



# **WEGLEITUNG**

**für die Abwasser-, Abfall- und Abluftentsorgung  
bei Lösungsmittel-Reinigungsanlagen für Textilien  
(Chemischreinigungsbetriebe)**

**Herausgeber**  
Bundesamt für Umweltschutz (BUS)

**Download PDF**  
[www.umwelt-schweiz.ch/publikationen](http://www.umwelt-schweiz.ch/publikationen)  
(eine gedruckte Fassung ist nicht erhältlich)  
Code: VU-2306-D

© BUS 1987

# I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

	<u>Seite</u>
I EINFÜHRUNG	1
II RECHTLICHE GRUNDLAGEN	3
III UMWELTBELASTUNG DURCH CHLORIERTE LÖSUNGSMITTEL	5
1 Allgemeines	5
2 Eigenschaften und Verhalten der Lösungsmittel in der Umwelt	6
3 Abwasser- und Gewässerbelastung	7
4 Luftbelastung	9
5 Abfallprobleme	10
IV BESCHREIBUNG DER CHEMISCHREINIGUNG	11
1 Allgemeines	11
2 Arbeitsvorgänge	12
3 Maschinen und Einrichtungen	13
4 Beschreibung der einzelnen Arbeitsprozesse	14
V ABWASSER-, ABFALL- UND ABLUFTENTSORGUNG	19
1 Abwasserentsorgung	19
2 Abfallentsorgung	25
3 Abluftentsorgung	26
4 Umgang mit chlorierten Lösungsmitteln	27
VI ZUSAMMENFASSUNG DER MASSNAHMEN	29



## I EINFÜHRUNG

Im Jahre 1979 veröffentlichte das Bundesamt für Umweltschutz (BUS) die Mitteilung Nr. 16 über Abwässer aus Lösungsmittel-Reinigungsanlagen für Textilien. Die damaligen Ausführungen umfassten lediglich die Probleme der Abwasserentsorgung.

In der Zwischenzeit konnten bedeutende Fortschritte bei der Entwicklung von Chemischreinigungsmaschinen, die zu einer Verringerung der Umweltbelastung mit Lösungsmitteln führen, gemacht und neue Erkenntnisse und Erfahrungen im Bereich der Abfall- und Abluftentsorgung gewonnen werden. Das BUS setzte deshalb zur Ueberarbeitung der Mitteilung Nr. 16 eine kleine Arbeitsgruppe ein.

Die vorliegende "Wegleitung für die Abwasser-, Abfall- und Abluftentsorgung bei Lösungsmittel-Reinigungsanlagen für Textilien", die im Einvernehmen mit den beiden Fachverbänden der Chemischreinigungsbranche ausgearbeitet wurde, ersetzt die Mitteilung Nr. 16 aus dem Jahre 1979.



## II RECHTLICHE GRUNDLAGEN

### Allgemeine Gewässerschutzverordnung

Artikel 20 der Allgemeinen Gewässerschutzverordnung vom 19. Juni 1972 verlangt, dass die Möglichkeiten der schädlosen Beseitigung von Abwasser auszuschöpfen und die verschiedenen Abwässer nötigenfalls getrennt zu erfassen sind.

### Verordnung über Abwassereinleitungen

Nach Ziffer 49 "Chlorierte Lösungsmittel" in Kolonne III des Anhanges der Verordnung vom 8. Dezember 1975 über Abwassereinleitungen gilt als Grenzwert für Einleitungen in eine öffentliche Kanalisation mit angeschlossener kommunaler Abwasserreinigungsanlage ein Grenzwert von 0,1 mg/l (gemessen als Cl).

### Luftreinhalteverordnung

Nach Anhang 2 Ziffer 85 der Luftreinhalteverordnung vom 16. Dezember 1985 ist die Maschinenabluft bei der Chemischen Kleiderreinigung mit einem Aktivkohlefilter oder mit gleichwertigen Massnahmen zu reinigen.

### Verordnung über den Verkehr mit Sonderabfällen

Nach den Bestimmungen der Verordnung vom 12. November 1986 über den Verkehr mit Sonderabfällen sind die bei der Chemischreinigung anfallenden lösungsmittelhaltigen Rückstände als Sonderabfall zu entsorgen.

### III UMWELTBELASTUNG DURCH CHLORIERTE LÖSUNGSMITTEL

---

#### 1 Allgemeines

Im Verlaufe der vergangenen Jahre hat die Verwendung von leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen als Lösungsmittel für die verschiedensten Zwecke im Gewerbe und in der Industrie ständig zugenommen. Wegen ihres ausgeprägten Lösevermögens für Fette und Öle werden diese, nachfolgend "chlorierte Lösungsmittel" genannten Stoffe in zahlreichen Branchen hauptsächlich für Reinigungszwecke und zur Entfettung eingesetzt. In vielen Bereichen haben die chlorierten Lösungsmittel die früher verwendeten Kohlenwasserstoffe (meistens Benzine), die wegen ihrer leichten Brennbarkeit und der grossen Explosionsgefahr gemieden werden, ersetzt.

Zu den verbreitetsten chlorierten Lösungsmitteln gehören Perchlorethylen, Trichlorethylen, 1.1.1-Trichlorethan und Methylenchlorid. Im Jahre 1985 wurden von diesen Stoffen insgesamt rund 25'000 Tonnen in die Schweiz importiert, wovon 4'200 Tonnen Trichlorethylen, 8'700 Tonnen Perchlorethylen, 5'600 Tonnen 1.1.1-Trichlorethan und 6'500 Tonnen Methylenchlorid. Der Verbrauch dieser Lösungsmittel ist praktisch gleichzusetzen mit dem jährlichen Verlust dieser Stoffe in die Umwelt. Die heutige Analytik erlaubt, selbst geringste Spuren dieser Stoffe in der Luft, im Wasser und im Boden nachzuweisen.

Im Interesse einer Verminderung der Umweltbelastung durch chlorierte Lösungsmittel ist konsequent anzustreben, die Verluste beim Umgang mit den heute verfügbaren technischen Einrichtungen soweit als möglich herabzusetzen. Da chlorierte Lösungsmittel unter den gegebenen Umweltbedingungen biologisch praktisch nicht abbaubar sind, gilt es im besonderen Masse zum Schutze des Grundwassers, das Versickern dieser Stoffe in den Untergrund mit allen Mitteln zu verhindern.



## 2 Eigenschaften und Verhalten der Lösungsmittel in der Umwelt

Chlorierte Lösungsmittel sind - entgegen der verbreiteten Meinung - recht gut wasserlöslich. Gelangen chlorierte Lösungsmittel mit Wasser in Kontakt, kann dieses bis zur Sättigungskonzentration verunreinigt werden.

Von den zahlreichen chlorierten Lösungsmitteln werden für die Chemischreinigung von Textilien hauptsächlich Perchlorethylen und 1.1.1-Trichlorethan verwendet. Der grösste Teil entfällt auf Perchlorethylen. Daneben gelangen auch noch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (F 11, F 113) zum Einsatz. Methylenchlorid und Trichlorethylen hingegen werden bei der Chemischreinigung nicht verwendet. Die wichtigsten Stoffdaten der Lösungsmittel finden sich in der nachstehenden Tabelle.

Bezeichnung	Perchlor- ethylen	1.1.1-Tri- chlorethan	F 11	F 113
Chemische Formel	$\text{CCl}_2=\text{CCl}_2$	$\text{CCl}_3-\text{CH}_3$	$\text{CCl}_3\text{F}$	$\text{Cl}_2\text{FC}-\text{CClF}_2$
Molekulargewicht	165,85	133,42	137,4	187,4
Spezifisches Gewicht (Dichte in $\text{g}/\text{cm}^3$ bei $20^\circ\text{C}$ )	1,62	1,32	1,48	1,56
Siedepunkt ( $^\circ\text{C}$ )	121	74	24	48
Löslichkeit in Wasser (mg/l)	150	1320	1100	170

Wie praktisch alle anderen chlorierten Lösungsmittel wird Perchlorethylen - auf welches sich die nachstehenden Ausführungen im speziellen beziehen - von Mikroorganismen kaum abgebaut. Chemische Umwandlungsprozesse von Perchlorethylen verlaufen im Wasser sehr langsam. Nach Literaturangaben beträgt die Halbwertszeit, d.h. die Zeit, innerhalb welcher eine bestimmte Konzentration auf die Hälfte absinkt, für Perchlorethylen im Wasser etwa sechs Jahre. In der Gasphase (Atmosphäre, Troposphäre) wird Perchlorethylen dagegen rasch, d.h. in wenigen Tagen bis

Wochen, fotochemisch oxidiert. Dabei entsteht letztlich Salzsäure, Wasser und Kohlendioxid.

### 3 Abwasser- und Gewässerbelastung

Untersuchungen in kommunalen Abwasserreinigungsanlagen (ARA) zeigten, dass das Rohabwasser chlorierte Lösungsmittel im Bereich von etwa 1-100 µg/l - mit Spitzenwerten bis zu einigen 100 µg/l - enthalten kann. Durch Ausblasen werden diese Stoffe in der ARA in erheblichem Masse eliminiert. Die gemessenen Abwasserbelastungen im Rohabwasser sind allerdings nicht nur auf Abwässer aus Chemischreinigungsbetrieben zurückzuführen, sondern umfassen die Gesamtbelastung im betreffenden ARA-Einzugsgebiet.

Die bisherigen Erfahrungen und Kenntnisse lassen den Schluss zu, dass Perchlorethylen in Konzentrationen bis zu etwa 100 µg/l den aeroben biologischen Abbau in Abwasserreinigungsanlagen nicht beeinträchtigen. Störungen des ARA-Betriebes treten jedoch bereits dann auf, wenn wenige Liter Perchlorethylen, z.B. durch Manipulationsfehler in einem Betrieb, in die Kanalisation und schliesslich in den Faulraum gelangen. Solche Mengen vermögen den biologischen Prozess im Faulraum empfindlich zu stören oder gänzlich zum Erliegen zu bringen. In diesen Fällen ist meist ein kostspieliges, vollständiges Ausräumen des Faulraumes und Vernichten des Klärschlammes unumgänglich. In Kanalisationen können chlorierte Lösungsmittel zur Gefahr für das Personal werden (in gasförmigem Zustand sind chlorierte Lösungsmittel schwerer als Luft und verdrängen den Sauerstoff, sie wirken narkotisierend).

Für die Belastung der Gewässer mit chlorierten Lösungsmitteln lassen sich im wesentlichen zwei Transportwege unterscheiden:

Ein Teil der Lösungsmittel gelangt direkt oder über die Abwasserreinigungsanlagen in die Gewässer. Die als Verluste in die Luft entweichenden chlorierten Lösungsmittel erreichen die Gewässer zum Teil mit den Niederschlägen. Die hier diskutierten

chlorierten Lösungsmittel, die mit dem Abwasser in Oberflächengewässer gelangen, entweichen zwar allmählich wieder in die Atmosphäre. Zum Schutze der Grundwasservorkommen ist jedoch auch anzustreben, dass Oberflächengewässer, die Grundwasservorkommen speisen, nicht mit chlorierten Lösungsmitteln belastet werden, denn im Gegensatz zu den Oberflächengewässern werden chlorierte Lösungsmittel aus dem Grundwasser nur durch Erneuerung der Wassermassen entfernt. Die Beeinträchtigung des Grundwassers durch chlorierte Lösungsmittel ist allerdings - wie viele Beispiele zeigen - in erster Linie auf unsorgfältigen Umgang, Leckagen, und Havarien sowie Sickerwässer aus Deponien zurückzuführen. Bereits geringe Lösungsmittelmengen, die in den Untergrund versickern, vermögen ein Grundwasservorkommen nachhaltig zu beeinträchtigen. Auch undichte Kanalisationen, in denen chlorierte Lösungsmittel abgeleitet werden, stellen eine Gefahr für das Grundwasser dar! Beim derzeit geltenden Toleranzwert von 25 µg/l Lösungsmittel im Trinkwasser könnte mit 1 kg Lösungsmittel eine Trinkwassermenge von 40'000 m<sup>3</sup> verunreinigt werden.

Das Bundesamt für Umweltschutz führte in den Jahren 1981-1983 Untersuchungen über das Vorkommen leichtflüchtiger chlorierter Kohlenwasserstoffe in Schweizer Gewässern durch. Die nachstehende Tabelle gibt eine Uebersicht über die Ergebnisse dieser Untersuchungen.

Lösungsmittel Milieu	Perchlor- ethylen	Trichlor- ethylen	1.1.1- Trichlor- ethan	Tetra- chlor- methan	Tri- chlor- methan	Di- chlor- methan
Atmosphäre (ppt)	20	30	120		500	30
Regen (µg/l)	<0.1 - 5	<0.1 - 1				
Seewasser (µg/l)	0.06	0.015	0.008	0.025	<0.01	
Fliessgewässer (µg/l) Mittelwerte 1982/83 155 Proben	0.274	0.058	0.063	0.019	0.062	
Grundwasser (µg/l) Mittel aus 92 Proben	0.8	0.92	0.27	0.008	0.021	
Abwasser roh (µg/l) gereinigt	15 1	5 0.35	0.4 0.025	0.15 0.03	0.7 0.9	2.5

Die verhältnismässig niedrigen Konzentrationen in Fliessgewässern dürfen nicht darüber hinwegtäuschen, dass bei kleineren Gewässern in dichtbesiedelten Einzugsgebieten durchaus höhere Werte vorkommen können.

Obwohl Perchlorethylen - wie eingangs erwähnt - eine recht hohe Wasserlöslichkeit aufweist, neigt es wegen seiner ausgeprägten Fettlöslichkeit zur Anreicherung in der Nahrungskette. Man spricht in diesem Fall von Bioakkumulation. Darunter versteht man die Zunahme der Konzentration eines Stoffes in oder auf einem Lebewesen (oder in einem bestimmten Gewebe desselben) im Verhältnis zur Konzentration dieses Stoffes im umgebenden Medium. Unter dem sog. Bioakkumulationsfaktor versteht man das Verhältnis zwischen den Konzentrationen eines Stoffes in einem Lebewesen (oder in einem bestimmten Gewebe desselben) zur Konzentration desselben Stoffes im umgebenden Medium im Zustand des Gleichgewichtes.

Für Perchlorethylen wurde z.B. im Fettgewebe von Forellen ein Bioakkumulationsfaktor von etwa 40 ermittelt. Der Bioakkumulationsfaktor von Hexachlorbenzol - einem bekannten, in der Schweiz heute allerdings nicht mehr verwendeten Pestizid - beträgt vergleichsweise 8'000. Multipliziert man nun die in den Gewässern tatsächlich vorhandenen Konzentrationen dieser beiden Stoffe mit ihren Bioakkumulationsfaktoren, so ergeben sich die Endkonzentrationen im Fettgewebe. Bei hohen Tri- und Perchlorethylenkonzentrationen in den Gewässern können für diese Stoffe Konzentrationen im Fettgewebe vorkommen, die unter Umständen ebensogross sein können, wie diejenigen des genannten Hexachlorbenzols.

#### 4 Luftbelastung

Von den in der Schweiz insgesamt rund 25'000 t pro Jahr meistverbrauchten leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen gelangt der grösste Teil schliesslich als Verlust in die Luft. Diese Stoffe bilden einen Teil der gesamten Luftverschmutzung,

die es zu verringern gilt. Die den Chemischreinigungsbetrieben heute zur Verfügung stehenden Verfahren zur Luftreinhaltung ermöglichen, die Verluste stark zu reduzieren.

## 5 Abfallprobleme

Durch die unsachgemäße Entsorgung von Abfällen, die leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe enthalten, können erhebliche Umweltbelastungen entstehen. Gelangen derartige Abfälle in Hauskehrichtdeponien, werden die Sickerwässer verunreinigt. Bei der Entsorgung der Abfälle in Kehrichtverbrennungsanlagen, die noch nicht mit einer Anlage zur weitergehenden Rauchgasreinigung ausgerüstet sind, entweichen die Verbrennungsrückstände, nämlich Salzsäure, in die Luft. Zur Vermeidung dieser Umweltbelastungen ist es erforderlich, die Abfälle aus der Chemischen Kleiderreinigung einer Entsorgung zuzuführen, die nach Möglichkeit auf eine weitgehende Rückgewinnung der chlorierten Lösungsmittel oder eine umweltkonforme Verbrennung ausgerichtet ist.

#### IV BESCHREIBUNG DER CHEMISCHREINIGUNG

##### 1 Allgemeines

Unter "Chemischreinigung" ist das Reinigen von Kleidern, Pelzen und Häuten, Heimtextilien, wie Vorhängen, Teppichen, Polsterüberzügen, Ueberkleidern sowie Lederbekleidung mit organischen Lösungsmitteln zu verstehen.

In der Schweiz wird heute in rund 650 Betrieben unterschiedlicher Grösse mit total etwa 800 Maschinen gearbeitet.

Der Gesamtverbrauch an chlorierten Lösungsmitteln für die Chemischreinigung beläuft sich pro Jahr auf etwa 3'000 bis 4'000 t. Neben Perchlorethylen wird auch 1.1.1-Trichlorethan verwendet. Dieses Lösungsmittel wird vor allem in den Maschinen der jüngsten Generation eingesetzt, bei denen keine Abluft und nur eine sehr geringe Abwassermenge anfällt. In diesen Maschinen, die als "geschlossene Systeme" arbeiten, können auch Fluorchlorkohlenwasserstoffe (F 11 und F 113) verwendet werden. In sehr seltenen Fällen gelangt noch "White spirit" (Gemisch von Benzin-kohlenwasserstoffen) zur Verwendung.

## 2 Arbeitsvorgänge

Bei der Chemischreinigung unterscheidet man die nachfolgenden wesentlichen Operationen:

### Reinigen

Reinigen der Textilien mit Lösungsmittel in der Reinigungstrommel.

### Schleudern

Abtrennen der Lösungsmittel nach dem Reinigen in der Reinigungstrommel durch Schleudern.

### Trocknen

Trocknung der lösungsmittelfeuchten Textilien nach dem Schleudern durch warme Luft.

### Lösungsmittelrückgewinnung

Filtration und Destillation des verunreinigten Lösungsmittels, Kondensation des Lösungsmittels aus der Trocknungsluft.

### Abluftreinigung

Entfernung des Lösungsmittels aus der Maschinenabluft durch Aktivkohle-Anlagen oder Tieftemperaturkondensation (Kühlaggregat).

### Regeneration der Aktivkohle

Rückgewinnung des Lösungsmittels aus der Aktivkohle, die zur Abluftreinigung eingesetzt wird, mittels Wasserdampf.

Je nach Art und Grösse eines Betriebes sowie Art der Maschinen erfolgen diese verschiedenen Arbeitsprozesse in einer einzigen Maschine oder getrennt in verschiedenen Maschinengruppen. Im Gegensatz zum konventionellen Waschen mit Wasser wird das Lösungsmittel bei der Chemischreinigung nach Gebrauch soweit als möglich zurückgewonnen!

### 3 Maschinen und Einrichtungen

In einem Chemischreinigungsbetrieb werden folgende Maschinen und Einrichtungen benötigt:

- Maschinen für die eigentliche Reinigung der Textilien und die Abtrennung des Lösungsmittels nach der Reinigung (Reinigungsmaschinen mit Reinigungstrommel) sowie Einrichtungen für das Trocknen der gereinigten Textilien (Lufterhitzer, Ventilator und Kühler), (Abb. 1);
- Apparate für die Rückgewinnung des eingesetzten Lösungsmittels (Kondensations- und Filtrationseinrichtung, Destillationsanlage), (Abb. 1+2);
- Apparate zur Rückgewinnung des Lösungsmittels aus der Abluft der Maschinen und der Arbeitsräume (Aktivkohle-Anlagen oder Kühlaggregat), (Abb. 3).

Die nachfolgende Tabelle gibt eine zusammenfassende Uebersicht über die in Chemischreinigungsbetrieben vorhandenen Einrichtungen bei "offenen" und "geschlossenen" Anlagen.



Maschinen und Einrichtungen	OFFENE ANLAGE	GESCHLOSSENE ANLAGE		
	mit Perchlorethylen/1.1.1-Trichlorethan	Perchlor-ethylen	mit 1.1.1-Tri-chlorethan	F 11 F 113
Trommel zum Reinigen und Schleudern	vorhanden	vorhanden	vorhanden	vorhanden
Lösungsmittel-rückgewinnung bei der Trocknung :				
- mit Kühlwasser	möglich	möglich	möglich	nicht möglich
- mit Kühlaggregat	möglich	möglich	möglich	möglich
Filter zur Lösungsmittel-filtration	in der Regel vorhanden	in der Regel vorhanden	in der Regel vorhanden	in der Regel vorhanden
Lösungsmittel-destillation				
- direkt mit Wasserdampf	möglich <sup>1)</sup>	möglich	nicht möglich	nicht möglich
- indirekt	möglich	möglich	möglich	möglich
Aktivkohleanlage zur Abluftreinigung oder Kühlaggregat	nötig <sup>1)2)</sup>	nicht nötig	nicht nötig	nicht nötig

1) bei 1.1.1-Trichlorethan nicht möglich

2) 1.1.1-Trichlorethan nur Kühlaggregat möglich

#### 4 Beschreibung der einzelnen Arbeitsprozesse

In der Reinigungstrommel wird die verschmutzte Ware mit Lösungsmittel gereinigt. Je nach Maschinentyp zirkuliert dabei das Lösungsmittel im Kreislauf über ein Filter. Bei neueren Maschinen wird die Ware in der Regel zweimal gereinigt, wobei für den zweiten Reinigungsgang frisch destilliertes Lösungsmittel verwendet wird.

Nach dem Reinigungsprozess wird das Lösungsmittel aus der Reinigungstrommel abgelassen und die noch lösungsmittelhaltige Ware geschleudert. Anschliessend erfolgt die Trocknung der Ware mit Heissluft. Die dabei entstehende lösungsmittelhaltige Abluft wird zunächst im Kreislauf über ein Kühlsystem geleitet, wobei das Lösungsmittel weitgehend kondensiert. Je nach Art der Maschine erfolgt diese Lösungsmittelkondensation aus der Luft entweder durch indirekte Kühlung mit Wasser oder mittels Kühlaggregaten, wie sie für die Kälteerzeugung eingesetzt werden, wobei in diesem Fall gleichzeitig noch die Kondensationswärme mit einer Wärmepumpe zurückgewonnen werden kann.

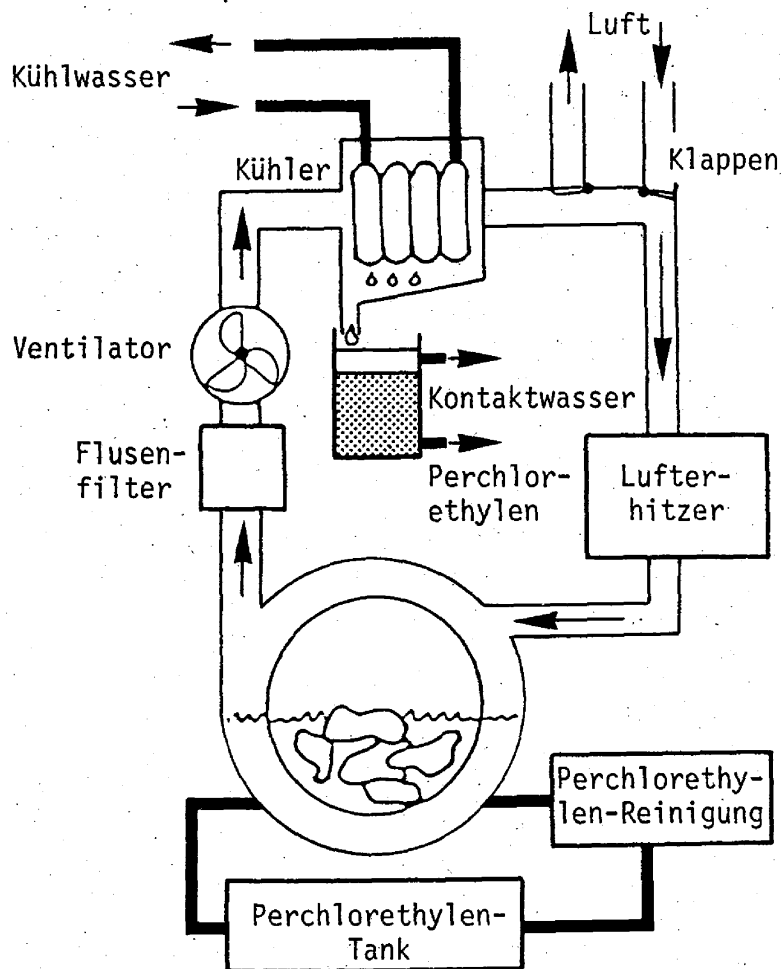
Erfolgt die Kondensation des Lösungsmittels aus der Trocknungsluft indirekt mit Kühlwasser, lässt sich das Lösungsmittel nur bis zur Sättigungskonzentration bei der jeweiligen Kühlwassertemperatur eliminieren. Zur vollständigen Entfernung des Lösungsmittels aus der Trocknungsluft wird die Abluft aus der Maschine abgeleitet und anschliessend in einer Aktivkohle-Anlage oder in einer anderen gleichwertigen Anlage (z.B. Kühlaggregat als Kältefalle) nachgereinigt.

Das bei der Trocknung der Textilien zurückgewonnene Lösungsmittel wird über einen Wasserabscheider in den Sammelbehälter zurückgeleitet. Das nach dem Reinigungsprozess aus der Reinigungstrommel abgelassene verunreinigte Lösungsmittel wird entweder direkt für den ersten Reinigungsgang des nachfolgenden Reinigungsprozesses eingesetzt oder in die Destillationsanlage zurückgeführt. Die Gewinnung des frischen Lösungsmittels erfolgt durch Destillation bei Normaldruck. In periodischen Abständen wird der Destillationsanlage auch das pulverförmige Material der Filtrationseinrichtung zugeführt, da dieses Filterhilfsmittel (meist Kieselgur) sehr viel Lösungsmittel enthält, das ebenfalls zurückgewonnen werden kann. Durch die Destillation des Lösungsmittels reichern sich im Laufe der Zeit die Schmutzstoffe an und der Destillationsrückstand muss entfernt werden. Dieser Destillationsrückstand enthält in der Regel noch relativ viel Lösungsmittel. Sofern es sich um Perchlorethylen handelt, wird während der letzten Phase des Destillationsprozesses Wasserdampf eingeleitet, wodurch das im Rückstand enthaltene Lösungsmittel weitgehend ausdestilliert und damit zurückgewonnen

werden kann. Bei Verwendung von 1.1.1-Trichlorethan erfolgt dieses Austreiben des Lösungsmittels nicht mit Wasserdampf, sondern indirekt durch die Erhöhung der Heiztemperatur. Das bei der Destillation zurückgewonnene Lösungsmittel wird zwecks Abtrennung von Wasser über einen Wasserabscheider geleitet.

Die Abluft von Maschinen, die nicht über Kühlaggregate verfügen, muss zur Nachreinigung über Aktivkohle-Anlagen geleitet werden. Mit Aktivkohle kann das in der Abluft enthaltene Lösungsmittel praktisch vollständig adsorbiert werden. Sobald die Kapazität der Aktivkohle erschöpft ist, muss sie regeneriert werden. Zu diesem Zweck leitet man Wasserdampf über die Aktivkohle, wodurch das Lösungsmittel wieder freigesetzt wird. Der dabei anfallende Dampf aus Lösungsmittel und Wasser wird gekühlt und zur Rückgewinnung des Lösungsmittels über einen Wasserabscheider geleitet.

Abb. 1: Schematische Darstellung der Chemischreinigung mit Perchlorethylen (inkl. Teile der Lösungsmittelrückgewinnung)



Zur Zeit sind noch einige wenige Maschinen alter Bauart in Betrieb, die vorgängig nicht beschrieben wurden. Es handelt sich um Maschinen mit sogenannter "Sprühdüsenkühlung". Gegenüber den neuen Maschinen unterscheiden sie sich wie folgt: Zur Rückgewinnung des bei der Trocknung der zu reinigenden Ware anfallenden Lösungsmittels fliesst das Kühlwasser nicht in einem Kühler, sondern es wird direkt in das warme Lösungsmittel/Luftgemisch eingespritzt. Bei diesen alten Maschinen entstehen sehr grosse Lösungsmittelverluste. Das Bundesamt für Umweltschutz empfiehlt deshalb den Kantonalen Gewässerschutzfachstellen, die Betriebe zu veranlassen, diese veralteten Maschinen im Interesse des Umweltschutzes unverzüglich ausser Betrieb zu setzen (Art. 20 der Allgemeinen Gewässerschutzverordnung).

Abb. 2: Schematische Darstellung der Destillation für Maschinen mit Perchlorethylen

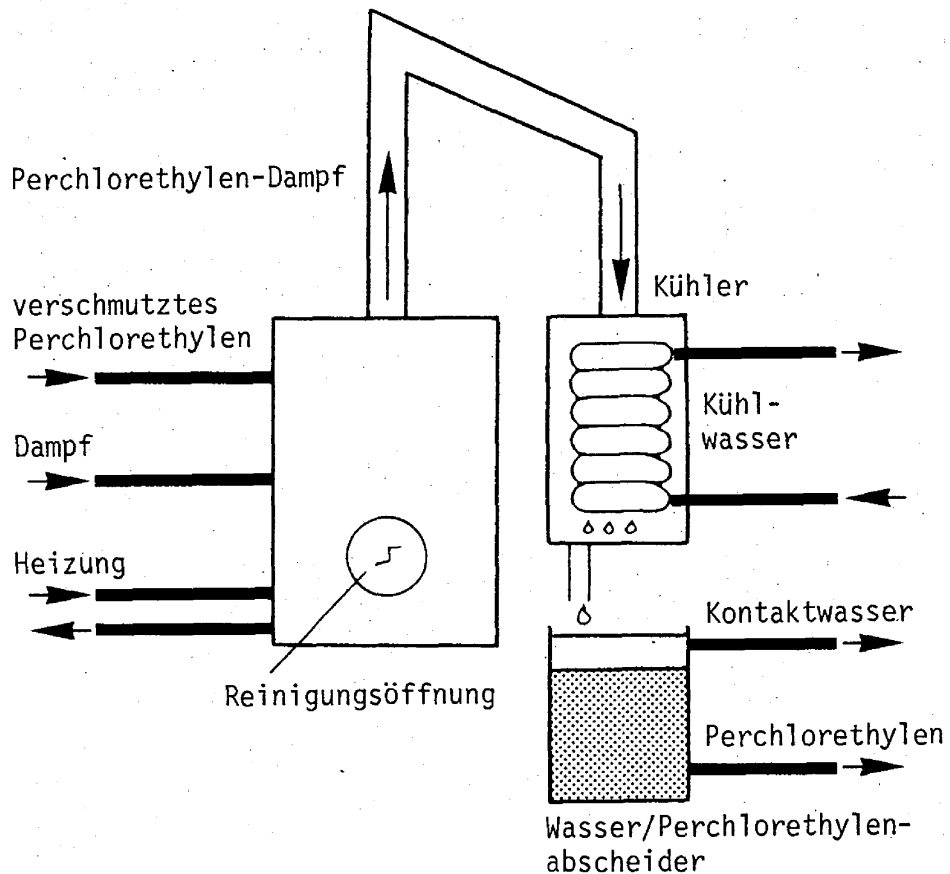
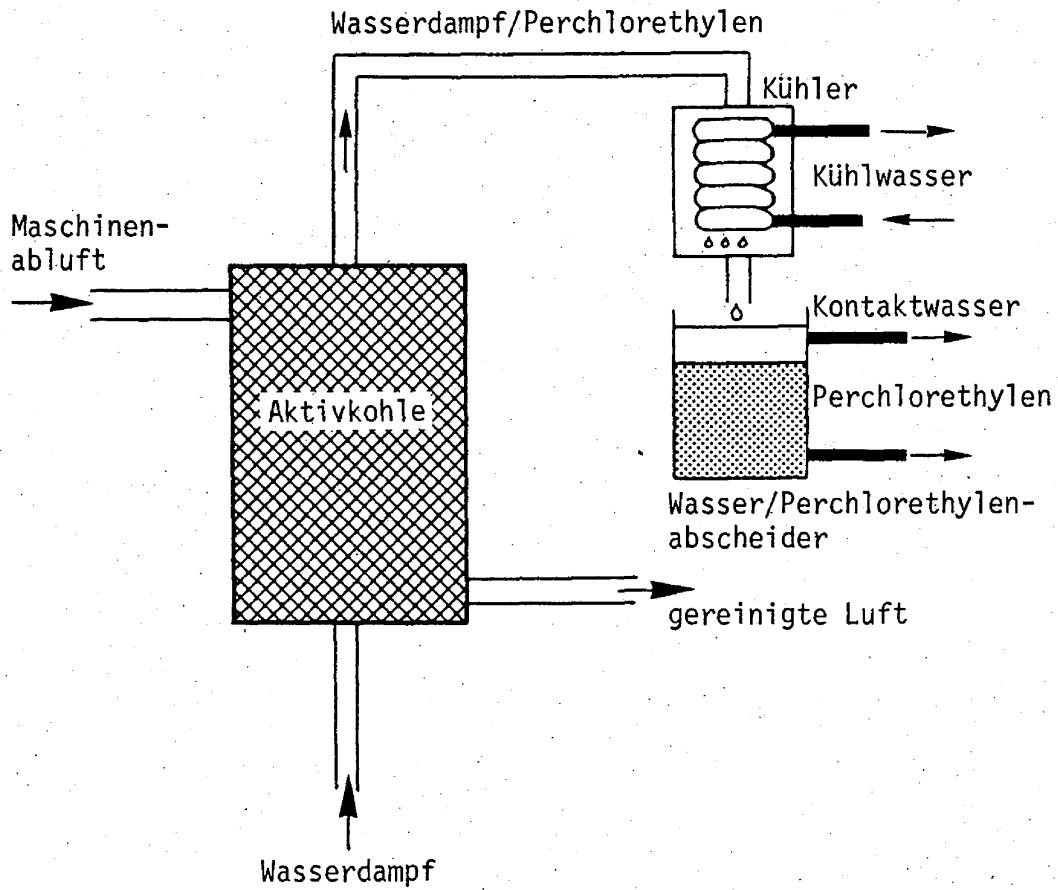


Abb. 3: Schematische Darstellung der Abluftreinigung mit Aktivkohle-Anlage in offenen Maschinen mit Perchloroethylen



V ABWASSER-, ABFALL- UND ABLUFTENTSORGUNG

1 Abwasserentsorgung

1.1 Abwassermengen

In Chemischreinigungsbetrieben gelangt einerseits Kühlwasser zur Ableitung, das im Normalbetrieb nicht mit chlorierten Lösungsmitteln verunreinigt ist und andererseits Abwasser, das bei den verschiedenen Abscheidern anfällt und bis zur Sättigung mit Lösungsmittel verunreinigt sein kann. Dieses Abwasser wird nachstehend als Kontaktwasser bezeichnet.

Der durchschnittliche Abwasseranfall bei einer Chemischreinigungsmaschine, die ein Fassungsvermögen von 12 kg aufweist, täglich neun Chargen, d.h. rund 100 kg Ware reinigt, mit Perchlorethylen arbeitet und mit einer Aktivkohle-Anlage ausgerüstet ist, kann wie folgt angegeben werden:

<u>Kontaktwasser</u>	
- Trocknung:	1 l/Tag
- Destillation normal (täglich):	2 l/Tag
- Destillation mit Wasserdampf (sporadisch, d.h. etwa 20 l alle 2 Tage):	10 l/Tag
- Regeneration Aktivkohle-Anlage (sporadisch, etwa 2 x 30 l/Woche):	12 l/Tag
Totalmenge Kontaktwasser bezogen auf einen Tag (Durchschnittswert):	<u>25 l/Tag</u> =====

Bei geschlossenen Systemen reduziert sich der Abwasseranfall auf 13 l/Tag aus der Trocknung und der Destillation, da die Aktivkohleregeneration entfällt.

<u>Kühlwasser</u>	
- Lösungsmittelrückgewinnung (Kühlung für Lösungsmittelkondensation aus der Trocknungsluft, Kühlung der Destillation):	2'200 l/Tag
- Kühlung der Aktivkohle-Anlage (sporadisch, 2 x 750 l/Woche):	300 l/Tag
Totalmenge Kühlwasser bezogen auf einen Tag (Durchschnittswert):	<u>2'500 l/Tag</u> =====
Bei geschlossenen Systemen reduziert sich der Kühlwasseranfall auf 2'200 l/Tag, da die Aktivkohleregeneration entfällt.	

Diese Daten zeigen, dass das abzuleitende Abwasser zu etwa 99 % aus nicht verunreinigtem Kühlwasser und etwa 1 % aus Abwasser besteht, das mit Lösungsmitteln kontaminiert ist.

Bei einer Sättigungskonzentration von 160 mg/l für Perchlor-ethylen ergibt sich umgerechnet ein spezifischer Lösungsmittelverlust, der ins Abwasser gelangt, von 40 mg pro Kilogramm gereinigter Ware.

## 1.2 Konzept für die Ableitung des Abwassers

### 1.2.1 Kühlwasser

Das bei der Destillation, bei der Lösungsmittelrückgewinnung aus der Trocknungsluft und das bei der Aktivkohleregeneration anfallende Kühlwasser steht an keiner Stelle des Betriebes in direktem Kontakt mit Lösungsmitteln. Da bei einer Undichtigkeit im Leitungssystem gleichwohl Lösungsmittel in das abzuleitende Kühlwasser gelangen kann, sind Sicherheitsmassnahmen zu treffen.

Folgende technische Lösungen sind möglich:

- Im Kühlwassersystem kann ein Steigrohr mit einem drucklosen Ablauf installiert werden. Die Höhe des Steigrohres richtet

sich nach den jeweils vorliegenden Druckverhältnissen in der Maschine. Der hydrostatische Druck im wassergefüllten Steigrohr muss geringfügig grösser sein, als der maximale Betriebsdruck in der Maschine.

- Einbau eines separaten, gegebenenfalls von den Kantonalen Behörden geprüften Sicherheitsabscheiders für das Kühlwasser. Die Grösse des Sicherheitsabscheiders muss so bemessen werden, dass das gesamte Lösungsmittel, das bei einem Leck ausfliessen würde, vollständig aufgefangen werden kann.

Wird das Kühlwasser im Kreislauf geführt und allenfalls Wärme zurückgewonnen oder mit einem Kühlturm gearbeitet, ist ein Steigrohr oder separater Sicherheitsabscheider im Kühlsystem nicht Bedingung.

#### Hinweis zur Rückflussverhinderung ins Trinkwassernetz:

Um zu verhindern, dass Lösungsmittel aus dem Betrieb ins Trinkwasser gelangen kann, ist eine Rückflussverhinderung gemäss den "Leitsätzen für die Erstellung von Wasserinstallationen" des Schweizerischen Vereins von Gas- und Wasserfachmännern (SVGW) vorzunehmen. Für Chemischreinigungsbetriebe gilt gemäss diesen Leitsätzen die "Systemtrennung mit Zwischenbehälter" als sicherste Lösung zur Rückflussverhinderung.

#### 1.2.2 Kontaktwasser

Je nach Maschinentyp befinden sich an verschiedenen Stellen zur Abscheidung von Wasser bzw. Feuchtigkeit Wasserabscheider unterschiedlicher Grösse. Dieses mit Lösungsmittel verunreinigte Kontaktwasser entsteht bei folgenden Operationen:

- Rückgewinnung des Lösungsmittels aus der Luft bei Trocknen der Wäsche. Hierbei wird ursprünglich in den Textilien enthaltene Feuchtigkeit sowie durch Reinigungsverstärker oder Vorbehandlungsmittel eingebrachtes Wasser bei der Kondensation des Lösungsmittels ausgeschieden.



- Destillation des Lösungsmittels. Das destillierte Lösungsmittel enthält in der Regel ebenfalls Spuren von Wasser, das nach der Destillation im Kondensat abgetrennt werden muss.
- Ausdämpfen des Destillationsrückstandes. Zur weitgehenden Entfernung des Lösungsmittels aus dem Destillationsrückstand wird Wasserdampf direkt in die Destillationsblase eingeleitet. Bei der Kondensation muss dieses Wasser wieder abgetrennt werden.
- Regeneration der Aktivkohle. Die Regeneration der Aktivkohle erfolgt ebenfalls mittels Wasserdampf. Mit dem Wasserdampf eingebrachtes Wasser muss in einem Abscheider vom Lösungsmittel getrennt werden. Dieses Kontaktwasser entfällt bei "geschlossenen" Systemen, da keine Aktivkohle-Anlagen benötigt werden.

Das Kontaktwasser ist in der Regel bis zur Sättigungskonzentration mit dem betreffenden Lösungsmittel verunreinigt. Da eine Elimination des Lösungsmittels mit einem Schwerkraftabscheider nur bis zur Sättigungskonzentration möglich ist und der in der Verordnung über Abwassereinleitungen vorgeschriebene Grenzwert von 0,1 mg/l (gemessen als Cl) erheblich überschritten wird, ist eine Vorbehandlung nötig.

Das Konzept für die abwassertechnischen Massnahmen zur Behandlung des Kontaktwassers hängt im wesentlichen von der Art des Betriebes und von den Systemen der Maschinen ab. Es können folgende Fälle unterschieden werden:

#### A Geschlossene Systeme

In Betrieben, die lediglich über geschlossene Maschinen verfügen, fallen in der Regel nur wenige Liter Kontaktwasser pro Tag an. Sofern der Betrieb keine eigene Vorbehandlungsanlage einrichten will (siehe Kapitel V, Ziffer 1.4) ist das Kontaktwasser einem dafür eingerichteten anderen Betrieb zu übergeben oder zusammen mit den lösungsmittelhaltigen Abfällen zu entsor-

gen. Wenn kein Anschluss an die Kanalisation vorhanden ist, erübrigt sich die Installation eines Sicherheitsabscheiders (siehe Kapitel V, Ziffer 1.3).

## B Offene Systeme

In Betrieben, die über Maschinen mit offenen Systemen und Aktivkohle-Anlagen verfügen, wird das Kontaktwasser in der Regel in die Kanalisation eingeleitet. Zur Elimination des Lösungsmittels aus dem Kontaktwasser ist eine Vorbehandlungsanlage zu installieren (siehe Kapitel V, Ziffer 1.4); dieser Anlage ist ein Sicherheitsabscheider vorzuschalten (siehe Kapitel V, Ziffer 1.3), der in der Vorbehandlungsanlage integriert sein kann.

### 1.3 Sicherheitsabscheider für Kontaktwasser

Bei Unregelmässigkeiten in einem Betrieb, z.B. beim Ueberkochen der Destillation, können grössere Mengen Lösungsmittel in das abgeleitete Abwasser gelangen. Da auch die an den einzelnen Stellen der Maschinen angebrachten Wasserabscheider oft nicht in der Lage sind, das Lösungsmittel ausreichend abzuscheiden, fliesst dieses mit dem Wasser ab.

Um das Abfliessen grösserer Lösungsmittelmengen in die Kanalisation zu verhindern, sind in allen Betrieben mit Kontaktwasserableitungen Sicherheitsabscheider zu installieren.

Dieser Sicherheitsabscheider sollte ein Minimalvolumen von 100 l aufweisen und den Nutzinhalt der Destillationsblase vollständig auffangen können. Im übrigen muss die Konstruktion des Sicherheitsabscheiders gewährleisten, dass das sich darin am Boden ansammelnde Lösungsmittel abgetrennt werden kann. Es empfiehlt sich ein Abscheider mit schrägem Boden. Ferner ist der Abscheider mit einer Anzeige zu versehen, die ermöglicht, das Niveau des sich darin befindenden Lösungsmittels zu erkennen, z.B. Schwimmerfüllstandsanzeige, damit dieses nach Ueberschreiten einer festzulegenden Marke rechtzeitig abgelassen werden kann.

#### 1.4 Vorbehandlungsanlagen für Kontaktwasser

Zur Elimination von gelösten chlorierten Lösungsmitteln sind verschiedene Systeme erhältlich. Die Entfernung des Lösungsmittels aus dem Wasser erfolgt entweder durch Ausblasen oder Adsorption an geeignete Materialien.

##### 1.4.1 Ausblasverfahren

Durch Einblasen von Luft in lösungsmittelhaltiges Wasser ist es möglich, das Lösungsmittel weitgehend zu entfernen. Während in einfachen Systemen Restkonzentrationen von etwa  $< 1$  mg/l erreicht werden, können mit aufwendigerem Verfahren (z.B. Grenzschichtverdampfer) Konzentrationen  $< 0,1$  mg/l erzielt werden.

Bei Ausblasverfahren ist zu beachten, dass grenzflächenaktive Stoffe (z.B. Reinigungsverstärker) im Abwasser eine Schaumbildung verursachen können. Im Interesse der Luftreinhaltung empfiehlt sich, das ausgeblasene Lösungsmittel in eine Aktivkohle-Anlage einzuleiten.

##### 1.4.2 Adsorptionsverfahren

Zur wirksamen Elimination von chlorierten Lösungsmitteln aus dem Abwasser eignet sich als Adsorptionsmaterial Aktivkohle. Mit Hilfe solcher Anlagen können Restkonzentrationen von  $< 0,1$  mg/l erreicht werden. Sobald die Aktivkohle gesättigt ist, muss sie ersetzt werden. Die mit Lösungsmittel beladene Aktivkohle darf nicht mit dem Hauskehricht abgeführt werden, sie ist ordnungsgemäss zu entsorgen.

#### 1.5 Erleichterte Einleitungsbedingungen gemäss Artikel 11 der Verordnung über Abwassereinleitungen

Wie die Erfahrungen aus der Praxis zeigen, ist die strikte Einhaltung des in der Verordnung über Abwassereinleitungen festgelegten Grenzwertes von  $0,1$  mg/l (gemessen als Cl) für chlorierte Lösungsmittel bei der Kontaktwasservorbehandlung nicht immer möglich. Im übrigen existieren zur Zeit noch keine einfachen

Analysenverfahren, die es dem Betrieb ermöglichen, chlorierte Lösungsmittel in diesem tiefen Konzentrationsbereich zu messen und das abgeleitete Abwasser einer Eigenkontrolle zu unterziehen.

Angesichts dieses Sachverhaltes sowie der Feststellung, dass die aus einem Betrieb abgeleitete Lösungsmittelfracht nach erfolgter Vorbehandlung sehr gering ist, empfiehlt das Bundesamt für Umweltschutz den Kantonalen Gewässerschutzfachstellen, den Grenzwert für chlorierte Lösungsmittel bei Chemischreinigungsbetrieben gemäss Artikel 11 der Verordnung über Abwassereinleitungen zu erleichtern und auf

< 1 mg/l (gemessen als Cl)

festzulegen.

## 2 Abfallentsorgung

### 2.1 Anfallende Rückstände

Bei Chemischreinigungsbetrieben entstehen die folgenden Abfallstoffe:

- Destillationsrückstände und darin enthaltene Filterhilfsmittel;
- Filterkartuschen (Filterkapseln);
- Flusen;
- Adsorptionsmaterial (Aktivkohle) aus der Kontaktwasserbehandlung.

Wie sich bei Untersuchungen herausstellte, können Destillationsrückstände noch Lösungsmittelgehalte bis 50 % aufweisen. Da es im Betrieb selbst nicht möglich ist, weder den Lösungs-

mittelgehalt des Destillationsrückstandes zu ermitteln noch das Lösungsmittel vollständig aus dem Destillationsrückstand zu entfernen, ist dieser Rückstand samt Filterhilfsmitteln und Filterkartuschen als Sonderabfall zu betrachten und entsprechend zu entsorgen. Die Rückstände dürfen nicht dem Hauskehricht beigegeben werden.

Die bei der Trocknung der gereinigten Ware anfallenden Flusen hingegen sind praktisch lösungsmittelfrei und können mit dem Hauskehricht entsorgt werden.

## 2.2 Abgabe der Abfälle

Die Entsorgung der Lösungsmittelhaltigen Abfälle hat nach den Vorschriften der Verordnung vom 12. November 1986 über den Verkehr mit Sonderabfällen zu erfolgen.

Die Sonderabfälle dürfen nur an einen Empfänger abgegeben werden, der zu ihrer Entgegennahme berechtigt und bereit ist.

Der Abgeber muss für jeden Sonderabfall, den er abgeben will, einen Begleitschein ausfüllen und verwenden.

Wird für den Transport von Sonderabfällen ein Beförderungspapier erstellt, so sorgt der Abgeber dafür, dass darauf der gleiche Empfänger wie auf den Begleitscheinen eingetragen ist.

Der Abgeber muss Verpackungen und Gebinde, in denen Sonderabfälle transportiert werden, mit der Aufschrift "SONDERABFÄLLE" und mit der Nummer der zugehörigen Begleitscheine versehen.

## 3 Abluftentsorgung

### 3.1 Luftreinhaltung

Bei Chemischreinigungsanlagen gelangen insbesondere die Bestimmungen der Luftreinhalteverordnung (LRV) Anhang 1, Ziffer 7 sowie Anhang 2, Ziffer 85 zur Anwendung.

Die Emissionskonzentration von Lösungsmitteln, wie Perchloräthylen oder Trichlorethylen darf bei Anlagen bei einem Massenstrom von 2,0 kg/h oder mehr  $100 \text{ mg/m}^3$  nicht überschreiten (Anhang 1, Ziffer 7). Ist der Massenstrom an Lösungsmitteln kleiner als 2,0 kg/h, so gelten keine besonderen Emissionsgrenzwerte. Allerdings muss auch bei solchen Anlagen die Maschinenabluft mit einem Aktivkohlenfilter oder mit gleichwertigen Massnahmen gereinigt werden (Anhang 2, Ziffer 85).

Werden mehrere Reinigungsanlagen gemeinsam betrieben, so ist der Massenstrom an Lösungsmitteln für die Anlagen insgesamt massgebend. Für "geschlossene Maschinen" ohne Maschinenabluft ist zwar die Bestimmung nach Anhang 2, Ziffer 85 nicht unmittelbar anwendbar. Beträgt jedoch die stündlich an die Luft abgegebene Lösungsmittelmenge 2,0 kg/h oder mehr (Massenstrom), so müssen auch diese Abgase erfasst und entsprechend gereinigt werden.

#### 4 Umgang mit chlorierten Lösungsmitteln und Lagerung

Wie jüngste Untersuchungen zeigen, sind bereits viele Grundwasservorkommen in der Schweiz zum Teil in erheblichem Masse durch chlorierte Lösungsmittel verunreinigt. Diese Verunreinigungen sind eine Folge des unsorgfältigen Umgangs mit diesen Stoffen. In allen Betrieben ist darauf zu achten, dass Lösungsmittel beim Umgang weder in die Kanalisation abfliessen noch direkt in den Untergrund versickern können.

Bodenabläufe aus Räumen, in denen Chemischreinigungsmaschinen installiert sind oder Lösungsmittel gelagert werden, sind unzulässig. Um Leckverluste aufzufangen, können die Schwellen in den Räumen erhöht werden. Der Boden ist mit einem lösungsmittelbeständigen Ueberzug zu versehen, und undichte Stellen sind abzudichten, so dass kein Lösungsmittel abfliessen oder versickern kann. Es ist auf diese Weise eine Auffangwanne zu schaffen, welche in der Lage ist, die in einem Raum maximal austretenden Lösungsmittelmenge aufzunehmen. Chlorierte Lösungsmittel

diffundieren durch Beton! Deshalb sind die Maschinen und allenfalls weitere Apparate im Betrieb zur weiteren Sicherheit mit einer Auffangschale aus Metall zu versehen. Da die räumlichen Verhältnisse in den einzelnen Betrieben sehr unterschiedlich sind, hat der Betriebsinhaber mit der kantonalen Gewässerschutzfachstelle eine geeignete Lösung zu suchen.

Entstehen beim Umschlag von chlorierten Lösungsmitteln ausserhalb der abflusslosen Räume Verluste, sind Massnahmen zu ergreifen, damit das Lösungsmittel nicht versickern oder in die Kanalisation abfliessen kann. Gelangen chlorierte Lösungsmittel in Schächte, sind diese unverzüglich zu entleeren. Bei grösseren Verlusten ist die Kantonale Gewässerschutzfachstelle sofort zu informieren.

## VI ZUSAMMENFASSUNG DER MASSNAHMEN

---

- 1 In allen Betrieben sind im Kühlwassersystem Schutzmassnahmen zu treffen, die Lösungsmittelverluste in die Kanalisation verhindern. Es kann ein separater Sicherheitsabscheider für das Kühlwasser oder ein Steigrohr - allenfalls mehrere - mit drucklosem Abfluss installiert werden. Sofern das Kühlwasser im Kreislauf geführt wird, sind diese Schutzmassnahmen nicht erforderlich.
- 2 Das in eine Kanalisation abgeleitete Kontaktwasser (vgl. Kapitel V Ziffer 1.2.2) ist vorzubehandeln. Die Konzentration an chlorierten Lösungsmitteln darf höchstens  $<1$  mg/l (gemessen als Cl) betragen.
- 3 Der Vorbehandlungsanlage ist ein Sicherheitsabscheider vorzuschalten. Dieser kann allenfalls in der Vorbehandlungsanlage integriert sein. Zur Kontrolle des Füllstandes des Sicherheitsabscheidens mit chlorierten Lösungsmitteln ist eine Füllstandsanzeige zu installieren. Das Kühlwasser darf nicht über diesen Sicherheitsabscheider geleitet werden!
- 4 Destillationsrückstände und Filterhilfsmittel sowie Filterkapseln sind als Sonderabfall zu entsorgen.
- 5 In allen Betrieben mit "offenen" Maschinen ist die Abluft mit Aktivkohle-Anlagen oder gleichwertigen Massnahmen zu reinigen.
- 6 Durch geeignete Auffangeinrichtungen aus dichten, lösungsmittelbeständigen Materialien ist zu verhindern, dass Lösungsmittel in die Kanalisation gelangen oder in den Untergrund versickern.



- 7 Die Verluste an chlorierten Lösungsmitteln in die Umwelt sind durch den sorgfältigen Umgang und mit den heute verfügbaren technischen Einrichtungen so gering als möglich zu halten.
- 8 Maschinen mit Sprühdüsenkühlung sind ausser Betrieb zu setzen.

Mitglieder der Arbeitsgruppe

E. Müller (Vorsitz)

Bundesamt für Umweltschutz

Dr. W. Meier

Amt für Gewässerschutz und Wasser-  
bau des Kantons Zürich

E. Rüegg

Kantonales Laboratorium Zürich,  
Gewässerschutzabteilung