

Technische Regeln für Gefahrstoffe	Ersatzstoffe, Ersatzverfahren und Verwendungsbeschränkungen für Polychlorierte Biphenyle (PCB)	TRGS 616
--	--	----------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen an Gefahrstoffe hinsichtlich Inverkehrbringen und Umgang wieder. Sie werden vom

**Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**

aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst.

Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung im Bundesarbeitsblatt bekannt gegeben.

---

Dieses Blatt enthält Vorschläge für den Einsatz von Ersatzstoffen und Ersatzverfahren sowie Verwendungsbeschränkungen für die Anwendung von polychlorierten Biphenylen (PCB) und Vorschläge zur Reinigung und Wiederauffüllung PCB-haltiger Transformatoren.

Es ist berücksichtigt, dass die in dieser TRGS vorgeschlagenen Maßnahmen vom Grundsatz her technisch geeignet sind. Das gesundheitliche Risiko wird durch ihre Anwendung verringert. Das ökologische Risiko ist berücksichtigt worden.

Im Einzelfall muss jedoch sorgfältig geprüft werden, welche der vorgeschlagenen Maßnahmen auch im Hinblick auf die betriebsspezifischen Besonderheiten geeignet und zumutbar sind. Eine Unterschreitung von Grenzwerten entbindet nicht von der Prüfung der Einsatzmöglichkeit der in dieser TRGS vorgeschlagenen Maßnahmen.

Hinsichtlich des Anwendungsbereichs der Umgangsvorschriften der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) sowie allgemein geltender Begriffsbestimmungen wird auf die §§ 2 und 3 der GefStoffV hingewiesen.

Vorschriften der Verordnung über Gefahrstoffe (GefStoffV) sind eingearbeitet und durch senkrechte Randstriche gekennzeichnet.

Die aufgeführten Normen sind deutsche Regelungen. Falls einheitliche Normen auf EG-Basis vorhanden sind, sind diese ebenfalls benannt.

## Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Allgemeine Bestimmungen
- 4 Stoffcharakteristik
- 5 Verwendung
- 6 Ersatzstoffe / Ersatzverfahren
- 7 Verwendungsbeschränkungen
- 8 Entsorgungshinweise
- 9 Literaturhinweise
- 10 Toxikologische Begründungen

### 1 Anwendungsbereich

Diese TRGS gilt für den Einsatz von Ersatzstoffen, Ersatzverfahren und für Verwendungsbeschränkungen von polychlorierten Biphenylen (PCB).

### 2 Begriffsbestimmungen

**2.1** Ersatzstoffe im Sinne dieser TRGS sind Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit geringerem gesundheitlichen und/oder ökotoxikologischem Risiko, die polychlorierte Biphenyle (PCB) ganz oder teilweise ersetzen können.

**2.2** Ersatzverfahren sind solche Verfahren, bei denen ein vergleichbares technisches Ergebnis ohne den Einsatz von polychlorierten Biphenylen oder deren Ersatzstoffe erreicht werden kann.

**2.3** Verwendungsbeschränkungen sind Verwendungsverbote nach Nummer 7.

**2.4** Gefahrstoffe sind

1. gefährliche Stoffe oder Zubereitungen im Sinne des § 3 Nr. 3 a des Chemikaliengesetzes und § 4 Gefahrstoffverordnung sowie explosionsfähige Stoffe und Zubereitungen,
2. Stoffe oder Zubereitungen, aus denen beim Umgang gefährliche Stoffe oder Zubereitungen nach Nummer 1 entstehen oder freigesetzt werden,

3. Erzeugnisse, bei deren Verwendung gefährliche oder explosionsfähige Stoffe oder Zubereitungen entstehen oder freigesetzt werden.

**2.5** Arbeitgeber ist, wer Arbeitnehmer beschäftigt einschließlich der zu ihrer Berufsausbildung Beschäftigten. Dem Arbeitgeber steht gleich, wer in sonstiger Weise selbständig tätig wird sowie der Auftraggeber und Zwischenmeister im Sinne des Heimarbeitsgesetzes. Dem Arbeitnehmer stehen andere Beschäftigte, Schüler und Studenten gleich.

### 3 Allgemeine Bestimmungen

**3.1** Der Arbeitgeber muss unter Berücksichtigung von Umweltschutzbelangen prüfen, ob

1. Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko als die von ihm in Aussicht genommenen Gefahrstoffe erhältlich sind oder
2. durch die Änderung des Herstellungs- oder Verwendungsverfahrens auf die Verwendung der Gefahrstoffe verzichtet oder das Auftreten der Gefahrstoffe am Arbeitsplatz verhindert oder verringert werden kann.

Ist dem Arbeitgeber die Verwendung dieser Stoffe, Zubereitungen, Erzeugnisse und Verfahren zumutbar, darf er nur diese verwenden. Das Ergebnis der Prüfung nach Satz 1 ist schriftlich festzuhalten und der zuständigen Behörde auf Verlangen vorzulegen.

**3.2** Der Arbeitgeber hat die betroffenen Arbeitnehmer oder, wenn ein Betriebs- oder Personalrat vorhanden ist, diesen bei der Ermittlung und Beurteilung nach Nummer 3.1 zu hören.

### 4 Stoffcharakteristik

- (1) Stoffname: Polychlorierte Biphenyle (PCB)
- (2) Handelsbezeichnungen: z. B. Apirolio, Arochlor, BP-Olex-SF-D 0204, Clophen, Elaol VI, HDF 15, HSD 25, Hydrocor 25 A 3, Kanechlor, Pyralene.
- (3) Beschreibung:
  1. Die flammwidrigen<sup>1</sup>, synthetischen Isolierflüssigkeiten, die aus polychlorierten Biphenylen (PCB) bzw. aus Mischungen polychlorierter Biphenyle mit chlorierten Benzolen - z. B. Trichlorbenzol - bestehen, fallen unter den Oberbegriff "Askarele".

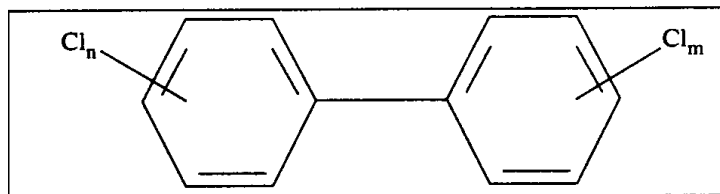
---

<sup>1</sup> Kein Brennpunkt nach DIN 51 376

2. Polychlorierte Biphenyle (PCB) sind Gemische aus Isomeren des Biphenyls, bei denen mehrere Wasserstoffatome (H) durch Chloratome (Cl) ersetzt wurden. PCB sind sehr stabile Verbindungen.
3. Je nach Chlorierungsstufe fallen bei der Produktion Gemische mit Chlorgehalten zwischen 21 und 68 % an. Sie enthalten in sehr geringen Mengen als Verunreinigung polychlorierte Dibenzofurane (PCDF). Dabei ist zu beachten, dass bis etwa 1977 PCB verwendet wurden, die stärker mit PCDF verunreinigt waren.
4. PCB sind wasserklare Flüssigkeiten, deren Konsistenz in Abhängigkeit vom Chlorgehalt zwischen dünn- und zähflüssig liegt. Ihre Wasserlöslichkeit ist gering und nimmt mit zunehmendem Chlorierungsgrad ab. Dagegen sind PCB in Fetten und Kohlenwasserstoffen löslich. Sie besitzen eine gute Wärmeübertragungsfähigkeit und hervorragende elektrische Eigenschaften.
5. PCB kristallisieren nicht beim Abkühlen, sondern gehen am Stockpunkt in einen harzigen, quasi festen Zustand über. Der Flammpunkt ist abhängig vom Chlorgehalt und liegt zwischen 170 und 240°C. Nach Entfernen der Zündquelle erlischt die Flamme wieder. PCB haben keinen Brennpunkt. PCB-Dämpfe sind schwerer als Luft. Wegen des niedrigen Dampfdruckes kondensieren sie rasch.

#### 4.1 Physikalisch-chemische Eigenschaften

(Die nachfolgenden Daten beziehen sich auf ein dreifach chloriertes Biphenyl mit einem Chlorgehalt von ca. 42 %. Da polychlorierte Biphenyle einen unterschiedlichen Chlorgehalt haben können, variieren die chemisch-physikalischen Daten in Abhängigkeit des Chlorierungsgrades.)



Strukturformel:	$n + m \text{ ca. } 3$
Summenformel:	$C_{12}H_7Cl_3$
relative Molekülmasse:	257
Farbe:	wasserhell
Geruch:	charakteristisch
Schmelzpunkt:	nicht anwendbar
Stockpunkt:	- 22°C
Siedepunkt:	> 330°C
Dichte (20°C):	1,380 g/cm <sup>3</sup>
Dampfdichte (Luft = 1):	> 1
Dampfdruck (20°C):	5,3 · 10 <sup>-3</sup> mbar
Flammpunkt (o. c.) **):	185°C

Brennpunkt <sup>2</sup> :	bis zum Siedepunkt kein Brennpunkt
Zündtemperatur:	640°C
Explosionsgrenzen (Aerosol) (20°C):	
untere:	100 g/m <sup>3</sup>
obere:	330 - 820 g/m <sup>3</sup>
Sättigungskonzentration:	--
Löslichkeit in Wasser:	0,30 mg/l

## 4.2 Hinweise auf Gesundheitsgefahren

(1) Chlorierte Biphenyle (Chlorgehalt 42 % sowie 54 %) sind in Anhang 3 zu TRGS 500 genannt als Stoffe, die einen begründeten Verdacht auf krebserzeugendes Potential besitzen (MAK Kategorie IIIB).

(2) Außerdem enthält die TRGS 900 folgende Grenzwerte:

MAK (Chlorgehalt 42 %)	0,1 ml/m <sup>3</sup> bzw. 1 mg/m <sup>3</sup>
MAK (Chlorgehalt 54 %)	0,05 ml/m <sup>3</sup> bzw. 0,5 mg/m <sup>3</sup>

PCB sind in die Kategorie III der Begrenzung von Expositionsspitzen eingeordnet.

(3) Schwangerschaft: Gruppe B (TRGS 900)

Nach dem vorliegenden Informationsmaterial muss ein Risiko der Fruchtschädigung als wahrscheinlich unterstellt werden. Bei einer Exposition Schwangerer kann eine solche Schädigung auch bei Einhaltung des MAK-Wertes nicht ausgeschlossen werden. Darüber hinaus besteht der Verdacht weiterer reproduktionstoxischer Effekte.

(4) Flüssige und dampfförmige polychlorierte Biphenyle reizen Haut, Augen und Schleimhäute.

(5) Alle polychlorierten Biphenyle können vom Körper durch die Haut sowie durch Atmungs- und Verdauungsorgane aufgenommen und im Fettgewebe eingelagert werden. Nach tierexperimentellen Beobachtungen sind bei anhaltender Einwirkung Organschädigungen, insbesondere der Leber, möglich.

## 4.3 Hinweise auf Umweltgefährlichkeit

(1) Abhängig vom Chlorgehalt sind Polychlorbiphenyle sowie die als Verunreinigungen enthaltenen polychlorierten Dibenzofurane (PCDF) schwer abbaubare, bioakkumulierbare Stoffe, wobei die biologische Abbaubarkeit mit steigendem Chlorgehalt abnimmt.

(2) Die mögliche Gefährdung des aquatischen Systems hat zur Aufnahme in den Katalog wassergefährdender Stoffe geführt (WGK 3 - stark wassergefährdend).

---

<sup>2</sup> nach DIN 51 376 bzw. ISO 2592

#### 4.4 Einstufung/Kennzeichnung

Die Einstufung und die Kennzeichnung erfolgt nach den Vorgaben der Gefahrstoffverordnung.

EG-Nr.:	602-039-00-4
CAS-Nr.:	1336-36-3
weitere CAS-Nr.:	53469-21-9 (42 % Cl) 11097-69-1 (54 % Cl)
Symbol:	Xn = mindergiftig N = umweltgefährlich
Hinweise auf die besonderen Gefahren	R 33-50/53
Sicherheitsratschläge	S (2)-35-60-61
Aufbewahrung nach § 24:	Xn

Die Kennzeichnung hat nach Anhang III Nr. 11 der Gefahrstoffverordnung zu erfolgen.

#### 4.5 Sicherheitstechnische Bewertung

- (1) PCB zeigen gute dielektrische und thermische Eigenschaften sowie chemische Beständigkeit, vor allem aber Flammwidrigkeit.
- (2) Unter Pyrolysebedingungen können in Anwesenheit von Sauerstoff aus PCB in einem Temperaturbereich zwischen 300 und 900°C (z. B. Schwelbrände) in Spuren sehr giftige chlorierte Dibenz-p-dioxine sowie chlorierte Dibenzofurane entstehen.

### 5 Verwendung

- (1) Aufgrund der inzwischen abgelösten Zehnten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Beschränkungen von PCB, PCT und VC) - 10. BImSchV - vom 26. Juli 1978 (BGBl. I S. 1138) wurde die Verwendung von PCB in: Schmierstoffen, als Zusatzstoffe oder Weichmacher für Lacke, Kunststoffe und Wachse sowie zu Kitten, Spachteln und Vergussmassen, Papierbeschichtungsmitteln, Klebstoffe, Imprägnier- und Flammenschutzmittel, Trägersubstanz für Insektizide, Schweröl in Ringwaagen und Sperrflüssigkeiten in Messgeräten für aggressive Medien verboten.
- (2) Solche Anwendungen sind in dieser Technischen Regel für Gefahrstoffe nicht mehr beschrieben.

## 5.1 Kondensatoren

Bis 1984 wurde in Kondensatoren fallweise PCB als Imprägnierflüssigkeit eingesetzt. Seit 1984 werden in der Bundesrepublik Deutschland keine Kondensatoren, die PCB enthalten, neu in den Verkehr gebracht. Da Kondensatoren eine Standzeit von mehr als 30 Jahren haben können, sind zur Zeit noch viele PCB-haltige Kondensatoren in Gebrauch. Nach § 54 Abs. 4 GefStoffV dürfen Kondensatoren mit mehr als 1 l PCB-haltiger Flüssigkeit ab dem 01.01.1994 nicht mehr verwendet werden.

## 5.2 Transformatoren

Bis 1984 wurden Transformatoren in Verkehr gebracht, die als Kühlmittel Askarele enthielten, die aus Gemischen von PCB und mehrfachchloriertem Benzol bestanden. Es existieren weiterhin Transformatoren mit anderen Isolierflüssigkeiten, die aber mit PCB verunreinigt wurden. Da Transformatoren eine Standzeit von mehr als 30 Jahren haben, sind Askarel-Transformatoren weiterhin in Betrieb. Nach § 54 Abs. 4 GefStoffV dürfen PCB-haltige Transformatoren ab dem 01.01.2000 nicht mehr verwendet werden.

## 5.3 Hydraulikflüssigkeiten im Untertagebergbau

(1) Hydraulikflüssigkeiten im Untertagebergbau müssen hinsichtlich der brandtechnischen, technologischen und bergbauhygienischen Eigenschaften den Kriterien des 7. Luxemburger Berichtes entsprechen. Ausnahmen sind nur aufgrund bergpolizeilicher Vorschriften möglich.

(2) Ab 1984 wurden im Steinkohlenbergbau unter Tage die PCB-haltigen Hydraulikflüssigkeiten durch PCB-freie Hydraulikflüssigkeiten ersetzt. Bis Ende 1989 war diese Umstellung abgeschlossen. Die als Ersatzstoffe verwendeten Tetrachlorbenzyltoluole (Ugilec 141) werden seit 1990 auch nicht mehr eingesetzt.

(3) Es ist aber nicht auszuschließen, dass mit Polychlorierten Biphenyle bzw. Polychlorierten Diphenylmethane (PCDM) verunreinigte Betriebsmittel (> 50 ppm PCB/PCDM) weiterhin in Betrieb sind.

(4) Anwendungsgebiete sind:

- Seilbahnhäspel
- Walzenschrämlader
- Bremsgeräte an Förderbändern
- Blindschacht-Förderanlagen
- Strömungskupplungen

## **6 Ersatzstoffe und Ersatzverfahren**

### **6.1 Kondensatoren**

Es werden als Imprägniermittel entweder einige der unter Nummer 6.4 aufgeführten Stoffe eingesetzt oder Ersatzverfahren angewandt.

#### **6.1.1 Ersatzstoffe**

Die nach 1984 eingesetzten Imprägniermittel unterscheiden sich in einigen Eigenschaften von den Askarelen und sind nicht mehr schwer entflammbar.

#### **6.1.2 Ersatzverfahren**

Im Niederspannungsbereich (kleiner als 1.000 V Wechselspannung) werden MKK-Kondensatoren eingesetzt. Diese besitzen eine Kunststoff-Folie, auf die Metallbeläge aufgedampft sind. Die Folie dient als Träger und als Dielektrikum. Diese Kondensatoren enthalten kein flüssiges Tränkmittel mehr.

### **6.2 Transformatoren**

Es werden als Kühlmittel entweder einige der unter Nummer 6.4 aufgeführten Stoffe eingesetzt oder Ersatzverfahren angewandt.

#### **6.2.1 Ersatzstoffe**

(1) Ab 1984 werden flüssigkeitsgekühlte Transformatoren ausschließlich mit anderen Kühlmitteln in den Verkehr gebracht. Je nach Einsatz, Ort und Zweck werden Ersatzstoffe eingesetzt, die nach ihrem Brennpunkt kleiner/größer 300°C unterschieden werden.

(2) Ein einfacher Austausch der Isolierflüssigkeit ist nur dann zulässig, wenn deren PCB-Gehalt unter 2.000 mg/kg Isolierflüssigkeit liegt und 6 Monate nach der Auswechslung ein Restgehalt unter 50 mg PCB/kg Isolierflüssigkeit nachgewiesen wird. Erst, wenn dieser Nachweis erbracht ist, darf die Kennzeichnung "PCB-Transformator" entfallen. Für Transformatoren mit Ersatzstoffen, deren Brennpunkt < 300°C ist, müssen brandschutztechnische Vorsorgen getroffen (DIN/VDE 0101) werden. Auflagen nach dem Wasserhaushaltsgesetz sind ebenfalls zu erfüllen.

(3) Transformatoren die Flüssigkeiten mit einem Brennpunkt > 300 °C enthalten, können ersatzweise für Askareltransformatoren und mit PCB verunreinigte flüssigkeitsgefüllte Transformatoren eingesetzt werden.



### 6.2.2 Ersatzverfahren

(1) Aufgrund der technischen Entwicklung wurden folgende Trocken-Transformantorentypen entwickelt, die keine flüssigen Isolier-/Kühlmittel mehr enthalten:

- gasisolierte Transformatoren (z. B. mit Luft)
- feststoffisolierte Transformatoren (Wicklungen, z. B. in Gießharz eingegossen)
- kombinierte Verfahren.

(2) Die Substitution von Askarel-Transformatoren durch Trockentransformatoren (oder entsprechend Nummer 6.2.1 Flüssigkeiten mit einem Brennpunkt  $> 300^{\circ}\text{C}$ ) ist dann unumgänglich, wenn die für flüssigkeitsgefüllte (Brennpunkt  $< 300^{\circ}\text{C}$ ) Transformatoren bei Aufstellung im Innenraum geforderte bauliche Abtrennung und weitere Auflagen nicht erfüllt werden können (siehe auch DIN/VDE 0101).

### 6.2.3 Reinigung und/oder Befüllung durch Ersatzstoffe (Retrofilling)

(1) Bei PCB-kontaminierten isolierflüssigkeitsgefüllten Transformatoren kann durch Reinigung (z. B. chemische Umwandlungen, Filtration über Aktivkohle) PCB (und andere Chlorverbindungen) entfernt werden.

(2) Askarel-Transformatoren und im Sinne der PCB-Verbots-Verordnung gleichgestellte Transformatoren können durch gerätetechnischen Umbau und entsprechende Spülung und/oder Reinigung mit Ersatzflüssigkeiten - bei einer entsprechenden Anzeige an die Behörde (Gewerbeaufsicht) - weiter verwendet werden.

(3) Die Reinigung und anschließende Neubefüllung von Transformatoren, die Isolierflüssigkeiten mit mehr als 1.000 mg/kg PCB enthalten und für Reinigungsverfahren, die zur unmittelbaren Zerstörung der in der Isolierflüssigkeit enthaltenen PCB führen, ist möglich, wenn

1. die PCB-Konzentration der Isolierflüssigkeiten nach Beendigung des Reinigungsprozesses, der einmaligen Neubefüllung mit Isolierflüssigkeiten, die kein PCB enthalten, und erforderlichenfalls einer Nachreinigung ohne Neubefüllung den Grenzwert 50 mg PCB/kg Isolierflüssigkeit (siehe Nummer 6.2.1) dauerhaft nicht überschritten wird,
2. die insgesamt bei der Entleerung und Reinigung anfallende Menge flüssiger Abfälle das 1,2-fache der maximal zulässigen Füllstandsmenge des Transformators nicht überschreitet,
3. die ordnungsgemäße Entsorgung der anfallenden Abfälle sichergestellt ist,
4. die bei Außerbetriebnahme des gereinigten Transformators anfallende Isolierflüssigkeit ordnungsgemäß verwertet wird, und
5. Gefahren für Leben und Gesundheit des Menschen oder für die Umwelt nicht zu besorgen sind.

(4) Die zulässigen Grenzwerte, Bedingungen, Fristen und Genehmigungen sind der Chemikalien-Verbots-Verordnung und dem Anhang IV Nr. 14 der Gefahrstoffverordnung zu entnehmen.

### 6.3 Hydraulikflüssigkeiten im Untertagebergbau

(1) 1986 sind PCB-haltige Hydraulikflüssigkeiten aus der Liste der zugelassenen Hydraulikflüssigkeiten gestrichen worden. Wasserfreie mineralöhlhaltige Hydraulikflüssigkeiten dürfen im Untertagebetrieb des Steinkohlebergbaus nicht verwendet werden. Diese Hydraulikflüssigkeiten müssen den Kriterien des Siebten Luxemburger Berichtes entsprechen.

(2) Für die Verwendung im Untertagebergbau müssen Hydraulikflüssigkeiten von den Oberbergämtern im Einzelnen zugelassen werden.

#### 6.3.1 Ersatzstoffe

Im Zusammenhang mit gerätetechnischen Umbaumaßnahmen können neben Wasser auch weitere Stoffe als Ersatzstoffe (siehe unter Nummer 6.4) in Betracht kommen. Ersatzstoffe, außer Wasser, müssen von den Bergbehörden für die Verwendung unter Tage im Steinkohlenbergbau im Einzelnen zugelassen werden.

#### 6.3.2 Ersatzverfahren

Für die einzelnen Anwendungsgebiete kommen folgende Verfahren in Betracht:

- Seilbahnhäspel  
gerätetechnischer Umbau ermöglicht den Einsatz von HFC-Flüssigkeiten (Wasser-Glykol-Gemische) oder anderer zugelassener Ersatzflüssigkeiten. Eine denkbare Alternative sind auch stufenlos steuerbare elektrische Antriebe.
- Strömungskupplungen  
gerätetechnischer Umbau erlaubt den Betrieb mit Wasser oder Ersatz der Kupplungen durch elektrische Steuerung, z.B. Thyristor-Steuerung
- Walzenschrämlader  
Ersatz der Walzenschrämlader mit hydraulischem Antrieb durch solche mit elektromechanischem Antrieb und Befüllung der Hubzylinder mit Wasser-Glykol-Gemischen (HFC-Flüssigkeiten)
- Bremsgeräte an Förderbändern (Eldro-Geräte)  
Austausch der Bremsgeräte gegen solche, die mit HFC-Flüssigkeiten gefüllt werden können, oder Ersatz durch elektrische Bremsverfahren
- Blindschacht-Förderanlagen  
Ersatz der hydraulischen Förderanlagen durch solche mit elektrischer Steuerung

## 6.4 Liste der Ersatzstoffe

(1) Die Eigenschaften von PCB hinsichtlich der chemischen Stabilität und Schwerentflammbarkeit werden von den meisten Ersatzstoffen nicht erreicht. Diese Eigenschaften sind aus konstruktiven Gründen für einige Anwendungen nicht mehr von Bedeutung. Außerhalb des Untertagebergbaus muss der frühere brandschutz- und explosionsschutztechnische Sicherheitsstandard gegebenenfalls durch andere geeignete technische Maßnahmen erreicht werden.

(2) Bei der Auswahl der Ersatzstoffe ist in jedem Einzelfall sorgfältig zu prüfen, ob ein Stoff im Hinblick auf seine Auswirkungen auf die Anlagen, die Verfahren und die technischen Anwendungsmöglichkeiten geeignet ist. Bei der Auswahl der Ersatzstoffe ist das unterschiedliche biologische Gefährdungspotential bei der Herstellung, Verwendung und Entsorgung zu beachten.

(3) Bei einigen Ersatzstoffen sind die für eine toxikologische und ökologische Bewertung notwendigen Daten nicht erbracht.

(4) Die nachfolgenden beiden Tabellen sind eine Hilfe bei der Auswahl der in Frage kommenden Ersatzstoffe. Tabelle 1 beinhaltet eine Bewertung der möglichen Ersatzstoffe nach folgenden Kriterien:

- geeignet
- geeignet unter gewissen Randbedingungen
- nicht geeignet (aufgrund sicherheitstechnischen, toxikologischer oder ökotoxikologischer Eigenschaften)
- nicht bewertbar (aufgrund fehlender Stoffinformationen)

(5) Grundsätzliche Bemerkungen zu der Bewertung "nicht bewertbar":

Bei allen Stoffen, die als "nicht bewertbar (aufgrund fehlender Stoffinformationen)" eingeordnet wurden, fehlen einige Untersuchungen auf bestimmte gefährliche Eigenschaften. Die fehlenden Untersuchungen sind in Kapitel 10 "Toxikologische und ökotoxikologische Begründungen" dieser TRGS aufgeführt. Möglicherweise genügen bei einigen dieser Stoffe bzw. Zubereitungen relativ einfache Tests, damit diese Stoffe oder Zubereitungen in die Gruppe I oder II umgruppiert werden können. Der Umfang dieser notwendigen Untersuchungen kann beim Arbeitskreis "Toxikologie" des Ausschusses für Gefahrstoffe nachgefragt werden.

(6) Tabelle 2 gliedert die in Betracht kommenden Ersatzstoffe nach den Anwendungsbereichen

- Kondensatoren,
- Transformatoren,
- Untertagebau (5 spezielle Anwendungen)

auf.

(7) Die Daten über die Stoffcharakteristik, die physikalisch-chemischen Eigenschaften, die sicherheitstechnische Bewertung sowie die Hinweise auf Gesundheitsgefahren und Umweltgefährlichkeit der einzelnen Stoffe sind den Toxikologischen Begründungen zu entnehmen.

Tabelle 1 zu Nummer 6.4

**Bewertung der möglichen Ersatzstoffe**

	geeignet	geeignet unter gewissen Randbedingungen	nicht geeignet (aufgrund sicherheitstechnischer, toxikologischer oder ökotoxikologischer Eigenschaften)	nicht bewertbar (aufgrund fehlender Stoffinformationen)
Alkylierte Aromaten				X
Alkylierte Diphenyle				X
Isopropylbiphenyl				X
Alkylierte Naphtaline <sup>2</sup>				X
Benzyltoluol, Dibenzyltoluol				X
Butylierte Monochlor-diphenylether			X	
Chlorbenzole			X 3) 7) 8)	
Wasser-Glykol-Gemische	X			
Chlorierte Paraffine			X	
Cumyl-Phenyl-Ethan				X
Diarylethane Phenylxylylethan <sup>2</sup> )				X
Dibrombenzyltoluol			X 9)	
Ditolylether		X 1)		
Fettsäureester und Alkylbenzole				X
Fettsäureester		X 1) 5)		X 5)
Mineralöle				
Oligochlorbenzyl-toluole			X 9)	
Pentaerythrit-Ester	X			
Phosphatester			X 4)	
Phthalate				
Dibutylphthalat			X	
Diethylphthalat			X	
Dimethylphthalat				X
Diethylhexylphthalat				X
Polydimethylsiloxane				
Polyglykole				X 10)
Rizinusöle	X 6)			
Tetrachlorethylen			X 7) 8) 11)	
Chlorfluorkohlenwasserstoffe			X	

**Fußnoten (Tabelle 1 zu Nummer 6.4.)**

- 1) Besondere Maßnahmen wegen Wassergefährdung erforderlich
- 2) Technisch nicht geeignet
- 3) Trichlorbenzol kann zur Zeit noch als Nachfüllmittel für mit PCB gefüllte Transformatoren angewandt werden
- 4) Wegen Nichterfüllung der Brandtechnischen Auflagen des derzeit gültigen 7. Luxemburger Berichtes im Untertagebereich nicht anwendbar
- 5) Sicherheitstechnische Probleme (Brandgefahr)
- 6) Naturstoff - nach dem derzeitigen Erkenntnisstand sind keine Gesundheitsschäden bekannt
- 7) siehe TRGS 900 und Anhang 3 zu TRGS 500
- 8) Im früheren Anhang VI der Gefahrstoffverordnung genannt. Der bisherige Anhang VI der Gefahrstoffverordnung, der aus den EG-Richtlinien die Liste der in der EG verbindlich eingestufteten gefährlichen Stoffe übernommen hatte, wurde zum 01.11.1993 aufgehoben und durch einen Verweis auf die zugrundeliegenden EG-Richtlinien ersetzt. Die Liste soll außerhalb der Verordnung durch Veröffentlichung im Bundesanzeiger zugänglich gemacht werden.
- 9) Die Herstellung und Verwendung dieser Stoffe ist nach Anhang IV Nr. 18 GefStoffV verboten. Eine Ausnahme besteht nach § 54 Abs. 6 GefStoffV für Monomethyltetrachlordiphenylmethan bis zum 31.12.1996 in Anlagen, die sich am 18.06.1994 bereits im Betrieb befanden. Das Inverkehrbringen dieser Stoffe ist nach der Chemikalien-Verbots-Verordnung, Abschnitt 19, ab dem 18.06.1994 verboten.
- 10) Aufgrund der fehlenden Angaben über die zugesetzten Additive
- 11) Das Tetrachlorethylen wird in einigen Reinigungsverfahren (z. B. Retrofilling) von Transformatoren als Extraktionsmittel und während des Verfahrens als Kühlmittel verwendet. Dieser Stoff ist für diesen begrenzten Einsatzzweck geeignet.

Tabelle 2 zu Nummer 6.4

## Für PCB in Betracht kommende Ersatzstoffe - aufgegliedert nach Anwendungsbereichen

Ersatzstoff	Anwendungsbereich						
	Konden- satoren	Transfor- matoren	Untertagebergbau				
			Seilbahn- häspel	Strö- mungskup- plungen	Walzen- schrämlader	Brems- geräte an Förder- bändern	Blind- schacht- Förder- anlagen
Alkylierte Aromaten	A.m.	A.m.					
Alkylierte Diphenyle Isopropylbiphenyl	A.m. A.m.						
Alkylierte Naphthaline	-----	-----					
Benzyltoluol, Dibenzyltoluol	A.m.						
Butylierte Mono- chlordiphenylether	-----						
Chlorbenzole	-----	-----					
Wasser-Glykol- Gemische (HFC-Flüssigkeiten)			A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.
Chlorierte Paraffine	-----						
Cumyl-Phenyl-Ethan	-----						
Diarylethane, Phenylxy- lylethan	A.m.						
Dibrombenzyltoluol <sup>2</sup>							
Ditolylether	A.m.	-----					
Fettsäureester und Al- kylbenzole	-----						
Fettsäureester	-----						
Mineralöle <sup>3)</sup>		A.m.					
Oligochlorbenzyl-toluole	-----	-----					
Pentaerythrit-Ester		A.m.					
Pentaerythrit-Ester							
Phosphatester <sup>1)</sup>							
Phthalate	A.m.						
Polydimethylsil- oxane (PDMS)	A.m.	A.m.					
Polyglykole	A.m.		A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.	A.t.m.
Rizinusöle							
Tetrachlorethylen		-----					
Chlorfluorkohlen- was- serstoffe		-----					

- 1) Reine Phosphatester haben die sicherheitstechnischen Prüfungen nach dem 6. Luxemburger Bericht nicht bestanden.
- 2) Zulassung nur bis zum 31.12.1989
- 3) Mineralöle sind in den Normen DIN/VDE 0370 festgelegt. Siehe auch Ölbuch der VDEW Teil 2, Ausgabe 6, 1982

keine Anwendung möglich oder bekannt

----- Kondensatoren,

die mit diesen Stoffen getränkt sind, haben in der Bundesrepublik Deutschland keine wirtschaftliche Bedeutung.

----- Transformatoren,

die mit diesen Stoffen als alleinige Isolierflüssigkeit gefüllt sind, werden in der Bundesrepublik Deutschland nicht hergestellt bzw. eingesetzt.

A.t.m. Anwendung einschließlich systembedingter Umbaumaßnahmen an den Geräten; bei geringeren Anforderungen möglich (Viskositätsprobleme)

A.m. Anwendung möglich

## **7 Verwendungsbeschränkungen (Verwendungsverbote)**

**7.1** Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz vom 26. Oktober 1993 (Bundesgesetzblatt I S. 1782) sowie Verordnung über die Neuordnung und Ergänzung der Verbote und Beschränkungen des Herstellens, Inverkehrbringens und Verwendens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach § 17 Chemikaliengesetz vom 14. Oktober 1993 (Bundesgesetzblatt I S. 720).

### **7.2 EG-Richtlinie:**

Richtlinie des Rates vom 18. Juni 1991 (91/339/EWG) zur elften Änderung der Richtlinie in Verbindung mit der Richtlinie des Rates vom 21. Dezember 1989 (89/677/EWG) zur achten Änderung der Richtlinie 76/769/EWG in Verbindung mit der Richtlinie des Rates vom 1. Oktober 1985 (85/467/EWG) zur sechsten Änderung, zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Beschränkungen des Inverkehrbringens und der Verwendung gewisser gefährlicher Stoffe und Zubereitungen.

### 7.3 Bergrechtliche Vorschriften, z. B.:

Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): "Sammelliste der vom Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen zugelassenen schwerentflammenden Hydraulikflüssigkeiten"; Bellman-Verlag, Dortmund 1986.<sup>3</sup>

### 7.4 Ausnahmen:

(1) Aufgrund der Verordnung zum Verbot von polychlorierten Biphenylen, polychlorierten Terphenylen und zur Beschränkung von Vinylchlorid (PCB-, PCT- und VC-Verbotsverordnung; Bundesgesetzblatt, Jahrgang 1989, Teil 1, Seite 1482) wurden die Anwendungsgebiete von PCB beschränkt und zeitlich befristet. Es wurde verboten, Zubereitungen und Erzeugnisse von trichlorierten und höher chlorierten Biphenylen (PCB) gewerbsmäßig, im Rahmen sonstiger wirtschaftlicher Unternehmen oder unter Beschäftigung von Arbeitnehmern herzustellen, in den Verkehr zu bringen oder zu verwenden.

(2) In der Chemikalien-Verbots-Verordnung werden die früheren Ausnahmen wie folgt eingeschränkt. Ausnahmen bestehen für

1. die vorübergehende außerbetriebliche Überlassung von Askarel-Transformatoren zum ausschließlichen Zweck einer zulässigen Instandhaltung, Beförderung, Neubefüllung oder Reinigung und
2. Das Inverkehrbringen zum Zwecke der thermischen Verwertung in einer nach § 6 oder § 15 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes genehmigten oder nach § 7 des Abfallgesetzes planfestgestellten Anlage

(3) Die zuständige Behörde kann für einen Zeitraum von bis zu zwei Jahren Ausnahmen von dem Verbot des Inverkehrbringens zulassen, sofern die Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse zum Zweck der Verarbeitung unter chemischer Umwandlung des in ihnen enthaltenen PCB als Ausgangs- oder Zwischenprodukte in einer nach § 6 oder § 15 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes genehmigten Anlage eingesetzt werden soll, und die Endprodukte nicht mehr als 50 mg/kg PCB enthalten. Dieser Zeitraum kann jeweils um ein Jahr verlängert werden.

(4) In besonders begründeten Einzelfällen kann die zuständige Behörde längstens für 5 Jahre mit der Möglichkeit der Verlängerung das Inverkehrbringen der PCB-haltigen Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse genehmigen, wenn

1. PCB-haltige Hydraulikflüssigkeiten für untertägige Bergwerksanlagen gegen Hydraulikflüssigkeiten, die kein PCB enthalten und weniger gefährlich sind als PCB ausgetauscht werden sollen, oder

---

<sup>3</sup> Innerhalb des Bergbaubereichs dürfen nur schwerentflammende Hydrauliköle verwandt werden, wenn sie durch ein besonderes Verfahren zugelassen sind. Zuständig für die Zulassung sind jeweils die einzelnen Oberbergbehörden.



2. PCB-haltige Transformatoren zum Ausgleich des normalen Schwundes der Kühlflüssigkeit mit Stoffen oder Zubereitungen, die kein PCB enthalten und weniger gefährlich sind als PCB oder PCT, wieder aufgefüllt werden sollen, sofern sich die Geräte in gutem Betriebszustand befinden.

## 8 Entsorgungshinweise

(1) PCB-haltige Stoffe und Erzeugnisse (> 50 mg/kg) sind besonders überwachungsbedürftige Abfälle. Daher müssen PCB-haltige Stoffe in einem besonderen Verfahren <sup>4</sup> entsorgt werden. Zur Entsorgung PCB-haltiger Sonderabfälle existieren mehrere Merkblätter und Empfehlungen. Nachfolgend sind beispielhaft ein Merkblatt und eine Empfehlung zitiert.

(2) Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA):

"Beseitigung PCB-haltiger Abfälle", Oktober 1984.

"Behandlung und Entsorgung von Transformatoren mit PCB-haltiger oder PCB-kontaminierter, mineralöhlhaltiger oder synthetischer Isolierflüssigkeit (z. Z. in Überarbeitung)"

(3) Vereinigung Deutscher Elektrizitätswerke e.V. (VdEW),

Vereinigung industrielle Kraftwirtschaft e.V. (VIK):

"Empfehlungen zur künftigen Behandlung PCB-befüllter elektrischer Geräte - Aska-rele in elektrischen Betriebsmitteln", November 1983. Abschnitt 4.

## 9 Literaturhinweise

### Allgemein

1. "Ersatzstoffe für in Kondensatoren, Transformatoren und als Hydraulikflüssigkeiten im Untertagebergbau verwendete polychlorierte Biphenyle"; Texte 28/93, Umweltbundesamt Berlin, 3. Auflage (Texte 57/93 in englisch).
2. G. Geschefsky: "Wie gefährlich sind Clophen-Unfälle wirklich?"; in: sicher ist sicher, 7-8/88, S. 357 - 359.
3. "PCB in elektrischen Anlagen"; Beratungsgesellschaft für Risikovorsorge im industriellen Bereich mbH, Frankfurt/Main.
4. Ing. Kurt Nowak: "PCB in der Elektroinstallation"; in: der elektromeister + deutsches elektrohandwerk, Heft 21/86, S. 1539 - 1546.

---

<sup>4</sup> TRGS 518: Schutzmaßnahmen von PCDD oder PCDF-verunreinigten Elektroisolierflüssigkeiten und elektrischen Betriebsmitteln, die solche enthalten (Ausgabe April 1994 BArbBI Heft 4/1994, Seite 52). Siehe auch Chemikalien-Verbots-Verordnung, Absch

5. Dipl.-Ing. A. Schweizer: "Betrachtungen zur Dioxin-Furan-Sanierung", in: Moderne Unfallverhütung, Heft 35, Seite 37 - 43.
6. Consultant J. Bastian: "Die sicherheitstechnische Bedeutung der Stoffeigenschaften von elektrischen Isolierflüssigkeiten", in: Moderne Unfallverhütung, Heft 35, Seite 52 - 56.
7. P.-J. Jansing/R. Korff: "Dioxinbelastung und Gesundheitsstörungen - eine Untersuchung 2, 3, 7, 8-TCDD-exponierter Arbeitnehmer", in: Zbl Arbeitsmed 42 (1992), Seiten 494 - 497.

### **Anwendungsbereich Kondensatoren**

1. R. Kron: "Tränkmittel für moderne Kondensatorendielektrika"; in: Elektrotechnische Zeitschrift, 10/1983, S. 480 - 483.
2. G. Madama: "Kleiner ohne PCB. Die Kondensatorentwicklung nach dem Verzicht auf PCB"; in: Elektrotech. 63 (1981) H.5, S. 38 - 41

### **Anwendungsbereich Transformatoren**

1. R. Pfeiffer, K. Soldner: "Askarelgefüllte Transformatoren - Betriebsrisiko oder Zwang zur Substitution"; in: Elektrizitätswirtschaft, Heft 7/März 1984.
2. K. Soldner: "Elektroisolierflüssigkeiten für Transformatoren - Tendenzen in der Entwicklung, Prüfung und Anwendung"; in: Elektrizitätswirtschaft, Heft 8, Jg. 83 (1984).
3. J. Kotschnigg: "Besondere Probleme der Askarel-Transformatoren"; in: Der Maschinenschaden 58 (1985), Heft 2.
4. Peter Preiss: "Siliconöle in Transformatoren", in: Elektrotechnische Zeitschrift "etz" Heft 7/1981, VDE-Verlag GmbH, Berlin und Offenbach.
5. Peter Preiss/Walter Holoubek: "Dielektrische Kühlflüssigkeit für Transformatoren", in: "Der Nahverkehr", Nr. 1/89, Seiten 44 - 50, Alba Fachverlag, Römerstraße 9, 4000 Düsseldorf 30.
6. Jürgen Dirnböck/Peter Preiss/Hans-Wilhelm Schiffer/Richard Schmitz: "Der Silikontransformator im Brandgeschehen", in: "Elektrotechnische Zeitschrift", Heft 16/1984, VDE-Verlag GmbH, Berlin und Offenbach.
7. VWEW-Fachthemen, Schriftenreihe Band 3: "Umweltschonende Ölbewirtschaftung in der Stromerzeugung und Verteilung", in: Strom und Fernwärme aktuell - 1991 -

## **Anwendungsbereich Hydraulikflüssigkeiten im Untertagebergbau**

1. A. Poppe et.al.: "Umweltgefährdung durch chlorierte Diphenylmethane (Ugilec 141)"; in: Vom Wasser, 70, 33-42 (1988).
2. Dr. W. Engel/H. Kihl: "Schwerentflammbare und gesundheitsunschädliche Hydraulikflüssigkeiten des Typs HFD für den Berg bau"; in: Glückauf 123 (1987) Nr. 22, S. 1423 - 1426.
3. Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen (Hrsg.): "Sammelliste der vom Landesoberbergamt Nordrhein-Westfalen zugelassenen schwerentflammbaren Hydraulikflüssigkeiten"; Bellman-Verlag, Dortmund 1986.

## **10 Toxikologische und ökotoxikologische Begründungen**

Die folgenden toxikologischen Begründungen wurden vom BK "Toxikologie" des AGS und Vertretern des Umweltbundesamtes erarbeitet. Diese Begründungen erläutern insbesondere die Bewertung der Tabellen in Nummer 6.4 (siehe Nummer 9 "Literaturhinweise": Allgemein Nr. 1).