahmen der Prozess- und Qualitätssicherung wichtige Voraussetzungen für störungsfreie und stabile Fotoprozesse sind. In den meisten Fotolaboren und Röntgenabteilungen sind diese Maßnahmen bereits realisiert, da die geforderte Qualität des Produktes andernfalls kaum erreicht werden kann.

Die **Einhaltung der Prozessbadparameter** bezieht sich generell auf alle Prozessbäder. Spezielle Abfallreduzierungsmaßnahmen hierzu liegen nicht vor, da aus o.g. qualitativen Gründen die auf die Gesamtprozesse abgestimmten Vorgaben der Fotochemikalienhersteller einzuhalten sind. **Von der einseitigen Variation einzelner Prozessbadparameter ist dringend abzuraten** (vgl. BG, Kap. 5.1.1)!

Der Beratungs-Leitfaden untergliedert sich in die betrachteten Abfallarten und führt über verschiedene Ansatzpunkte in die betreffenden Unterkapitel. Es wird empfohlen, ausgehend von den eingesetzten Entwicklungsverfahren, jede anfallende Abfallart der Reihe nach zu betrachten, jeweils bis hin zur Abklärung von Vorschlägen zur Prüfung bzw. Umsetzung ökologisch und ökonomisch vorteilhaft erscheinender Abfallreduzierungsmaßnahmen.

Die zur Prüfung bzw. Umsetzung vorgeschlagenen Maßnahmen können in der Tabelle 4 "Ergebnisdokumentation der Beratung" summarisch eingetragen werden.

### 3.1 Schwarzweiß-Entwicklerbäder

Entwicklerbäder haben die primäre Aufgabe, diejenigen Silberhalogenide zu Silber zu reduzieren, die das während der Belichtung gebildete latente Bild enthalten. Wichtigste Bestandteile der SW-Entwicklerbäder sind daher Reduktionsmittel (z.B. Hydrochinon, Phenidon, Metol). Daneben sind dem Entwickler aber auch eine Reihe von Hilfsstoffen zugesetzt (Oxidationsschutzmittel, Komplexbildner, Antischleiermittel).

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	⇒ Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	Verzicht auf Prozessbäderwechsel im Rahmen von Wartungsarbeiten ( <b>nur Röntgenbereich</b> )	3.1.2
3	Einsatz von Low-Rate-Chemie ( <b>&gt; 3.000 m<sup>2</sup>/a</b> )	3.1.3
4	Einsatz von Trockenchemie	3.1.4

#### 3.1.1 Minimierung von Badverschleppungen

Die Standzeit der Prozessbäder ist von der Menge an Verunreinigungen durch Verschleppungen aus vorherigen Prozessstufen abhängig.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein Verschmutzungen in der Badumgebung, teilweise eingetrocknet (besonders an Transport- oder Abquetschrollen bzw. Abstreifern).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

##### Hauptursachen:

1. Nicht einwandfrei arbeitende/gewartete Transport- bzw. Abquetschrollen oder mechanische Abstreifer; Rollen mit Längskrümmungen (nur bei Rollentransportmaschinen mit einer Breite von >1m).
  - Ja    ⇒ Kapitel 3.1.1.1 (Maßnahmen prüfen) und danach ⇒ nachfolgender Unterpunkt 2.
  - Nein    ⇒ Nachfolgender Unterpunkt 2.
2. Spritzer aus benachbarten Bädern durch sich schnellbewegende Transportvorrichtungen oder durch ungeschickte Durchströmung der Bäder mit Inertgas (zur Homogenisierung der Bäder und als Oxidationsschutz).
  - Ja    ⇒ Kapitel 3.1.1.2 (Maßnahmen prüfen).
  - Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.1.1; ⇒ weiter mit nächster Priorität.



**3.1.1.1 Maßnahmen**

- Tägliche Reinigung der Transport- und Abquetschrollen und mechanischen Abstreifer. Investition: Keine (vgl. BG, Kap. 5.1.3).
- Regelmäßige Überprüfung des allgemeinen Zustandes und ggf. Instandsetzung der Transport- bzw. Abquetschrollen oder mechanischen Abstreifer. Investition: Keine (vgl. BG, Kap. 5.1.3).
- Einsatz zusätzlicher pneumatischer Abstreifer. Investition: Gering (vgl. BG, Kap. 5.1.3).
- Einbau zusätzlicher Bäder (Kaskade), wo dies technisch möglich ist. Investition: Mittel, evtl. unrentabel (vgl. BG, Kap. 5.1.3).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.1.1.2 Maßnahmen**

- Feinverteiltes Durchströmen der Inertgase. Investition: Gering (vgl. BG, Kap. 5.1.3).
- Abdeckungen. Investition: Gering (vgl. BG, Kap. 5.1.3).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.1.2 Verzicht auf Prozessbäderwechsel im Rahmen von Wartungen (nur Röntgenbereich)**

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Um ein Höchstmaß an Sicherheit gewährleisten zu können, wird das Prozessbad im Rahmen von Wartungsarbeiten (meist externe Wartungsfirma) unabhängig von seiner Beschaffenheit und somit meist vorzeitig entsorgt.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

Keine Berücksichtigung von Abfallreduzierungsmöglichkeiten im Rahmen von Wartungsarbeiten.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.1.2; ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Sicherheitsüberlegungen und Abfallvermeidungspotential sind sorgfältig gegeneinander abzuwägen: Es ist mit einer Abfallverminderung von 10 bis 20 % zu rechnen, wenn ein Badwechsel von vorgegebenen Prozessspezifikationen abhängig gemacht wird. Investition: Keine (vgl. BG, Kap. 5.1.2).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.1.3 Einsatz von Low-Rate-Chemie (> 3.000 m<sup>2</sup>/a)**

Regenerate sind Lösungen, mit denen den Fotobädern als Ersatz für die verbrauchten neue Einsatzstoffe zugeführt werden. Dabei muss das Verhältnis von Regeneratzulauf zu Badvolumen ausreichend groß sein, um die Verweilzeit der fotochemischen Lösung klein zu halten und deren qualitative Wirksamkeit zu sichern. Gleichzeitig entspricht die anfallende Menge an zu entsorgenden Badüberläufen zwangsläufig der Regeneratzulaufmenge. Zu geringe Regeneratzulaufmengen führen bei herkömmlichen Regeneraten zur Zersetzung der Einsatzstoffe bzw. zu Reaktionen mit Folge- und Zwischenprodukten der übrigen Bestandteile.

Hauptbestandteil der Regenerate ist Wasser. In Low-Rate-Regeneraten ist der Wasseranteil niedriger und sie sind chemisch stabiler als die herkömmlichen Regenerate.

*Beträgt die Regeneratzulaufmenge pro Woche mehr als die 0,5-fache Menge des Tankvolumens?*

- Ja ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.1.3; ⇒ ggf. weiter mit nächster Priorität, andernfalls weiter mit nächster Abfallart.

**Maßnahmen**

- Soll die Regeneratzufuhr und das Volumen des zu entsorgenden Badüberlaufs vermindert werden, ist der Einsatz von Low-Rate-Regeneraten zu empfehlen. Low-Rate-Regenerate gibt es für Entwickler, Fixierer, Bleichfixierbäder und Bleichbäder für alle gängigen Prozesse (Schwarzweiß, C-41, RA-4, E-6). Jedoch müssen Low-Rate-Regenerate präziser dosiert werden. Durch die geringere Zulaufmenge des Low-Rate-Regenerats ist eine Volumenreduzierung des zu entsorgenden Badüberlaufs um bis zu 50 % möglich. Da die Low-Rate-Chemie jedoch für die Bedingungen bei mittleren bis höheren Durchsätzen von Filmmaterial konzipiert ist, ist die Maßnahme nur für Betriebe mit mittleren bis hohen Jahresdurchsätzen zu empfehlen (vgl. BG, Kap. 5.5).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.1.4 Einsatz von Trockenchemie

Chemikalien für den Neuansatz von Prozessbädern und Regeneraten liegen i.d.R. als konzentrierte Flüssigkeiten vor, die in 1l- bis 5l-Kunststoffbehältnissen angeliefert werden. Regenerat- oder Prozessbadflüssigkeiten in Kunststoffgebinden sind i.d.R. nur für einen Ansatz dimensioniert bzw. nach Anbruch nur noch begrenzt haltbar. Als Ersatz bietet sich die Pulver- oder Trockenchemie an.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Erheblicher Anfall von Kunststoffbehältnissen und/oder Verfall von Prozesschemie wegen zu geringer Haltbarkeit.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Prozesschemie wird in erheblichen Mengen in flüssiger Form bezogen oder Flüssigchemie wird teilweise unbrauchbar, weil sie nicht rechtzeitig aufgebraucht wird.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential, ⇒ weiter mit nächster Abfallart.

#### Maßnahmen

- Pulver oder Granulate werden in gebrauchsfertigen Gebinden angeboten. Sie sind bei sachgerechter Lagerung lange haltbar und bieten bezüglich Gewicht, Volumen und Abfallbeseitigung der Behältnisse erhebliche Vorteile. Außerdem sind bei der Lagerung von Trockenchemie nicht so strenge Sicherheitsvorkehrungen zu treffen wie bei der Lagerung von Flüssigchemie. Der ökologische Nutzen ist zweifelhaft: Die durch den geringeren Transportaufwand gewonnene Energie steht der notwendigen Eindampfenergie gegenüber. Auf eine sichere Verarbeitung beim Anmischen ist wegen evtl. gesundheitgefährdender Inhaltstoffe zu achten. Investition: Gering; bei Kauf einer Anmischapparatur: Ca. 2.000 DM (vgl. BG, Kap. 5.6).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

## 3.2 Farbentwicklerbäder

Entwicklerbäder haben die primäre Aufgabe, diejenigen Silberhalogenide zu Silber zu reduzieren, die das während der Belichtung gebildete latente Bild enthalten. Wichtigste Bestandteile der Farbentwicklerbäder sind daher Reduktionsmittel (z.B. Phenylendiamin-Derivate). An die Reaktion des Entwicklers mit dem belichteten Silberhalogenid wird eine farbstoff erzeugende Reaktion angeschlossen: Der oxidierte Entwickler reagiert mit im Filmmaterial eingelagerten Verbindungen, sog. Kupplern, zum Farbstoff. Daneben sind dem Entwickler aber auch eine Reihe von Hilfsstoffen zugesetzt (Oxidationsschutzmittel, Komplexbildner, Antischleiermittel).

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	⇒ Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	Zugabe von Oxidationsschutzmitteln	3.2.1
3	betriebsinterne Badaufbereitung (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	3.2.2
4	betriebsexterne Badaufbereitung	3.2.3
5	Einsatz von Low-Rate-Chemie (>3.000 m <sup>2</sup> /a)	3.1.3
6	Einsatz von Trockenchemie	3.1.4

### 3.2.1 Zugabe von Oxidationsschutzmitteln

Chemische Oxidationsschutzmittel sind Bestandteil vieler Fotobadmixturen, im wesentlichen für Entwickler.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Standzeit des fotochemischen Bades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Durch Maßnahmen mit erhöhtem Betriebsaufwand, z.B. bei internem Recycling, sind die Chemikalien zusätzlichen Oxidationsgefahren ausgesetzt.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.2.1, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Einblasen von Stickstoff in die betroffenen Entwicklerbäder als Oxidationschutz (gleichzeitig Homogenisierung des Bades). Investition: Gering (vgl. BG, Kap. 5.1.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.2.2 Betriebsinterne Badaufbereitung (> 3.000 m<sup>2</sup>/a)**

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja       Nein      Standzeit des Farbentwicklerbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

1. Anreicherung der Entwicklerlösung mit Oxidations- und Spaltprodukten der Entwicklersubstanzen.
  - Ja      ⇒ Kapitel 3.2.2.1 (Maßnahmen prüfen) und danach ⇒ nachfolgender Unterpunkt 2.
  - Nein     ⇒ Nachfolgender Unterpunkt 2.
2. Anreicherung der Entwicklerlösung mit Bromid aus dem fotografischen Material (das i.d.R. Silberbromid als aktive Substanz enthält). Bromid wirkt mit zunehmender Konzentration entwicklungshemmend.
  - Ja      ⇒ Kapitel 3.2.2.2
  - Nein     Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter Kap. 3.2.2; ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**3.2.2.1 Maßnahmen**

- Interne Behandlung der verbrauchten Farbentwicklerlösung mit Adsorberharzen. Für die Analytik ist ein Spektralphotometer zur Bestimmung der Konzentration der Entwicklersubstanzen notwendig. Investition: 5.000 bis 10.000 DM (vgl. BG, Kap. 5.3.1).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.2.2.2 Maßnahmen**

- Entfernung des Bromids aus der Entwicklerflüssigkeit durch einen Anionenaustauscher. Um den Bromidgehalt konstant zu halten, wird evtl. nur ein Teilstrom der Entwicklerflüssigkeit behandelt. Investition: 25.000 bis 30.000 DM (vgl. BG, Kap. 5.3.1).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.2.3 Betriebsexterne Badaufbereitung

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Standzeit des Far Rentwicklerbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Anreicherung der Entwicklerlösung mit Oxidations- und Spaltprodukten der Entwicklersubstanzen sowie mit Bromid aus dem fotografischen Material (das i.d.R. Silberbromid als aktive Substanz enthält). Bromid wirkt mit zunehmender Konzentration entwicklungshemmend.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.2.3; ⇒ weiter mit nächster Priorität.

#### Maßnahmen

- Externe Behandlung der verbrauchten Far Rentwicklerlösung (wird derzeit nur für RA-4- und C-41-Far Rentwickler angeboten). Hierbei handelt es sich um ein Kreislaufsystem über einen externen Verwerter. Die verbrauchten Bäder werden vom Verwerter abgeholt und gleichzeitig frisch aufbereitete Recyclingchemie angeliefert. Kostenvorteil gegenüber Neuchemie und Entsorgung: Über 50% (vgl. BG, Kap. 5.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.3 Fixierbäder

In den Fixierbädern werden die unbelichteten und daher nicht entwickelten Silberhalogenide aus dem Filmmaterial entfernt. Fixiersubstanz ist Ammoniumthiosulfat oder Natriumthiosulfat. Gebrauchte Fixierbäder enthalten daher einen beträchtlichen Anteil an gelöstem Silber.

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	⇒ Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	Verzicht auf Prozessbäderwechsel im Rahmen von Wartungsarbeiten ( <b>nur Röntgenbereich</b> )	3.1.2
3	betriebsinterne Entsilberung	3.3.1
4	betriebsexterne Entsilberung	3.3.2
5	betriebsinterne und –externe Badaufbereitung	3.3.3
6	Einsatz von Low-Rate-Chemie (> <b>3.000 m<sup>2</sup>/a</b> )	3.1.3
7	Einsatz von Trockenchemie	3.1.4

#### 3.3.1 Betriebsinterne Entsilberung

Die Entfernung und Rückgewinnung des Silbers haben trotz des in der Vergangenheit relativ niedrigen Silberpreises große Bedeutung: Sie stellen die in der Silberhalogenidfotografie bedeutendste Verwertungsmaßnahme dar. So wird der fotochemische Betrieb schon aus wirtschaftlichem Interesse auf eine sorgfältige Entsilberung der Fixierbäder achten. Eine betriebsinterne Entsilberung bietet den Vorteil eines direkten Wiedereinsatzes des entsilberten Fixierbades und ist damit praktikabler und der externen Entsilberung vorzuziehen.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Höherer Silbergehalt in der Schlusswässerung (>0,5 g Ag/l) oder Grenzwertüberschreitung bei der Einleitung gemäß Anhang 53 der AbwasserVO.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Silber reichert sich als Thiosulfat-Komplex in hohen Konzentrationen (5 bis 15 g Ag/l) in Fixierbädern an, da das Silberhalogenid beim Fixieren der Filme und Fotopapiere in Lösung geht.

- Ja      ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein     Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.3.1; ⇒ weiter mit nächster Priorität.

### Maßnahmen

- Elektrolyse mit anschließender Auffrischung und Kreislaufführung (On-line-Entsilberung). Es wird i.d.R. ein Restsilbergehalt von 500 mg Ag/l erreicht. Niedrigere Restsilbergehalte können mit einer verbesserten Elektrodentechnik (Edelstahlelektroden), getrennten Elektrodenräumen sowie höheren Spannungen erzielt werden. Hohe Spannungen führen jedoch zur Zersetzung des Thiosulfates (Sulfidabscheidung an den Elektroden als Nebenreaktion), wobei das Fixierbad unbrauchbar wird. Investition: 8.000 bis 70.000 DM, je nach Betriebsgröße (vgl. BG, Kap. 5.2.1.1).
- Zementation: Silberabscheidung an Stahlwolle oder Eisenspänen. Da hierbei Eisen in Lösung geht, ist die Zementation besonders geeignet zur Entsilberung von Eisen-EDTA-haltigen Bleichfixierbädern (⇒ Kapitel 3.4, Bleichfixierbäder). Die Entsilberung von Fixierbädern durch Zementation wird nur bei kleineren Fixierbadmengen praktiziert.

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.3.2 Betriebsexterne Entsilberung

Die Entfernung und Rückgewinnung des Silbers haben trotz des in der Vergangenheit relativ niedrigen Silberpreises große Bedeutung: Sie stellen die in der Silberhalogenidfotografie bedeutendste Verwertungsmaßnahme dar. So wird der fotochemische Betrieb schon aus wirtschaftlichem Interesse auf eine sorgfältige Entsilberung der Fixierbäder achten.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Höherer Silbergehalt in der Schlusswässerung (>0,5 g Ag/l) oder Grenzwertüberschreitung bei der Einleitung gemäß Anhang 53 der AbwasserVO.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Silber reichert sich als Thiosulfat-Komplex in hohen Konzentrationen (5 bis 15 g Ag/l) in Fixierbädern an, da das Silberhalogenid beim Fixieren der Filme und Fotopapiere in Lösung geht.

- Ja      ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein     Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.3.2, ⇒ weiter mit nächster Priorität.



### Maßnahmen

- Externe Entsilberung und Behandlung der verbrauchten Fixierlösung (wird derzeit nur für Schwarzweiß- und C-41-Fixierer angeboten). Hierbei handelt es sich um ein Kreislaufsystem über einen externen Verwerter. Die verbrauchten Bäder werden vom Verwerter abgeholt und gleichzeitig frisch aufbereitete Recyclingchemie angeliefert. Das zurückgewonnene Silber wird vergütet. Kostenvorteil gegenüber Neuchemie und Entsorgung: Über 50% (vgl. BG, Kap. 5.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.3.3 Betriebsinterne und -externe Badaufbereitung

Mit der Abscheidung elementaren Silbers (⇒ Kapitel 3.3.1) aus dem Silberthiosulfatkomplex wird das Thiosulfation wieder für eine neue Bindung eines Silberions aktiviert. Auf diese Weise kann die wichtigste Wirksubstanz des Fixierbades immer wieder neu dem Prozess zugeführt werden. Wird das Fixierbad unter einen Restsilbergehalt von 500 mg Ag/l weiter elektrolytisch entsilbert, finden an der Elektrode Nebenreaktionen statt: Das Thiosulfat wird zersetzt und scheidet sich als schwarzes Silbersulfid an der Elektrode ab. Das Fixierbad wird unbrauchbar.

Folgende Beobachtungen geben Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Abgeschiedenes Silber an der Elektrode der internen Elektrolyseanlage ist nicht weiß, sondern grau bis schwarz.
- Ja     Nein    Standzeit des entsilberten und wiedereingesetzten Fixierbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft eine der o.g. Beobachtungen zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Keine optimalen Elektrolysebedingungen zur Silberabscheidung.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.3.3, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

### Maßnahmen

- Legt der Betrieb Wert auf einen besonders niedrigen Restsilbergehalt des Fixierbades (< 500 mg Ag/l), so ist die Entsilberung zweistufig durchzuführen. Das entsilberte Fixierbad wird mittels Zementation (⇒ Kapitel 3.3.1) weiter entsilbert. Investition: Ca. 10.000 DM (vgl. BG, Kap. 5.2.1.3).
- On-line-Fixierbadrecyclinganlage: Der Silbergehalt im Fixierbad wird kontinuierlich auf niedrigem Niveau gehalten. Nach der Entsilberung erfolgt eine automatische Zudosierung der Auffrischlösung. Eine Reduzierung des Fixierbadabfalls um 70% ist möglich. Als Kompaktanlagen sind die Geräte sehr

klein (H/B/T: 0,4 m x 0,75 m x 0,65 m). Investition: 10.000 DM, incl. Elektrolyse (vgl. BG, Kap. 5.3.3).

- Externe Entsilberung und Aufbereitung der verbrauchten Fixierlösung oder nur Aufbereitung der entsilberten Fixierlösung (wird derzeit nur für Schwarzweiß- und C-41-Fixierer angeboten). Hierbei handelt es sich um ein Kreislaufsystem über einen externen Verwerter. Zurückgewonnenes Silber wird vergütet. Die verbrauchten Bäder werden vom Verwerter abgeholt und gleichzeitig frisch aufbereitete Recyclingchemie angeliefert. Kostenvorteil gegenüber Neuchemie und Entsorgung: Über 50% (vgl. BG, Kap. 5.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.4 Bleichfixierbäder

Bleichfixierbäder verbinden die Eigenschaften von Bleichbädern und Fixierbädern in einem Bearbeitungsschritt, d.h. das Silber wird zum Silberion oxidiert und anschließend durch Bildung eines Silberthiosulfatkomplexes aus dem Filmmaterial entfernt. Vorteilhaft ist die kürzere Verarbeitungszeit. Hauptkomponenten in Bleichfixierbädern sind Ammonium-Eisen-EDTA (Bleichsubstanz) und Ammoniumthiosulfat (Fixiersubstanz).

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	⇒ Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	betriebsinterne Entsilberung (>3.000 m <sup>2</sup> /a)	3.4.1
3	betriebsexterne Entsilberung	3.4.2
4	betriebsinterne und –externe Badaufbereitung	3.4.3
5	Einsatz von Low-Rate-Chemie (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	3.1.3

#### 3.4.1 Betriebsinterne Entsilberung (> 3.000 m<sup>2</sup>/a)

Die Entfernung und Rückgewinnung des Silbers haben trotz des in der Vergangenheit relativ niedrigen Silberpreises große Bedeutung: Sie stellen die in der Silberhalogenidfotografie bedeutendste Verwertungsmaßnahme dar. So wird der fotochemische Betrieb schon aus wirtschaftlichem Interesse auf eine sorgfältige Entsilberung der Bleichfixierbäder achten.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Höherer Silbergehalt in der Schlusswässerung (>0,5 g Ag/l) oder Grenzwertüberschreitung bei der Einleitung gemäß Anhang 53 der AbwasserVO.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

##### Hauptursachen:

Silber reichert sich als Thiosulfat-Komplex in hohen Konzentrationen (5 bis 8 g Ag/l) in Bleichfixierbädern an, da das Silberhalogenid beim Fixieren der Filme und Fotopapiere in Lösung geht.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.4.1, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

##### Maßnahmen

- Zementation: Silberabscheidung an Stahlwolle oder Eisenspänen. Da hierbei Eisen in Lösung geht, ist die Zementation besonders geeignet zur Entsilberung.

rung von Eisen-EDTA-haltigen Bleichfixierbädern. Investition: Sehr einfache und kostengünstige Technik (vgl. BG, Kap. 5.2.1.3).

- Elektrolyse: Bleichfixierbäder können elektrolytisch entsilbert werden, jedoch nur bei höheren Stromstärken. Dabei zersetzt sich an der Elektrode das Thio-sulfat und scheidet sich als schwarzes Silbersulfid ab und zwar in einem ungleich höheren Grad als bei Fixierbädern. Dies hat jedoch auf den Silbererlös bei den Verwertern oder Scheideanstalten keinen Einfluss.

Abgeschiedenes Silber wird teilweise von der Eisen-EDTA-Verbindung komplex gebunden und wieder in Lösung gebracht. Daher ist eine On-line-Entsilberung (⇒ Kapitel 3.3.3) von Bleichfixierbädern nicht möglich. Investition: 8.000 bis 70.000 DM, je nach Betriebsgröße (vgl. BG, Kap. 5.2.1.1).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.4.2 Betriebsexterne Entsilberung

Die Entfernung und Rückgewinnung des Silbers haben trotz des in der Vergangenheit relativ niedrigen Silberpreises große Bedeutung: Sie stellen die in der Silberhalogenidfotografie bedeutendste Verwertungsmaßnahme dar. So wird der fotochemische Betrieb schon aus wirtschaftlichem Interesse auf eine sorgfältige Entsilberung der Bleichfixierbäder achten.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Höherer Silbergehalt in der Schlusswässerung (>0,5 g Ag/l) oder Grenzwertüberschreitung bei der Einleitung gemäß Anhang 53 der AbwasserVO.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Silber reichert sich als Thiosulfat-Komplex in hohen Konzentrationen (5 bis 8 g Ag/l) in Bleichfixierbädern an, da das Silberhalogenid beim Fixieren der Filme und Fotopapiere in Lösung geht.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.4.2, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

#### Maßnahmen

- Externe Entsilberung und Behandlung der verbrauchten Bleichfixierlösung (wird derzeit nur für RA-4-Bleichfixierer angeboten). Hierbei handelt es sich um ein Kreislaufsystem über einen externen Verwerter. Die verbrauchten Bäder werden vom Verwerter abgeholt und gleichzeitig frisch aufbereitete Recyclingchemie angeliefert. Das zurückgewonnene Silber wird vergütet. Kostenvorteil gegenüber Neuchemie und Entsorgung: Über 50% (vgl. BG, Kap. 5.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.4.3 Betriebsinterne und -externe Badaufbereitung

Bleichfixierbäder fassen die Funktion von Bleichbad und Fixierbad in einem Schritt zusammen. Im Bleichschritt wird entwickeltes Silber mittels Eisen-III-EDTA zu Silberhalogenid oxidiert und im Folgeschritt durch das Fixiermittel entfernt.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Standzeit des entsilberten und wiedereingesetzten Bleichfixierbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Keine optimale Regeneration der reduzierten Bleichsubstanz bzw. Mängel bei der Belüftung sowie bei der Nachschärfung mit Auffrischlösung.

- Ja        ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein      Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.4.3, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

#### Maßnahmen

- Verbrauchte Oxidationsmittel in den Bleichfixierbädern lassen sich durch ausreichende Belüftung reoxidieren und durch Zugabe von Auffrischlösung regenerieren. Investition: Gering (vgl. BG, Kap. 5.3.4).
- Externe Entsilberung und Aufbereitung der verbrauchten Bleichfixierlösung oder nur Aufbereitung der entsilberten Bleichfixierlösung (wird derzeit nur für RA-4-Bleichfixierer angeboten). Hierbei handelt es sich um ein Kreislaufsystem über einen externen Verwerter. Zurückgewonnenes Silber wird vergütet. Die verbrauchten Bäder werden vom Verwerter abgeholt und gleichzeitig frisch aufbereitete Recyclingchemie angeliefert. Kostenvorteil gegenüber Neuchemie und Entsorgung: Über 50% (vgl. BG, Kap. 5.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.5 Bleichbäder

In der Farbfotografie entsteht neben dem Farbbild ein Silberbild, das entfernt werden muss. Dazu werden Bleichsubstanzen verwendet, die das metallische Silber wieder zum Silberion oxidieren. Dieses wird anschließend im Fixierbad aus dem Filmmaterial entfernt. Die gebräuchlichsten Bleichsubstanzen sind dreiwertige Eisenverbindungen (Ammonium-Eisen-EDTA, Kaliumhexacyanoferrat). In den Bleichbädern des Schwarzweiß-Umkehrprozesses werden als Oxidationsmittel Dichromat oder Permanganat eingesetzt.

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	betriebsinterne Badaufbereitung	3.5.1
3	Einsatz von Low-Rate-Chemie (> 3.000 m <sup>2</sup> /a)	3.1.3

#### 3.5.1 Betriebsinterne Badaufbereitung

Im Bleichbad wird entwickeltes Silber mittels Eisen-III-EDTA zu Silberhalogenid oxidiert, das im folgenden Fixierbad komplex an das Thiosulfat gebunden und aus dem Fotomaterial entfernt wird.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

Ja     Nein    Standzeit des Bleichbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

Keine optimale Regeneration der reduzierten Bleichsubstanz bzw. Mängel bei der Belüftung sowie bei der Nachschärfung mit Auffrischlösung.

Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.

Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.5.1, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

<b>Maßnahmen</b>
------------------

- Verbrauchte Oxidationsmittel in den Bleichbädern lassen sich durch ausreichende Belüftung reoxidieren und Zugabe von Auffrischlösung regenerieren. Investition: Aufgrund der hohen Kosten von Bleichbädern (5 DM/l) und den relativ geringen Anlagekosten für eine Oxidationsbelüftung ist diese Maßnahme in jedem Fall rentabel (vgl. BG, Kap. 5.3.2).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.6 Stoppbäder

Wenn das Filmmaterial das Entwicklerbad verlassen hat, kann die Entwicklung auf Grund anhaftender Entwickersubstanzen noch einige Zeit weitergehen. Stoppbäder sollen diese Nachentwicklung verhindern und sind daher den Entwicklerbädern nachgeschaltet. Stoppbäder bestehen im allgemeinen aus verdünnter Essigsäure. Durch die pH-Wert-Absenkung wird der Entwicklungsprozess im Filmmaterial gestoppt.

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	betriebsinterne Badaufbereitung (> 30.000 m <sup>2</sup> /a)	3.6.1

#### 3.6.1 Betriebsinterne Badaufbereitung (> 30.000 m<sup>2</sup>/a)

Hauptbestandteil von Stoppbädern ist im wesentlichen Essigsäure. Die Verunreinigungen durch Entwicklersubstanzen sind minimiert, wenn dem Stoppbad ein Wässerungsbad vorgeschaltet ist. (Auf Grund des geringen Preises des Stoppbades macht das jedoch nur Sinn, wenn seitens der Behörden verschärfte Anforderungen an die Abwasserqualität gestellt werden.)

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Standzeit des Stoppbades von lediglich wenigen Tagen.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

##### Hauptursachen:

Eingeschleppte Entwicklersubstanzen.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Abfallreduzierungspotential unter 3.6.1, ⇒ weiter mit nächster Abfallart.

##### Maßnahmen

- Im Stoppbad lassen sich die Verunreinigungen durch die Entwicklersubstanzen durch einen Ionenaustauscher entfernen. Dies ist nur wirtschaftlich sinnvoll, wenn ein Anionenaustauscher zur Regeneration der Farbentwicklerflüssigkeiten (⇒ Kapitel 3.2.2.2) vorhanden ist (vgl. BG, Kap. 5.3.5).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.7 Klärbäder, Umkehrbäder, Konditionierbäder, Stabilisierbäder, Abschwächerbäder, Verstärkerbäder, Tonerbäder

**Klärbäder** dienen zur Entfernung von Bleichsubstanzen aus der Emulsionsschicht. Sie enthalten hauptsächlich Natriumsulfit.

**Umkehrbäder** sind bei der Umkehrfilmentwicklung notwendig und werden statt einer Zweitbelichtung eingesetzt. In den Umkehrbädern soll das nicht entwickelte Silberhalogenid, aus dem das Positivbild entsteht, entwickelbar gemacht werden. Sie enthalten Propionsäure und deren Natriumsalze, Zinnchlorid und Natriumphosphonat.

**Konditionierbäder** werden bei der Verarbeitung von Umkehrfilmen eingesetzt. Sie haben die Aufgabe den Bleichprozess zu beschleunigen. Sie enthalten hauptsächlich EDTA, Kaliumsulfid und Thioglycerin.

**Stabilisierbäder** lassen das Filmmaterial schneller und gleichmäßiger trocknen, härten die Emulsionsschicht und neutralisieren verbleibende chemische Substanzen. Sie enthalten meist Formaldehyd und Netzmittel.

**Abschwächerbäder** vermindern die optische Dichte bei Negativen, die zu lange entwickelt worden sind. Dabei wird ein Teil des Bildsilbers herausgelöst. Sie enthalten Kaliumhexacyanoferrat oder Natriumthiosulfat.

**Verstärkerbäder** verbessern Negative, die nicht ausreichend lang entwickelt worden sind, d.h. wenn die Schwärzung nicht ausreichend ist. Sie enthalten Quecksilberchlorid, Chrom und Kupfer.

**Tonerbäder** versehen Positive mit einer bestimmten Farbtönung (z.B. braun). Verwendet werden je nach Farbrichtung Eisen-, Kupfer-, Blei-, Selen- oder Antimonosalze.

Priorität	Ansatzpunkt zur Abfallreduzierung	Kapitel
1	Minimierung von Badverschleppungen	3.1.1
2	Vermeidung von Abschwächer- und Verstärkerbädern	3.7.1

#### 3.7.1 Vermeidung von Abschwächer- und Verstärkerbädern

Hauptbestandteile von Abschwächerbädern sind Kaliumhexacyanoferrat oder Natriumthiosulfat. Hauptbestandteile von Verstärkerbädern sind Quecksilberchlorid, Chrom und Kupfer.

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Regelmäßiger Einsatz von Abschwächer- oder Verstärkerbädern.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:



**Hauptursachen:**

Korrekturen des entwickelten Filmmaterials durch Verwendung von Abschwächer- bzw. Verstärkerchemikalien (wird nur noch von kleineren Fachlaboren vereinzelt durchgeführt).

- Ja      ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein     Kein weiteres Abfallreduzierungspotential.

**Maßnahmen**

- Der Einsatz von Abschwächer- bzw. Verstärkerbädern kann durch Herstellung eines neuen Films mit veränderten Belichtungszeiten auf einfachem Wege ganz vermieden werden. Investition: gering.

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.8 Wässerungsbäder (>3.000 m<sup>2</sup>/a)

Das folgende Kapitel hat für Betriebe mit einem Jahresdurchsatz unter 3.000 m<sup>2</sup> keine rechtliche Relevanz (gem. Anhang 53, AbwasserVO).

Bei der Wässerung werden Chemikalienreste aus dem Filmmaterial mit Wasser herausgelöst.

Priorität	Ansatzpunkt zur Reduzierung der Abwasserbelastung	Kapitel
1	On-line-Entsilberung der Fixier- und Bleichfixierbäder	3.8.1
2	Fixier- und Bleichfixierbadkaskaden	3.8.2
3	Waschwasserentsilberung	3.8.3
4	Wassersparschaltung	3.8.4
5	Kaskadenwässerung	3.8.5
6	Ultrafiltration / Umkehrosmose (nur bei Großfinishern: > 30.000 m <sup>2</sup> /a)	3.8.6

Die wichtigsten Abwasserquellen in Fotolaboren und Röntgenabteilungen sind die Schlusswässerungen. 10 bis 100 l Frischwasser werden pro m<sup>2</sup> Fotomaterial für diesen Arbeitsschritt benötigt. Der Frischwasserbedarf für Zwischenwässerungen ist bedeutend geringer. Zudem enthalten Zwischenwässerungen kein Silber als Schadstoff, jedoch hinter Bleichbädern EDTA.

#### 3.8.1 On-line-Entsilberung der Fixier- und Bleichfixierbäder

Folgende Beobachtung gibt Hinweis auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Überschreitung der Einleitgrenzwerte für Silber gemäß Anhang 53 der AbwasserVO.

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

##### Hauptursachen:

Hoher Silbergehalt in Fixier- bzw. Bleichfixierbädern bzw. keine oder unzureichende Entsilberung des vorgeschalteten Fixier- bzw. Bleichfixierbades.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.  
 Nein    Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwasserbelastung unter 3.8.1, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Eine Reduzierung des Silbergehaltes im Fixier- bzw. Bleichfixierbad durch eine On-line-Entsilberung (⇒ Kapitel 3.3.1 bzw. 3.4.1) führt zu einer unmittelbaren Reduzierung der Silberverschleppung ins Spülwasser (vgl. BG, Kap. 5.8.2).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.8.2 Fixier- und Bleichfixierbadkaskaden**

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Überschreitung der Einleitgrenzwerte für Silber gemäß Anhang 53 der AbwasserVO trotz Ausschöpfung möglicher Entsilberungsmaßnahmen (⇒ Kap. 3.8.1).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

Hohe Silberausschleppung aus Fixier- bzw. Bleichfixierbädern.

- Ja        ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein      Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwasserbelastung unter 3.8.2, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Eine Reduzierung der Silbereinschleppung im Schlusswässerungsbad kann durch den Einbau von i.d.R. zwei- bis dreistufigen Kaskaden erheblich gesenkt werden. Die Investition ist abhängig von der bautechnischen Möglichkeit, zusätzliche Bäder zu installieren (vgl. BG, Kap. 5.8.3).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.8.3 Waschwasserentsilberung**

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Überschreitung der Einleitgrenzwerte für Silber gemäß Anhang 53 der AbwasserVO trotz Ausschöpfung möglicher Maßnahmen zur Reduzierung der Silbereinschleppung (⇒ Kap. 3.8.1 und 3.8.2).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

Die Silberanreicherung im Schlusswässerungsbad kann allein durch Minderung der Einschleppung nicht weiter vermieden werden.

- Ja      ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein      Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwasserbelastung, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Zur Reduzierung des Silbergehaltes im Schlusswässerungsbad eignen sich besonders stark basische Anionenaustauscher. Nach dem Ionenaustauscher wird das entsilberte Waschwasser mit Frischwasser versetzt, womit eine einwandfreie Wässerung wieder gewährleistet ist (vgl. BG, Kap. 5.2.1.2).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

**3.8.4 Wassersparschaltung**

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja       Nein      Hoher Wasserverbrauch bzw. Frischwasserzulauf  
(> 100 l/m<sup>2</sup> Filmmaterial).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

**Hauptursachen:**

Unkontrollierter und/oder schlecht gesteuerter Frischwasserzulauf.

- Ja      ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein      Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwassermenge unter 3.8.4, ⇒ weiter mit nächster Priorität.

**Maßnahmen**

- Steuerung der Wässerung über Kontaktschaltung. Hierbei setzt die Wässerung erst ein, wenn sich Filmmaterial in der Entwicklungsmaschine befindet. Einfache Nachrüstung. Investition: Ca. 500 DM (vgl. BG, Kap. 5.8.5).
- Steuerung der Wässerung über die Silberkonzentration mittels einer silbersensitiven Elektrode. Der Frischwasserbedarf wird direkt über die Silberkonzentration ermittelt. Einfache Nachrüstung. Investition: 500 bis 700 DM (vgl. BG, Kap. 5.8.5).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.8.5 Kaskadenwässerung

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Hoher Wasserverbrauch bzw. Frischwasserzulauf trotz Ausschöpfung von Wassersparshaltungsmöglichkeiten (⇒ Kap. 3.8.4).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Schlechte Ausnutzung des Spülwassers aufgrund von jeweils nur einem Wässerungsbad für Zwischen- und Schlusswässerung.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein    Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwassermenge unter 3.8.5, ⇒ evtl. weiter mit nächster Priorität (nur Großfinisher mit > 30.000 m<sup>2</sup>/a Durchsatz).

#### Maßnahmen

- Hintereinanderschaltung von mehreren Wässerungsbädern. Frischwasser und Filmmaterial werden dabei im Gegenstrom geführt. Mit jedem zusätzlichen Wässerungsbad reduziert sich der Frischwasserbedarf um 40%. Investition: Grundsätzlich günstig. Bei nachträglichem Einbau der zusätzlichen Bäder oft schwierig durchzuführen und daher teurer (vgl. BG, Kap. 5.8.6).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

### 3.8.6 Ultrafiltration und Umkehrosmose (> 30.000 m<sup>2</sup>/a)

Folgende Beobachtung gibt Hinweise auf Verbesserungspotentiale:

- Ja     Nein    Hoher Wasserverbrauch bzw. Frischwasserzulauf trotz Ausschöpfung von Wassersparshaltungsmöglichkeiten (⇒ Kap. 3.8.4) und Kaskadenwässerung (⇒ Kap. 3.8.5).

Trifft die o.g. Beobachtung zu, sollten die Ursachen ermittelt werden:

#### Hauptursachen:

Auf Grund der Betriebsgröße absolut gesehen sehr hoher Wasserverbrauch.

- Ja    ⇒ Nachfolgende Maßnahmen prüfen.
- Nein    Kein weiteres Reduzierungspotential der Abwassermenge.

**Maßnahmen**

- Ultrafiltration und Umkehrosmose können zu einer Wassereinsparung von 60% führen. Höhere Werte werden wegen des hohen Salzgehaltes in der Praxis kaum erzielt. Das Verfahren kann angewandt werden, wenn die Einleitbedingungen die Einleitung des Konzentrats erlauben. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der erzielten Wassereinsparung. Investition: 100.000 bis 150.000 DM, pro Austauschmodul zusätzlich 2.000 DM (vgl. BG, Kap. 6.4).

Anmerkungen: .....

Dokumentation der Maßnahmen: ⇒ Tabelle 4

#### 4 Ergebnisdokumentation der Beratung (Tabelle 4)

Pos.	Betriebsbereich	mögliche Maßnahme	erwartetes Potential ( % ) <sup>1)</sup>		erwartete Amortisation (Jahre) <sup>2)</sup>	möglicher Umsetzungszeitraum
			Vermeidung <sup>2)</sup>	Verwertung <sup>2)</sup>		
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

1) Bezogen auf die insgesamt angefallene Menge bei Vermeidung bzw. auf die beseitigte Menge bei Verwertung, jeweils vor Durchführung der Maßnahme.

2) Sofern diese bereits überschlägig abgeschätzt werden können.

**5 Ergebnisdokumentation der betrieblichen Umsetzung (Tabelle 5)**

Pos.	Betriebsbereich	Art der Maßnahme	Stand der Maßnahmenumsetzung	erreichte Abfallvermeidung ( % ) <sup>1)</sup>	erreichte Afallverwertung (%) <sup>1)</sup>	Datum
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

1) Bezogen auf die insgesamt angefallene Menge bei Vermeidung bzw. auf die beseitigte Menge bei Verwertung, jeweils vor Durchführung der Maßnahme.



**Anhang: Übersicht über anfallende Abfallarten**

Erfassungszeitraum (z.B. Kalenderjahr): .....

Pos.	Betriebsbereich	Abfallart	EAK	Menge (t/a)	Entsorgungsweg	Entsorgungskosten (DM/a)	Bemerkungen
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							