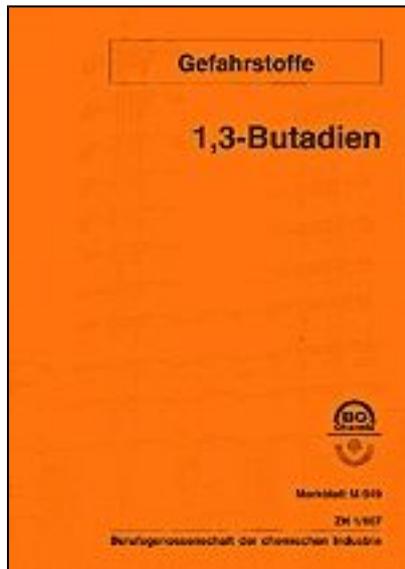


# Gefahrstoffe

## 1,3-Butadien



M 049  
(vorherige ZH 1/107)  
Stand: Januar 1998

Benutzerseitig zusammengestellter Auszug  
via [www.kompendium-as.de](http://www.kompendium-as.de)  
erstellt am 01. März 2007

aus dem Kompendium Arbeitsschutz  
Umfang: 33 Seiten

Alle Rechte vorbehalten.



Postfach 103140  
69021 Heidelberg  
Tel. 06221-1451-0  
Fax 06221-27870  
E-Mail: [support@jedermann.de](mailto:support@jedermann.de)

# Inhaltsverzeichnis dieses Ausdrucks

Deckblatt	3
1 Anwendungsbereich	3
2 Eigenschaften und Nachweis	3
2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften	3
2.2 Nachweis	4
3 Kenndaten	4
3.1 Physikalische und chemische Kenndaten	5
3.2 Kenndaten aus Regelwerken	6
4 Verwendung	7
5 Gesundheitsgefahren	7
5.1 Aufnahme und Wirkungsweise	7
5.2 Akute Gesundheitsgefahren	8
5.3 Chronische Gesundheitsgefahren	8
6 Ermittlung und Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen (Gefährdungsbeurteilung)	8
7 Schutzmaßnahmen	9
7.1 Allgemeines	9
7.2 Arbeitsbereichsüberwachung	10
7.3 Technische Schutzmaßnahmen	10
7.3.1 Anlagen, Rohrleitungen und Verfahren	10
7.3.2 Laboratorien	12
7.3.3 Arbeits- und Lagerräume	13
7.3.4 Umfüllen	13
7.3.5 Aufbewahren, Lagern, Transport	15
7.3.6 Werkstoffe	16
7.3.7 Reinigung	17
7.3.8 Entsorgen von Abfällen und Rückständen	17
7.3.9 Brand- und Explosionsschutz	17
7.3.10 Verhalten bei Gasausbrüchen	18
7.3.10.1 Alarmierung	18
7.3.10.2 Allgemeingültige Maßnahmen	18
7.3.11 Dimerisierung, Bildung von plastic polymer und popcorn	19
7.3.12 Butadien-Peroxid	19
7.3.13 Instandhaltung	20
7.3.14 Arbeiten in Behältern und engen Räumen	21
7.3.15 Abluft, Wasser	21
7.3.16 Mischungen mit anderen Gasen	21
7.4 Organisatorische Schutzmaßnahmen	21
7.4.1 Allgemeines	21
7.4.2 Anzeigepflicht	22
7.5 Persönliche Schutzmaßnahmen	24
7.5.1 Atemschutz	24
7.5.2 Augenschutz	24
7.5.3 Körperschutz	25
7.5.4 Hygiene	25
7.6 Kennzeichnung	25
7.7 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen	26
8 Erste Hilfe	27
8.1 Allgemeines	27
8.2 Augen	27
8.3 Atmungsorgane	28
8.4 Haut	28
Anhang	28
Änderungen gegenüber der Vorfassung	33

Die in diesem Merkblatt enthaltenen technischen Lösungen schließen andere, mindestens ebenso sichere Lösungen nicht aus, die auch in technischen Regeln anderer Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder anderer Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum ihren Niederschlag gefunden haben können.

In diesem Zusammenhang wird auf § 2 Abs. 2 und § 5 Satz 2 der Unfallverhütungsvorschrift „Allgemeine Vorschriften“ verwiesen.

Prüfberichte von Prüflaboratorien, die in anderen Mitgliedstaaten der Europäischen Union oder in anderen Vertragsstaaten des Abkommens über den Europäischen Wirtschaftsraum zugelassen sind, werden in gleicher Weise wie deutsche Prüfberichte berücksichtigt, wenn die den Prüfberichten dieser Stellen zugrundeliegenden Prüfungen, Prüfverfahren und konstruktiven Anforderungen denen der deutschen Stelle gleichwertig sind. Um derartige Stellen handelt es sich vor allem dann, wenn diese die in der Normenreihe **EN 45000** niedergelegten Anforderungen erfüllen.

## 1 Anwendungsbereich

Das Merkblatt behandelt den Umgang mit 1,3-Butadien und Gemischen mit > 0,1 % 1,3 Butadien sowie Tätigkeiten in deren Gefahrenbereich.

Als Ergänzung der Betriebsanweisung kann es den Beschäftigten zur Information über Gefährdungsmöglichkeiten und Schutzmaßnahmen dienen.

In erster Linie soll es jedoch den Vorgesetzten unterstützen bei der

- Ermittlung und Beurteilung der Gefahren, einschließlich der Prüfung, ob Ersatzstoffe oder -verfahren vorhanden sind und angewendet werden können
- Festlegung der zum Schutz des Menschen und der Umwelt erforderlichen Maßnahmen und Verhaltensregeln
- Festlegung des Verhaltens im Gefahrenfall
- Festlegung der Erste-Hilfe-Maßnahmen
- Festlegung der sachgerechten Entsorgung
- Ausarbeitung der Betriebsanweisung und
- Durchführung der mündlichen Unterweisungen.

## 2 Eigenschaften und Nachweis

### 2.1 Physikalische und chemische Eigenschaften

1,3-Butadien ist bei Normalbedingungen ein farbloses Gas mit schwach süßlichem Geruch. Der Geruchsschwellenwert wird mit  $0,16 \text{ ml/m}^3$  angegeben (**83**).

Es ist hochentzündlich und bildet mit Luft explosionsfähige Gemische.

Die Mischbarkeit mit Wasser ist gering (siehe [Abschnitt 3.1](#)); besser löst sich 1,3-Butadien in Methanol und Ethanol, gut in aromatischen Kohlenwasserstoffen, in Chloroform und hochsiedenden polaren Lösemitteln.

1,3-Butadien besitzt mehrere Reaktionszentren und ist daher sehr reaktionsfreudig. Von technischer Bedeutung sind Additions- (u.a. Polymerisation) und Ringbildungsreaktionen.

Bei Erwärmung kann Butadien unter starker Wärmeentwicklung polymerisieren.

Peroxide, Sauerstoff, verschiedene Metallverbindungen wie Aluminiumchlorid, Eisenchlorid, wirken als Katalysatoren zur Einleitung der Polymerisation. Einige Polymere weisen gefährliche Eigenschaften auf ([Abschnitt 7.3.11](#)).

Mit Luftsauerstoff oder in Gegenwart anderer Sauerstoffträger, wie z. B. Rost, bildet unstabilisiertes oder nicht ausreichend stabilisiertes 1,3-Butadien Peroxide ([Abschnitt 7.3.12](#)) oder verschiedene Polymere ([Abschnitt 7.3.11](#)).

Geeignete Inhibitoren sind in [Abschnitt 7.3.12](#) aufgeführt.

## 2.2 Nachweis

Erprobte und von den Berufsgenossenschaften anerkannte Verfahren zur Bestimmung von 1,3-Butadien in Arbeitsbereichen: [\(80\)](#)

Diskontinuierliche Verfahren

Es sind personenbezogene oder ortsfeste Probenahmen für Messungen zur Beurteilung von Arbeitsbereichen ([Abschnitt 7.2](#)) möglich:

- Probenahme mit Pumpe und Adsorption an Aktivkohle
- Gaschromatographie nach Desorption mit einem schwerflüchtigen Lösemittel.

Für Messungen zur Beurteilung von Arbeitsbereichen sind Prüfröhrchen nicht geeignet.

Für die Suche nach Undichtigkeiten in Anlagen oder für Kontrollmessungen bei Reinigungs- und Reparaturarbeiten sowie zur Orientierung können Gasdetektoren\*) sowie Prüfröhrchen in Verbindung mit Vorwissen verwendet werden.

Kontinuierliche Verfahren

Zur Konzentrationsüberwachung in Arbeitsbereichen ([Abschnitt 7.2](#)) können ortsfeste Prozeßgaschromatographen eingesetzt werden.

Anforderungen an Meßstellen zur Durchführung der Messungen gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz enthält die [TRgA 400](#).

Geeignete Meßinstitute sind der Liste geeigneter Meßstellen zu entnehmen ([84](#)).

## 3 Kenndaten

Herstellernachweis durch BG Chemie

### 3.1 Physikalische und chemische Kenndaten

		<i>Quelle</i>
Summenformel	C <sub>4</sub> H <sub>6</sub>	
Strukturformel	H <sub>2</sub> C = CH - CH = CH <sub>2</sub>	
CAS-Nummer	106-99-0	(13) (54)
Molare Masse	54,092 kg/kmol	(69)
Schmelzpunkt bei 1,013 bar	108,9 °C	(78)
Siedepunkt bei 1,013 bar	4,4 °C	(78)
Dichte flüssig bei 0 °C	0,6452 g/cm <sup>3</sup>	(69)
20 °C	0,6211 g/cm <sup>3</sup>	(69)
25 °C	0,6194 g/cm <sup>3</sup>	(69)
Relative Gasdichte (Luft = 1)	1,9	(69)
Dampfdruck bei 20 °C	2351 mbar	(69)
40 °C	4288 mbar	(69)
60 °C	7247 mbar	(69)
Viskosität flüssig bei 0 °C	0,25 mPa · s	(69)
40 °C	0,20 mPa · s	(69)
Löslichkeit in Wasser bei 20 °C	0,23 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	(69)
40 °C	0,16 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	(69)
Polymerisationswärme	72,4 ± 0,8 kJ/mol	(85)
Kritische Temperatur	152 °C	(69)
Kritischer Druck	43,2 bar	(69)
Kritische Dichte	0,245 g/cm <sup>3</sup>	(69)
Flammpunkt	85 °C	(74)

Zündtemperatur	415 °C	(74)
Explosionsgrenzen (Zündgrenzen) in Luft bei 20 °C und		
1,013 bar                      untere Grenze	1,4 Vol.-% = 31 g/m <sup>3</sup>	(69)
obere Grenze	16,3 Vol.-% = 365 g/m <sup>3</sup>	(69)
Geruchsschwellenwert	0,16 ml/m <sup>3</sup>	(83)

### 3.2 Kenndaten aus Regelwerken

		Quelle
Index-Nummer	601-013-00-X	(2)
EG-Nummer	203-450-8	(2)
UN-Nummer	1010	(71)
TRK-Wert		
- Aufarbeitung nach Polymerisation, Verladung	15 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\hat{=}$ 34 mg/m <sup>3</sup>	(13) (54)
- im übrigen	5 ml/m <sup>3</sup> (ppm) $\hat{=}$ 11 mg/m <sup>3</sup>	(13) (54) (3)
Krebserzeugend	K2	(14) (54)
Spitzenbegrenzung	4	(13) (54)
Wassergefährdungsklasse	2	(29)
Kennzeichnung		
Gefahrensymbole	F+, T	(2)
R-Sätze	45 12	(2)
S-Sätze	53 45	(2)

Einordnung nach GGVS/ADR, GGVE/ RID und GGVBinSch/ADNR	Kl. 2 Ziffer 2F	(71)
Einordnung nach GGVSSee/IMDG- Code	Kl. 2.1 Seite 2110	(71)

## 4 Verwendung

Die bedeutendste Anwendung von 1,3-Butadien ist die Herstellung von synthetischem Kautschuk.

Durch Mischpolymerisation von 1,3-Butadien mit Styrol, Acrylnitril, Chloropren oder Methacrylat werden Kunststoffe für unterschiedliche Anwendungen gewonnen.

Weitere Anwendungsmöglichkeiten, die technische Bedeutung erlangt haben, sind die Herstellung von Hexamethyldiamin (für Nylon) und die Addition von Maleinsäureanhydrid an 1,3-Butadien zu Tetrahydrophthalsäureanhydrid.

Es wird außerdem eingesetzt bei der Herstellung verschiedener Zwischenprodukte, z. B. von Cycloolefinen, 1,4-Hexadien, Tetramethylsulfon.

## 5 Gesundheitsgefahren

1,3-Butadien ist unter Normalbedingungen ein farbloses Gas mit schwach süßlichem Geruch. Der Geruchsschwellenwert liegt bei 0,16 ml/m<sup>3</sup>. 1,3-Butadien ist sehr reaktionsfreudig, hochentzündlich und bildet mit Luft explosionsfähige Gemische.

1,3-Butadien wird im Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe **TRGS 905** als krebserzeugend in die Kategorie K2 (Stoffe, die als krebserzeugend für den Menschen angesehen werden sollten. Anhaltspunkte hierfür wurden aus geeigneten Langzeit-Tierversuchen und sonstigen relevanten Informationen gefunden) eingestuft. In der **TRGS 905** werden keine Angaben zu Fruchtschädigung, erbgutverändernder Wirkung oder Fruchtbarkeit verändernde Wirkung gemacht.

1,3-Butadien wird in der MAK-Werte-Liste (79) 1996 in Kategorie III A2 unter Stoffe, die bislang nur im Tierversuch sich nach Meinung der Kommission eindeutig als krebserzeugend erwiesen haben, und zwar unter Bedingungen, die der möglichen Exposition des Menschen am Arbeitsplatz vergleichbar sind eingeordnet.

Der TRK-Wert (Technische Richtkonzentration) für 1,3-Butadien beträgt derzeit 5 ml/m<sup>3</sup> (11 mg/m<sup>3</sup>) bzw. der TRK-Wert für die Aufarbeitung nach Polymerisation und das Verladen beträgt 15 ml/m<sup>3</sup> (34 mg/m<sup>3</sup>) (13) (54) (4).

### 5.1 Aufnahme und Wirkungsweise

1,3-Butadien wird durch die Atemwege in den Körper aufgenommen. Eine Aufnahme durch die Haut hat im Vergleich dazu keine praktische Bedeutung (81).

Aus Tierversuchen weiß man, daß 1,3-Butadien im Körper zu reaktiven Epoxiden metabolisiert wird. Die Metabolisierung scheint bei allen Spezies gleich zu verlaufen, Unterschiede zeigen sich in der Konzentration der verschiedenen Metaboliten (70) (4) (86).

## 5.2 Akute Gesundheitsgefahren

1,3-Butadien ist nur gering giftig. Eine mehrstündige Exposition gegenüber hohen Konzentrationen von mehreren 1000 ppm führt zu Reizerscheinungen an Auge, Haut, Nase und Rachen und zu geringfügigen Beeinträchtigungen der Psychomotorik. Narkotische Wirkungen von sehr hohen 1,3-Butadien-Konzentrationen werden beschrieben (70) (4) (86) (75).

Flüssiges 1,3-Butadien kann zu Erfrierungen führen!

Das Verspritzen butadienhaltiger Flüssigkeiten oder Aerosole kann Augenreizungen verursachen.

## 5.3 Chronische Gesundheitsgefahren

Auch nach wiederholter Exposition gegenüber 1,3-Butadien wurde keine kumulative Wirkung beobachtet. Es gibt keine Berichte über tödlich verlaufene Vergiftungen. Im Tierexperiment hat sich 1,3-Butadien als krebserzeugend erwiesen. Sowohl 1,3-Butadien als auch sein Metabolit 1,2-Epoxybuten-3 sind direkt mutagen (75) (70) (4) (70).

## 6 Ermittlung und Beurteilung von Gefährdungen und Belastungen (Gefährdungsbeurteilung)

Nach §§ 5 und 6 des Arbeitsschutzgesetzes vom 21. August 1996 ist der Unternehmer verpflichtet, eine Bewertung der Gefährdungen und Belastungen am Arbeitsplatz durchzuführen, z.B. für mechanische, elektrische und physische Belastungen sowie für Belastungen durch Gefahrstoffe (10). Bereits vorliegende Ergebnisse aus Anforderungen anderer Vorschriften (z.B. Gefahrstoffverordnung, UVV Lärm, Störfallverordnung) können mit in die Gefährdungsbeurteilung einfließen.

In diesem Zusammenhang wird auf die Merkblätter A 016 und A 017 zur Gefährdungsbeurteilung verwiesen.

1,3-Butadien muß durch Stoffe, Zubereitungen oder Erzeugnisse mit einem geringeren gesundheitlichen Risiko ersetzt werden, soweit dies zumutbar und nach dem Stand der Technik möglich ist. Dabei sind auch Verfahrensänderungen in Kauf zu nehmen (2).

Sind Ersatz oder Verfahrensänderungen nicht möglich, so ist vor dem Umgang mit 1,3-Butadien eine Bewertung aller Gefahren vorzunehmen (2) (30). Dazu ist für jede Tätigkeit, bei der eine Exposition gegenüber 1,3-Butadien auftreten kann, Art, Ausmaß und Dauer der Exposition der Beschäftigten zu ermitteln. Dabei sind auch zu betrachten: Tätigkeiten im Gefahrenbereich von 1,3-Butadien, Maßnahmen zur Verhinderung von Betriebsstörungen und Vorsorgemaßnahmen zu deren Begrenzung.

Das Ausmaß der Exposition kann z. B. festgestellt werden an Hand von

- bereits vorliegenden Konzentrationsmessungen nach TRGS 402
- Erfahrungen mit vergleichbaren Anlagen und Tätigkeiten
- zuverlässigen Berechnungen von hinreichender Plausibilität
- Konzentrationsmessungen.

Die Bewertung der Gefahren muß in regelmäßigen Abständen und bei jeder Änderung der Bedingungen, die sich auf die Exposition gegenüber 1,3-Butadien auswirken können, erneut vorgenommen werden (2).

Die Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach dem Berufsgenossenschaftlichen Grundsatz **G 40** **Krebserzeugende Gefahrstoffe** „allgemein“, hier: 1,3-Butadien, geben Hinweise auf Arbeitsverfahren/-bereiche mit und ohne Überschreiten des Luftgrenzwertes **(63) (13) (54) (3)**.

Soweit Betriebsarten, Arbeitsplätze oder Tätigkeiten hier nicht genannt sind, ist das Nichteinhalten des Luftgrenzwertes zu unterstellen, bis durch Messungen die Einhaltung nachgewiesen ist **(3)**.

Der Unternehmer muß im Hinblick auf die zu treffenden Schutzmaßnahmen die zum sicheren Umgang mit 1,3-Butadien erforderlichen sicherheitstechnischen Kenngrößen ermitteln und dokumentieren **(33)**.

Unter Berücksichtigung der wie oben ermittelten Gefahren sind vor dem Umgang mit 1,3-Butadien oder dessen Zubereitungen geeignete Maßnahmen zum Schutz der Beschäftigten festzulegen (siehe **Abschnitt 7**) **(2)**.

## 7 Schutzmaßnahmen

### 7.1 Allgemeines

Die Schutzmaßnahmen sind nach dem Stand der Technik, nach den geltenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften sowie nach den allgemein anerkannten Regeln der Sicherheitstechnik, der Arbeitsmedizin und der Hygiene, einschließlich der Regeln über Einstufung, Sicherheitsinformation und Arbeitsorganisation und den sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen zu treffen **(2)**.

Das Ziel dieser Schutzmaßnahmen ist es, eine Gesundheitsgefährdung durch 1,3-Butadien zu vermeiden.

Da auch bei Einhalten des TRK-Wertes eine Gesundheitsgefährdung nicht vollständig auszuschließen ist, ist hier eine Arbeitsweise anzustreben, bei der die Konzentration des Gefahrstoffes in der Luft der Arbeitsbereiche möglichst weit unterhalb des TRK-Wertes liegt **(4)**.

Die wesentliche Gefährdung besteht im Einatmen von 1,3-Butadien. Auch Hautkontakt ist zu vermeiden **(5)**.

Um eine Gefährdung der Beschäftigten zu vermeiden, sind zunächst alle technischen und organisatorischen Maßnahmen zu treffen. Es gilt folgende Rangfolge für die technischen Maßnahmen:**(2)**

- geschlossene Apparaturen
- Absaugung an Entstehungs- oder Austrittsstellen
- Belüftung.

Lassen sich dadurch nicht alle Gefährdungen vermeiden, sind wirksame persönliche Schutzausrüstungen bereitzustellen und zu benutzen **(2)**.

Allgemeine rechtliche Grundlagen für die beim Umgang mit 1,3-Butadien zu treffenden Schutzmaßnahmen sind zu finden in:

- Gefahrstoffverordnung 5. und 6. Abschnitt
- **Arbeitsstättenverordnung** insbesondere **§§ 3, 5,13,14,16,19, 39, 52** und **53**
- **Druckbehälterverordnung**
- Störfallverordnung**(23)**
- UVV Allgemeine Vorschriften insbesondere §§ 4,14,16, 33 bis 36 und 43 bis 49
- **UVV Gase**
- **UVV Arbeiten an Gasleitungen**

- **UVV Arbeitsmedizinische Vorsorge**
- **UVV Gefahrstoffe** (in Vorbereitung).

Aus diesen Vorschriften und den dazu gehörenden Regelwerken lassen sich betriebstechnische Maßnahmen für den Umgang mit 1,3-Butadien ableiten. Sie sollen verhindern, daß Beschäftigte durch 1,3-Butadien gefährdet werden.

## 7.2 Arbeitsbereichsüberwachung

Ist das Auftreten von 1,3-Butadien in der Luft am Arbeitsplatz nicht sicher auszuschließen, so ist, z.B. durch Konzentrationsmessungen, zu ermitteln, ob die Technische Richtkonzentration unterschritten ist **(13) (54)**.

Auf Nachweismethoden wird in **Abschnitt 2.2** eingegangen.

Planung, organisatorische Durchführung und Beurteilung von Konzentrationsmessungen sind in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 402** beschrieben.

Ergebnisse der Ermittlungen und Messungen sind aufzuzeichnen und mindestens 60 Jahre aufzubewahren **(2)**.

Der Luftgrenzwert ist als Schichtmittelwert definiert. Er ist in jedem Fall einzuhalten. Für die Begrenzung von Expositionsspitzen gilt, daß die mittlere Konzentration von 1,3-Butadien in keinem 15 Minuten-Zeitraum die 4fache Grenzwertkonzentration überschreiten soll **(13) (54)**.

Die Dauer der erhöhten Exposition darf in einer Schicht insgesamt 1 Stunde nicht übersteigen.

## 7.3 Technische Schutzmaßnahmen

### 7.3.1 Anlagen, Rohrleitungen und Verfahren

Anlagen und Arbeitsverfahren sind so zu gestalten, daß sie technisch dicht sind und 1,3-Butadien nicht frei wird **(33) (2)**. Das kann z.B. geschehen durch Arbeiten in geschlossenen Anlagen. Ist das Freiwerden von 1,3-Butadien technisch nicht zu verhindern, so sind die Dämpfe an der Austritts- oder Entstehungsstelle vollständig zu erfassen (absaugen) und anschließend ohne Gefahr für Mensch und Umwelt zu entsorgen. Ist eine vollständige Erfassung (Absaugung) nicht möglich, sind geeignete Lüftungsmaßnahmen zu treffen.

Hinsichtlich erforderlicher Schutzabstände zu anderen Anlagen siehe **UVV Gase“** .

Beim Umgang mit 1,3-Butadien sind Maßnahmen und Vorkehrungen nach dem Stand der Technik zu treffen **(33)**.

Pumpen für flüssiges 1,3-Butadien dürfen nur in Betrieb genommen werden, wenn sie auf Dauer technisch dicht sind **(33)**.

Die Leitungen müssen so verlegt werden, daß sie durch Schwingungen, Erschütterungen, Verlagerungen, Verspannungen und Erwärmungen nicht in gefährlichem Maße beansprucht werden. Werden Leitungen für 1,3-Butadien in unzureichend gelüfteten Räumen verlegt, muß die technische Dichtheit auf Dauer gewährleistet sein **(33)**.

Rohrleitungen können geschweißt oder geflanscht sein. Die Anzahl von Flanschverbindungen sollte möglichst klein sein, da die Dichtigkeit von Schweißverbindungen in der Regel größer ist. **(33)**

Anlagenteile sowie ihre Ausrüstungsteile einschließlich aller Rohrleitungsverbindungen, die mit 1,3-Butadien beaufschlagt werden, dürfen nur in Betrieb genommen, betrieben, überwacht und instandgehalten werden, wenn sie bei den aufgrund der vorgesehenen Betriebsweise zu erwartenden mechanischen, chemischen und thermischen Beanspruchungen technisch dicht sind und bleiben (33).

Anlagen- und Ausrüstungsteile sowie Rohrleitungsverbindungen bleiben technisch dicht, wenn(33)

- sie so ausgeführt sind, daß sie aufgrund ihrer Konstruktion auf Dauer technisch dicht sind
- ihre technische Dichtheit durch Instandhaltung und Überwachung gewährleistet wird.

Beispiele für auf Dauer technisch dichte Anlagen- und Ausrüstungsteile, Rohrleitungsverbindungen und Verbindungen zum Anschluß von Armaturen enthalten die **Durchführungsanweisungen zu § 12 Abs. 1 UVV Gase**. Hier werden auch Beispiele für Anlagen- und Ausrüstungsteile aufgeführt, bei denen die technische Dichtheit durch Überwachung und Instandhaltung gewährleistet werden kann.

Wenn die technische Dichtheit der Anlagen nicht auf Dauer gewährleistet ist und während des Betriebes die Anlagen vom Personal nicht regelmäßig kontrolliert werden, so müssen zum Erkennen und Melden von Gasgefahren selbsttätig wirkende Einrichtungen vorhanden sein (33).

Für den Umgang mit 1,3-Butadien werden üblicherweise Spießblech/Graphit-Flachdichtungen oder kammprofilierte Dichtungen mit Graphitaufgabe verwendet. Wegen seines Quellverhaltens hat sich Teflon nicht bewährt. Geeignetes Dichtungsmaterial kann auch vom Lieferanten und von allen Herstellern von 1,3-Butadien erfragt werden.

Anlagen für 1,3-Butadien dürfen erstmalig, nach Instandsetzung oder einer wesentlichen Änderung nur in Betrieb genommen werden, nachdem sie auf Dichtheit geprüft worden sind. Die Dichtheitsprüfung ist mit einem Inertgas (z.B. Stickstoff) durchzuführen (33).

Sicherheitstechnisch erforderliche Anlagenteile müssen in betrieblich festzusetzenden, angemessenen Zeitabständen, mindestens jedoch einmal jährlich, auf Zustand und Funktion geprüft werden. Gegebenenfalls sind in analoger Weise Prüfungen auf Korrosion durchzuführen (33).

Die Prüfungen sind durch vom Unternehmer beauftragte Personen durchzuführen und zu dokumentieren (33).

Kann in Anlagenteilen 1,3-Butadien in flüssiger Form eingeschlossen werden, so sind Maßnahmen zu ergreifen, die unzulässig hohe Betriebsdrücke infolge Wärmeausdehnung verhindern. In Anlagenteilen zur Speicherung von flüssigem 1,3-Butadien gibt es vorgeschriebene maximale Füllgrade. Zum Fördern von flüssigem 1,3-Butadien verwendete Gase dürfen zu keiner unzulässigen Drucksteigerung in der Anlage führen und dürfen nicht mit 1,3-Butadien reagieren (33).

Für die Probenahme müssen geeignete technische Einrichtungen vorhanden sein, z.B. Schleusen, geschlossene Probenahmegefäße, Probenahmeventile ohne Toträume und ohne Nachlauf. Jede Emission muß vermieden werden (46).

Betriebsbedingte Emissionen von 1,3-Butadien sind so gering wie möglich zu halten. Dabei müssen Vorkehrungen getroffen werden, daß das austretende 1,3-Butadien gefahrlos austreten, gefahrlos abgeleitet oder aufgefangen und beseitigt werden kann. Das gilt auch für das Abblasen von Gasen aus Sicherheitseinrichtungen aufgrund von Drucküberschreitungen. Ins Freie mündende Abblase-, Entspannungs- und Entlüftungseinrichtungen sind gegen Eindringen von Fremdkörpern und Wasser zu schützen (33).

Für störungsbedingte Austritte von 1,3-Butadien sind Maßnahmen zu treffen, welche die Brand-, Explosions- oder Gesundheitsgefahren gering halten (33).

Rührbehälter für Umsetzungen mit 1,3-Butadien sind in der Regel Druckbehälter im Sinne der Druckbehälterverordnung. Für Rührbehälter hat sich folgende zusätzliche Ausrüstung bewährt: (18)

- Rührer für intensive Produktdurchmischung

- Von der Innentemperatur geregelter Heiz-/Kühlkreis  
Notkühlung sollte vorhanden sein
- Sicherheitsventile sollten möglichst nah am Behälter montiert werden, ggf. können zusätzlich Berstscheiben eingesetzt werden
- Flammenrückschlagsicherungen in den ins Freie führenden Leitungen, ausgenommen Abblaseleitungen von Sicherheitsventilen
- Inertgasanschluß
- Registriereinrichtungen für Druck, Temperatur und Füllstand
- Zulaufkontrollenrichtungen, z. B. Mengenregelung mit Rückströmsicherung
- Automatische Zulaufabschaltung bei Überschreitung der Maximalwerte von Druck, Temperatur oder Stand sowie Unterschreiten der Reaktionstemperatur (Einschlafen der Reaktion)
- Doppelt wirkende Gleitringdichtung für die Rührwellendurchführung.

Vor Beginn einer Reaktion ist das gesamte System sorgfältig mit einem Inertgas (z. B. Stickstoff) luftfrei zu spülen (33).

Durch entsprechende technische Einrichtungen soll verhindert werden:

- Das Rückströmen von 1,3-Butadien in Leitungen, die andere Stoffe führen (33)
- Das Eindringen von Stoffen, die mit 1,3-Butadien reagieren bzw. Polymerisation auslösen können, in 1,3-Butadienleitungen oder -behälter. Diese Einrichtungen sollen regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden.

Rohrleitungen für 1,3-Butadien, die in geschlossene Gebäude führen, müssen von ungefährdeter Stelle aus absperrbar sein (33).

Alle Apparate, Maschinen und Rohrleitungen müssen zum Schutz gegen elektrostatische Aufladung geerdet werden. In explosionsgefährdeten Räumen oder Bereichen müssen die Einrichtungen zur Vermeidung elektrostatischer Aufladungen vor der Inbetriebnahme und ferner nach Bedarf, mindestens jedoch in Abständen von 3 Jahren durch einen Sachkundigen auf Funktionsfähigkeit geprüft und gewartet werden (41) (47).

Bei Anlagen im Freien für 1,3-Butadien müssen gut sichtbare Windrichtungsanzeiger aufgestellt werden (33).

Augenduschen sind in ausreichender Zahl und auffallend gekennzeichnet zu installieren. Augenspülflaschen sind als Notbehelf anzusehen und daher nur in Ausnahmefällen zu verwenden.

Weitere Anforderungen an den Betrieb von Gasanlagen enthält die **UVV Gase** .

### 7.3.2 Laboratorien

Arbeiten mit 1,3-Butadien müssen grundsätzlich in geeigneten Abzügen und möglichst in geschlossenen Apparaturen durchgeführt werden.

Tritt 1,3-Butadien unerwartet und in möglicherweise gefährlicher Konzentration oder Menge aus, so sind der gefährdete Bereich zu räumen und die betroffene Umgebung zu warnen. Die Beseitigung des gefährlichen Zustandes darf nur unter geeigneten Schutzmaßnahmen erfolgen. Die Schutzmaßnahmen sind in der Betriebsanweisung festzulegen (siehe **Abschnitt 7.4.1**).

Aus Sicherheitsgründen sollen nur möglichst kleine 1,3-Butadien-Druckgasflaschen verwendet werden. Dies ist auch wegen der begrenzten Lagerfähigkeit von 1,3-Butadien sinnvoll. Die Druckgasflaschen sind außerhalb des Labors aufzustellen. Ist das nicht möglich, können sie auch im Abzug aufgestellt werden.

Mit 1,3-Butadien verunreinigte Apparaturen müssen einer Vorreinigung durch Sachkundige unterzogen werden, durch die gewährleistet ist, daß das Reinigungspersonal nicht durch Hautkontakt und Überschreiten des Luftgrenzwertes gefährdet wird. Die Vorreinigung ist in der Betriebsanweisung festzulegen (37) (54).

Einzelheiten enthalten die Richtlinien für Laboratorien (42).

### 7.3.3 Arbeits- und Lagerräume

Räume, in denen mit 1,3-Butadien umgegangen wird, müssen gut durchlüftet sein. Reicht natürliche Lüftung nicht aus, so ist eine technische Lüftung erforderlich. (Abgesaugte Luft muß ersetzt werden!). Abluftführungen sind so zu gestalten, daß schadstoffhaltige Luft nicht durch den Atembereich der Beschäftigten geführt wird (15) (16) (56).

Das schnelle und sichere Verlassen der Räume muß durch Anzahl, Lage, Bauart und Zustand von Rettungswegen und Ausgängen gewährleistet sein (33).

Der Ableitwiderstand von Fußböden in explosionsgefährdeten Bereichen (Zone 0 und 1) darf den Wert von  $10^8$  Ohm nicht überschreiten (41).

Unbefugte dürfen die Räume nicht betreten (30).

Arbeitsbereiche, in denen mit 1,3-Butadien umgegangen wird, sind zusätzlich von anderen Arbeitsbereichen deutlich abzugrenzen. Die Arbeitsbereiche sind durch geeignete Warn- und Sicherheitszeichen zu kennzeichnen (37) (38).

### 7.3.4 Umfüllen

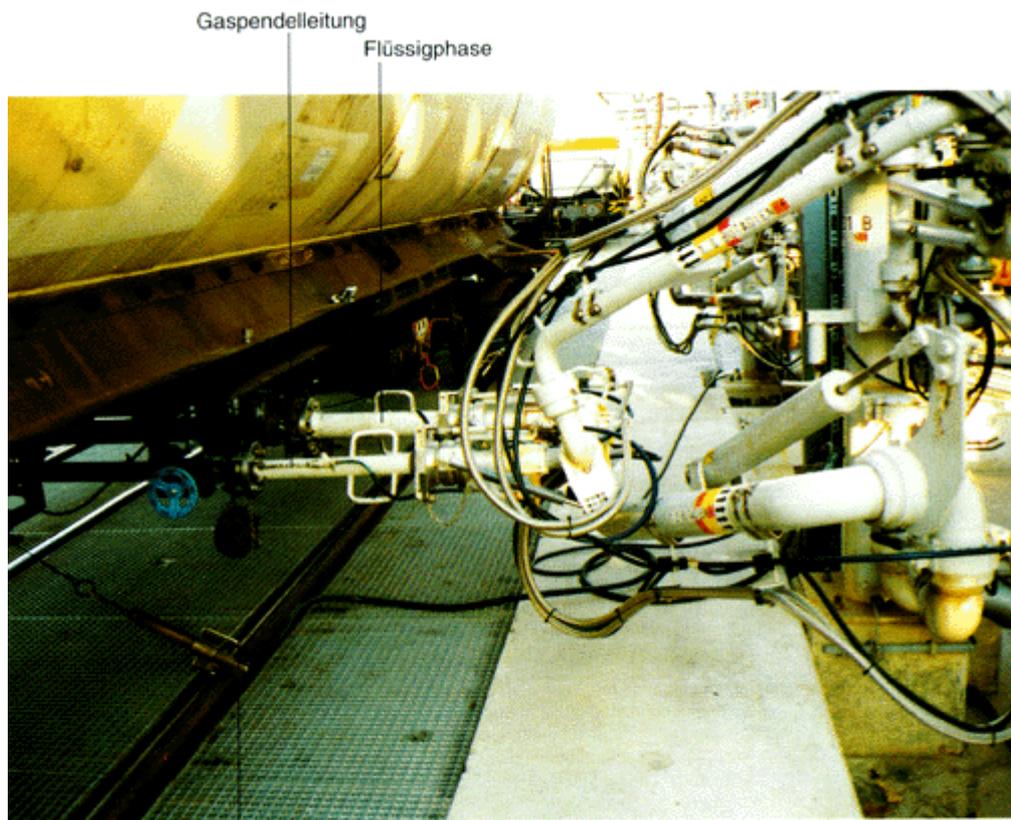
Beispiele für sicheres Umfüllen von Flüssigkeiten sind im Merkblatt T 025 zusammengestellt.

Eine Gefährdung der Beschäftigten wird z.B. durch Umpumpen im geschlossenen System unter Anwendung des Gaspindelverfahrens vermieden.

Produkte, die soviel 1,3-Butadien enthalten, daß sich gefährliche explosionsfähige Atmosphäre bilden kann, sollen nur in elektrostatisch leitfähige Gebinde abgefüllt werden.

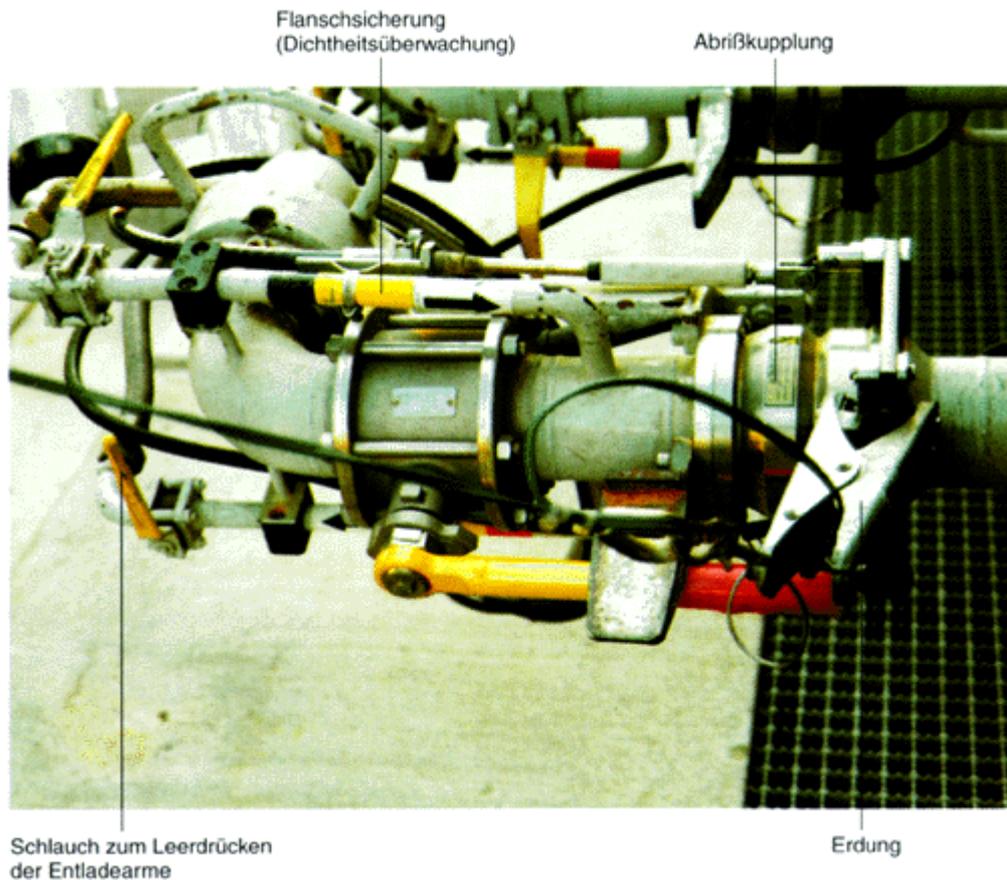
Die Abb. 1 und 2 zeigen Schutzmaßnahmen an einer Butadien-Entladestelle:

Abbildung 1: Butadien-Entladestelle



Schienenhaken  
(pneumatisch auslösbar, verbunden  
mit „Not-Aus“ der Pumpen)

Abbildung 2: Detail der Entladestelle



### 7.3.5 Aufbewahren, Lagern, Transport

1,3-Butadien ist unter Beachtung der einschlägigen Vorschriften und Technischen Regeln so aufzubewahren und zu lagern, daß Mensch und Umwelt nicht gefährdet werden (2).

1,3-Butadien ist in geeigneten, dicht verschließbaren und gekennzeichneten Behältnissen aufzubewahren, zu lagern und zu transportieren. Es sind Vorkehrungen zu treffen, um Mißbrauch oder Fehlgebrauch zu verhindern (2).

An Arbeitsplätzen darf 1,3-Butadien nur in Mengen vorhanden sein, die für den Fortgang der Arbeit erforderlich sind (30).

1,3-Butadien wird mit Schiffen, in Eisenbahnkesselwagen, Straßentankwagen, Druckgasfässern oder Druckgasflaschen transportiert.

In Druckgasbehälter darf maximal 1 kg 1,3-Butadien je 1,8 l Behältervolumen eingefüllt werden (Füllfaktor 0,55 kg/l). Druckbehälter zum Lagern dürfen bei der höchstmöglichen Temperatur (35 °C) nur bis zu 95 % mit Flüssigphase gefüllt sein (20) (33).

Für die Gasphase wird eine maximale Sauerstoffkonzentration über der Flüssigkeit von 0,1 % empfohlen. Es empfiehlt sich, die Konzentration in regelmäßigen Abständen zu überprüfen.

Vor dem Befüllen sollen die Behälter z. B. durch Spülen mit Inertgas sauerstofffrei gemacht werden.

Zur Verringerung der Polymerisationsneigung soll 1,3-Butadien wie folgt gelagert werden:

- stabilisiert
- bei möglichst tiefer Temperatur, nicht jedoch über 35 °C (Schutz gegen direkte Sonneneinstrahlung, evtl. Berieselung mit Wasser).

Es empfiehlt sich außerdem, die Inhibitor- bzw. Peroxid-Konzentration in angemessenen Zeitabständen zu überprüfen (**Abschnitte 7.3.12** und **7.3.11**).

In 1,3-Butadien gelöstes Wasser kann beim Absenken der Temperatur ausfallen. Bei Temperaturen  $\leq 0$  °C kann sich unter Volumenvergrößerung Eis bilden, wodurch ggf. Leitungen platzen können.

Unabhängig von den inneren Prüfungen nach der **Druckbehälterverordnung** sollen Lagerbehälter regelmäßig auf Ablagerungen von Butadien-Polymeren (**Abschnitt 7.3.11**) überprüft werden.

1,3-Butadien darf in Räumen nicht mit leicht entzündlichen Stoffen zusammen gelagert werden, im Freien nur unter bestimmten Bedingungen **(11) (19) (22)**.

Die Entnahme von 1,3-Butadien aus Lagerbehältern hat grundsätzlich aus der flüssigen Phase durch Pumpen oder Druckerhöhung mit Inertgas zu erfolgen; Druckerhöhung durch Erwärmung ist unzulässig. Ausnahme: Technische Regel Druckgase **TRG 280**, Abschnitt 8.1.5.

Beispiele für weitere Regelungen

- UVV Allgemeine Vorschriften“ , insbesondere  
§ 34 Lager, Stapel  
§ 36 Gefährliche Arbeiten
- Störfall-Verordnung“ **(23)**
- **UVV Gase“**
- **TRGS 514** Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern“
- **Druckbehälterverordnung** mit den Technischen Regeln Druckbehälter (TRB) und Technischen Regeln Druckgase (TRG), insbesondere
- **TRB 610** Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen“
- **TRG 280** Betreiben von Druckgasbehältern“
- **Explosionsschutz-Richtlinien“**  
Abschnitt 2.1 der Beispielsammlung.

Ausführliche Hinweise enthält die Broschüre Lagerung gefährlicher Stoffe“ **(77)**.

Den Transport von 1,3-Butadien auf öffentlichen Verkehrswegen regeln eine Reihe nationaler und internationaler verkehrsrechtlicher Vorschriften **(28)**.

Einzelheiten enthält das Merkblatt **A 013** Transport gefährlicher Güter“.

## 7.3.6 Werkstoffe

Als Werkstoff für den Umgang mit 1,3-Butadien ist z. B. nichtrostender Stahl geeignet.

Da Rost als Sauerstoffträger die Peroxid- bzw. Polymerbildung (siehe **Abschnitte 7.3.12** und **7.3.11**) begünstigt, sollten bei der Verwendung von Teilen aus unlegiertem Stahl geeignete Maßnahmen wie z. B.

- ausreichende Stabilisierung des 1,3-Butadiens
  - gründliche Reinigung der Teile
  - Spülen der Teile mit 2-3%iger Natriumnitritlösung
-

getroffen werden.

Metalle, die explosionsgefährliche Acetylide bilden, vor allem Kupfer und Legierungen mit mehr als 65 % Kupfer, dürfen als Werkstoffe nicht verwendet werden, wenn das Butadien Acetylen enthalten kann.

### 7.3.7 Reinigung

Anlageteile, Apparaturen und Einrichtungen, in denen mit 1,3-Butadien umgegangen wird, sind so zu gestalten, daß sie leicht zu reinigen sind und möglichst selten von Hand gereinigt werden müssen. Für die Reinigung sind bevorzugt technische Maßnahmen zu treffen, z. B. Auskochen, Flüssigkeitsstrahler. Beispiele sind im Merkblatt **T 006** „Reinigen von Behältern“ beschrieben.

Auch der Bereich um Anlageteile und Apparaturen muß leicht und gefahrlos zu reinigen sein.

### 7.3.8 Entsorgen von Abfällen und Rückständen

Abfälle und Rückstände, die 1,3-Butadien enthalten können, müssen sachgemäß entsorgt werden (Kennzeichnung siehe **Abschnitt 7.6**) (30).

Ein Verzeichnis der für die Abfallbeseitigung zuständigen Landesbehörden, Auskunftstellen und Abfallverwertungs- bzw. Beseitigungsanlagen, enthält die Informationsschrift „Abfallarten“. Verwertungs- und Beseitigungsanlagen sind auch im Handbuch der Verwerterbetriebe für industrielle Rückstände“ zusammengestellt (72) (73).

Butadien-Polymere (**Abschnitt 7.3.11**) sollen unter Beachtung der üblichen Sicherheitsmaßnahmen verbrannt werden.

1,3-Butadien, das nicht mehr in einen Produktionsprozeß zurückgeführt werden kann, wird zweckmäßigerweise ebenfalls in geeigneten Einrichtungen verbrannt.

### 7.3.9 Brand- und Explosionsschutz

1,3-Butadien ist hochentzündlich. Mit Luft bildet es explosionsfähige Gemische (siehe **Abschnitt 2.1**).

Unter Beachtung der Explosionsschutz-Richtlinien (**EX-RL**) und der dort genannten Vorschriften ist daher besonderes Augenmerk zu richten auf

- Maßnahmen, welche eine Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern oder einschränken (z. B. Inertisierung, Dichtheitsprüfungen, Konzentrationsüberwachung durch Gaswarnanlagen, ausreichende Lüftung)
- Maßnahmen, welche die Entzündung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre verhindern (z. B. Installation der elektrischen Anlagen nach den in der EX-RL genannten Vorschriften, Erdung, kein offenes Feuer, Vermeidung von Oberflächentemperaturen über der Zündtemperatur, Vermeidung unkontrollierter exothermer Reaktionen).

In Anlagen für 1,3-Butadien in Räumen oder im Freien, bei denen die Bildung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre nicht auf Dauer verhindert ist, müssen um mögliche Gasaustrittsstellen ausreichend bemessene explosionsgefährdete Bereiche festgelegt werden. In diesen Bereichen müssen Maßnahmen zur Vermeidung von Zündquellen getroffen werden (33).

Verkehrswege dürfen grundsätzlich nicht durch explosionsgefährdete Bereiche führen (33).

Es ist ein Aufstellungsplan zu erstellen, in dem die explosionsgefährdeten Bereiche dargestellt werden (33).

Um zu verhindern, daß 1,3-Butadien aus Betriebsräumen in andere Räume, die Zündquellen enthalten, gelangen kann, müssen auch zur Abdichtung von Abwasserkanälen, Kabel- und Rohrschächten geeignete Maßnahmen getroffen werden. Das können z. B. Tauchungen bzw. Sandbetten sein (33).

Für die Brandbekämpfung ist eine ausreichende Zahl geeigneter Feuerlöscheinrichtungen bereitzuhalten. Geeignet sind je nach Umfang des Brandes CO<sub>2</sub>-, Pulver- oder Schaumlöscher; Großbrände werden zweckmäßig mit Sprühwasser bekämpft (55) (17).

Es ist zweckmäßig, mit dem Löschen eines Brandes erst dann zu beginnen, wenn die Butadienzufuhr zum Brandherd unterbrochen ist. Strömt 1,3-Butadien noch nach der Brandbekämpfung aus einem Leck, bildet sich explosionsfähige Atmosphäre. Außerdem kann sich 1,3-Butadien auch beim Ausströmen selbst entzünden.

Behälter, aus denen 1,3-Butadien austritt, und Behälter in der Umgebung des Brandherdes sollen mit Wasser gekühlt werden.

Bei der Bekämpfung größerer Brände ist in der Regel geeignete persönliche Schutzausrüstung zu benutzen. Hierzu zählen insbesondere Schutzkleidung, z. B. Hitzeschutzanzüge und von der Umgebungsatmosphäre unabhängige Atemschutzgeräte (z. B. Isoliergeräte).

## 7.3.10 Verhalten bei Gasausbrüchen

### 7.3.10.1 Alarmierung

Es muß ein auf die örtlichen Verhältnisse abgestimmter Alarm- und Gefahrenabwehrplan aufgestellt sein (siehe Abschnitt 7.4.1) (33).

Abhängig von den Windverhältnissen und dem Umfang des Ausbruches von 1,3-Butadien können unterschiedlich große Bereiche der Betriebsanlagen gefährdet werden. Es sind Windrichtungsanzeiger an geeigneten Stellen in der Anlage aufzustellen und der Gesamtbetriebsbereich in verschiedene Warnbereiche aufzuteilen. Bei jedem Ausbruch von 1,3-Butadien erfolgt je nach Stärke des Ausbruches und der Windrichtung eine abgestufte Alarmierungsfolge.

### 7.3.10.2 Allgemeingültige Maßnahmen

- Verletzte aus dem Gefahrenbereich bringen.
- Feuerwehr alarmieren.
- Gefährdeten Betriebsbereich räumen. Beim Verlassen des Gefahrenbereiches nicht tief atmen, möglichst Atemschutzgeräte (FluchtfILTER) verwenden. Quer zur Windrichtung flüchten.
- Beschäftigte in der Umgebung warnen.
- Bei brennbaren Gasen alle Zündquellen aus dem Gefahrenbereich entfernen.
- Versuchen, das Ausströmen des Gases zu unterbinden.
- Wenn möglich, Wassersprühnebel einsetzen.
- Möglichst für bessere Durchlüftung sorgen.
- Der Gefahrenbereich darf nur mit ausreichenden persönlichen Schutzausrüstungen betreten werden (z. B. mit von der Umgebungsatmosphäre unabhängig wirkenden Atemschutzgeräten, Gasschutzanzug).

Weitere Maßnahmen können erforderlich sein.

### 7.3.11 Dimerisierung, Bildung von plastic polymer und popcorn

Bevorzugt in Lagerbehältern und Toträumen von Rohrleitungen kann 1,3-Butadien verschiedene Reaktionsprodukte bilden.

- Durch Dimerisierung kann das in 1,3-Butadien lösliche 4-Vinyl-1-cyclohexen entstehen. Da die Reaktion temperaturabhängig ist, kann die Dimerbildung durch Lagerung bei möglichst tiefer Temperatur erheblich verlangsamt werden.
- „plastic polymer“, ein gummiartiges Polymeres, entsteht bevorzugt in der flüssigen Phase in Abhängigkeit von Temperatur und Peroxid-Konzentration. Wegen der geringen Löslichkeit in 1,3-Butadien können z. B. Verstopfungen von Rohrleitungen auftreten. Aus Leitungen oder Behältern entferntes „plastic polymer“ kann sich an der Luft entzünden. Es soll daher bis zur Entsorgung stets mit Wasser feucht gehalten werden. Behälter und Leitungen, die „plastic polymer“ enthielten, sollten mit Natronlauge oder geeigneten (siehe [Abschnitt 7.3.12](#)) Inhibitoren gespült werden.  
Durch Lagerung bei möglichst tiefer Temperatur und Zusatz von Inhibitoren läßt sich die Bildung von „plastic polymer“ weitgehend unterbinden.
- „popcorn“, ein weißes popcorn-ähnliches Polymeres, bildet sich bevorzugt in der Gasphase. „popcorn“-Wachstum ist selbstinitiiierend, d. h., einmal entstandenes „popcorn“ wächst immer rascher weiter, wenn keine Inhibitoren zugesetzt werden. „popcorn“ kann Verstopfungen und unter Umständen Bersten von Leitungen und Behältern verursachen, da beim Wachsen der Polymergebilde große Kräfte auftreten können. Die Bildung von „popcorn“ wird gefördert durch Wärme, Luftsauerstoff, Peroxide, Rost. „popcorn“ ist in allen Lösemitteln unlöslich.  
„popcorn“ ist selbstentzündlich an der Luft und muß bis zur Entsorgung mit Wasser feucht gehalten werden. Die üblichen Inhibitoren (siehe [Abschnitt 7.3.12](#)) verhindern die Bildung von „popcorn“ bzw. verringern die Wachstumsgeschwindigkeit von bereits gebildetem „popcorn“.

Abbildung 3: Bersten einer Leitung durch popcorn-Bildung



### 7.3.12 Butadien-Peroxid

---

Bei der Lagerung von unstabiliertem 1,3-Butadien in Gegenwart von Sauerstoff können sich gefährliche Butadienperoxide bilden.

Die Peroxide sind viskose Flüssigkeiten. Ihre Dichte ist höher als die von Butadien. Da sie außerdem nur wenig in flüssigem 1,3-Butadien löslich sind, setzen sie sich auf den Böden von Lagerbehältern ab. Trotz ihrer relativ geringen chemischen Reaktivität sind die Peroxide sehr instabile Verbindungen, die sich bei Temperaturen zwischen 85 und 110 °C spontan zersetzen. Eine besondere Gefahr besteht in der hohen Schlagempfindlichkeit der Peroxide, die mit der Brisanz eines Sprengstoffes explodieren.

Die Bildung der Butadienperoxide läßt sich nahezu vollständig vermeiden, wenn, wie erwähnt, bei der Lagerung von 1,3-Butadien weitestgehend auf Sauerstoff-Ausschluß geachtet wird und zusätzlich die Reaktion des Sauerstoffs mit 1,3-Butadien durch radikalisch wirkende Inhibitoren wie p-tert.-Butyl-brenzcatechin (TBC), vermieden wird.

Bei der Lagerung von 1,3-Butadien wird im allgemeinen eine Konzentration von mindestens 75 ppm TBC für ausreichend gehalten; bei Transport in Stahlflaschen werden Konzentrationen von 200 ppm TBC empfohlen.

Diese Inhibitoren verhindern zusätzlich eine spontane Polymerisation des 1,3-Butadien. Sie können aus dem 1,3-Butadien außer durch Destillation auch durch Waschen mit wäßriger Lauge entfernt werden.

Gefahren durch Peroxidbildung können dadurch reduziert werden, daß in die Lagerbehälter eine gewisse Menge Lauge (z.B. 20%ige NaOH) eingefüllt wird. Wenn sich Peroxide bilden sollten, so werden diese beim Heruntersinken in den unteren Teil des Behälters sofort in der Lauge zu ungefährlichen Verbindungen zersetzt.

### 7.3.13 Instandhaltung

Alle Wartungs-, Inspektions-, Instandsetzungs- und Abbrucharbeiten in oder an Anlageteilen, Apparaturen oder Einrichtungen, in denen 1,3-Butadien vorkommen kann, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis durchgeführt werden.

Dazu gehören z. B.:

- Arbeiten in Behältern und engen Räumen;(40)
- Feuerarbeiten, z. B. Schweißen, Schneiden, Löten, Anwärmen, wenn sich Feuer- und Explosionsgefahren nicht restlos beseitigen lassen;(31)
- Arbeiten, bei denen mit dem Austritt von 1,3-Butadien zu rechnen ist.

Wegen der gesundheitsschädigenden Wirkung von 1,3-Butadien sollen auch alle übrigen Instandhaltungs- und Abbrucharbeiten nur nach Erteilung einer schriftlichen Erlaubnis durchgeführt werden. Dadurch soll sichergestellt werden, daß alle im Einzelfall erforderlichen Schutzmaßnahmen durchgeführt sind.

In der Erlaubnis sind die notwendigen Schutzmaßnahmen festzulegen, z. B. vollständige Entleerung der Apparatur, persönliche Schutzmaßnahmen beim Öffnen, Reinigen mit geeigneten Mitteln, Konzentrationsmessungen.

Arbeiten an butadienführenden Rohrleitungen dürfen nur in gasfreiem Zustand durchgeführt werden, wenn die Leitungen bei den Arbeiten geöffnet werden (32).

Zum Entleeren von Anlagen oder Anlagenteilen für 1,3-Butadien sind inerte Medien wie z. B. Stickstoff einzusetzen.

Ist bei Arbeiten an Anlagenteilen für 1,3-Butadien mit Gasaustritt zu rechnen, so ist für die Dauer der Arbeiten ein entsprechender explosionsgefährdeter Bereich festzulegen.

Alle Arbeiten in oder an butadienführenden Rohrleitungen sind unter der Aufsicht einer geeigneten, zuverlässigen und besonders unterwiesenen Person durchzuführen (32).

Nach Instandsetzungsarbeiten dürfen Anlagen nur in Betrieb genommen werden, nachdem sie auf Dichtheit mit einem Inertgas oder dem Betriebsgas überprüft wurden. Diese Prüfung darf nur von einer vom Unternehmer beauftragten Person durchgeführt werden. Das Ergebnis der Prüfung ist in ein Prüfbuch einzutragen (33).

Weitere Schutzmaßnahmen für Arbeiten in oder an Rohrleitungen sind in der **UVV Arbeiten an Gasleitungen**“ und in der **UVV Gase**“ zusammengestellt.

Absaug- und Abscheideeinrichtungen sind in Intervallen zu warten, die den betrieblichen Verhältnissen angepaßt sind. Die Funktionsfähigkeit dieser Einrichtungen ist nach Bedarf, mindestens jedoch alle zwei Jahre zu überprüfen (15) (33).

Weitere organisatorische Maßnahmen in **Abschnitt 7.4.1**.

### 7.3.14 Arbeiten in Behältern und engen Räumen

Arbeiten in Behältern und Tanks, die 1,3-Butadien enthielten, dürfen nur mit schriftlicher Erlaubnis, nach Anordnung der entsprechenden Schutzmaßnahmen und nach mündlicher Unterweisung der Beschäftigten ausgeführt werden. Mit den Arbeiten darf erst begonnen werden, nachdem der Aufsichtführende festgestellt hat, daß die schriftlich festgelegten Maßnahmen durchgeführt wurden.

Einzelheiten sind festgelegt in den Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen“ (40).

### 7.3.15 Abluft, Wasser

Der Abgabe von 1,3-Butadien in Oberflächengewässer und in die Umgebungsluft sind gesetzlich enge Grenzen gesetzt.

Zu beachten sind z. B. das Wasserhaushaltsgesetz, die Verordnung über wassergefährdende Stoffe, der Katalog wassergefährdender Stoffe und die TA Luft. Hinweise enthält das Sicherheitsdatenblatt (26) (27) (29) (24).

### 7.3.16 Mischungen mit anderen Gasen

In der Technischen Regel Druckgase **TRG 102** ist aufgeführt, mit welchen Gasen 1,3-Butadien in Druckgasflaschen gemischt bzw. wegen gefährlicher Reaktionen nicht gemischt werden darf. Gefährliche Reaktionen sind z.B. möglich mit Sauerstoff, Schwefeldioxid, Chlor, Chlorwasserstoff, Bromwasserstoff.

## 7.4 Organisatorische Schutzmaßnahmen

### 7.4.1 Allgemeines

Die Beschäftigten müssen auf die besonderen Gefahren beim Umgang mit 1,3-Butadien aufmerksam gemacht, über die Sicherheitsbestimmungen, die zu treffenden Schutzmaßnahmen und die bei Unfällen und Betriebsstörungen zu treffenden Maßnahmen eingehend unterrichtet werden (2) (30). Die Unterweisungen müssen vor der Beschäftigung und danach mindestens halbjährlich mündlich und arbeitsplatzbezogen erfolgen (12). Inhalt und Zeitpunkt der Unterweisung sind schriftlich festzuhalten und von den Unterwiesenen durch Unterschrift zu bestätigen. Der Nachweis der Unterweisung ist 2 Jahre aufzubewahren (2).

Grundlage für die Unterweisung ist die arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisung nach § 20 Gefahrstoffverordnung. Sie muß genaue Angaben über die im Einzelfall für Mensch und Umwelt möglichen Gefahren sowie die zu deren Abwehr erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln enthalten (50). Auf die sachgerechte Entsorgung gefährlicher Abfälle, das Verhalten im Gefahrenfall und Erste-Hilfe-Maßnahmen ist ebenfalls einzugehen. Die Betriebsanweisung ist in verständlicher Form abzufassen und an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekanntzumachen. Die Betriebsanweisung muß jederzeit von den Beschäftigten eingesehen werden können.

Es kann erforderlich sein, die Unterweisung durch praktische Vorführung einzelner Maßnahmen vor Ort und durch Einüben seitens der Beschäftigten unter sachkundiger Anleitung zu ergänzen, z. B. durch Anlegen von Schutzanzügen, von Atemschutzgeräten, durch Übungen für den Schadensfall und Feuerlöschübungen. Weiterhin kann eine eingehende Arbeits- und Sicherheitsabsprache vor Ort erforderlich sein. Wesentlich ist auch eine Erfolgskontrolle, z. B. durch Beantworten eines arbeitsplatzbezogenen Fragebogens.

Der Unternehmer hat für die Arbeitsstätte einen Flucht- und Rettungsplan aufzustellen, wenn Lage, Ausdehnung und Art der Nutzung der Arbeitsstätte dies erfordern. Der Flucht- und Rettungsplan ist an geeigneter Stelle in der Arbeitsstätte bekannt zu machen. In angemessenen Zeitabständen ist nach diesem Plan zu üben, wie sich die Beschäftigten im Gefahr- oder Katastrophenfall in Sicherheit bringen oder gerettet werden können (15) (82).

In Anlagen für 1,3-Butadien ist zusätzlich ein Alarm- und Gefahrenabwehrplan aufzustellen, auf dem neuesten Stand zu halten und den Beschäftigten bekannt zu geben. In Großanlagen (Summe der geometrischen Behälterinhalte > 500 m<sup>3</sup>) sind in regelmäßigen Abständen, mindestens jedoch halbjährlich, Übungen nach dem Alarm- und Gefahrenabwehrplan durchzuführen; hierüber ist Buch zu führen. Die Durchführung von Alarmübungen wird auch für kleinere Anlagen empfohlen (33).

Für genehmigungsbedürftige Anlagen, die der Störfall-Verordnung(23) unterliegen, sind die nach Art und Ausmaß der möglichen Gefahren erforderlichen Vorkehrungen zu treffen, um Störfälle zu verhindern und Auswirkungen von Störfällen so gering wie möglich zu halten. In Abhängigkeit von der Anlagenart sind zusätzliche Bestimmungen, wie z. B. Erstellung eines betrieblichen Alarm- und Gefahrenabwehrplans, Erstellung und Fortschreibung einer Sicherheitsanalyse, Benennung eines Beauftragten für die Begrenzung der Auswirkungen von Störfällen, zu beachten.

Vergibt der Unternehmer Arbeiten an andere Unternehmer (Fremdunternehmen), muß der Unternehmer die Fremdunternehmer über mögliche Gefahren informieren, mit ihnen die erforderlichen Schutzmaßnahmen vereinbaren und im einzelnen schriftlich festlegen (30) (49). Er hat darüberhinaus in Abstimmung mit den Fremdunternehmern schriftlich einen Koordinator zu bestellen, der Weisungsbefugnis gegenüber allen beteiligten Arbeitsgruppen hat.

1,3-Butadien ist in dem Verzeichnis der im Betrieb verwendeten Gefahrstoffe aufzuführen. An Angaben müssen darin enthalten sein:(2) (10)

- Einstufung oder Angabe der gefährlichen Eigenschaften
- Vorhandene Menge im Betrieb
- Arbeitsbereiche, in denen mit 1,3-Butadien umgegangen wird.

Das Verzeichnis ist auf aktuellem Stand zu halten.

Die Prüfpflichten der **UVV Gase** sind zu beachten.

## 7.4.2 Anzeigepflicht

Der Unternehmer hat der zuständigen Behörde unverzüglich, spätestens 14 Tage vor Beginn der Herstellung oder Verwendung anzuzeigen:(2)

- Herstellungsverfahren, in welchen 1,3-Butadien vorkommt, entstehen oder freigesetzt werden kann sowie
- die Verwendung von 1,3-Butadien.

Das Herstellen im Rahmen einer Produktion bzw. vorbereitende Arbeiten für eine Produktion auch im Laborbereich sind ebenfalls anzuzeigen.

Der Unternehmer hat der Berufsgenossenschaft und den Arbeitnehmern bzw. dem Betriebsrat eine Durchschrift dieser Anzeige zuzuleiten.

Die Anzeige muß insbesondere folgende Angaben enthalten:

- die Stoffidentität, die Eigenschaften und die Menge des Gefahrstoffes
- eine Beschreibung des Herstellungs- oder des Verwendungsverfahrens oder der Verwendung einschließlich der durchzuführenden Tätigkeiten, des Verwendungszwecks, der Verwendungsart sowie der vorgesehenen Funktion des Gefahrstoffes,
- die getroffenen Schutzmaßnahmen und, falls vorgesehen, Art und Qualität der zu verwendenden Schutzausrüstung,
- das Ergebnis der Ermittlung nach § 36 Abs. 1 GefStoffV und begründende Angaben, warum
  - a. keine Substitution nach § 36 Abs. 2 Satz 1 GefStoffV möglich ist,
  - b. das Auftreten des Gefahrstoffes am Arbeitsplatz nicht zu vermeiden ist,
- die Zahl der Arbeitnehmer, die mit dem Gefahrstoff umgehen,
- Art und Ausmaß der Exposition durch den Gefahrstoff, insbesondere Meßergebnisse, soweit sie vorliegen.

Das Ergebnis der Ermittlungen nach § 18 Abs.1 GefStoffV (siehe dazu auch **Abschnitt 6** dieses Merkblattes) ist unverzüglich nach der Auswertung, spätestens jedoch 6 Monate nach der erstmaligen Anzeige mitzuteilen.

Die Anzeige ist zu wiederholen beim Wechsel der Arbeitsstätte sowie bei wesentlichen Änderungen

- des Herstellungsverfahrens oder der Verwendung,
- der Schutzmaßnahmen,
- der Zahl der Arbeitnehmer, die mit dem Gefahrstoff umgehen,
- des Ergebnisses der Prüfung nach § 16 Abs. 2 in Verbindung mit § 36 Abs. 2 GefStoffV,

spätestens jedoch nach 5 Jahren. Das gilt nicht für gleichartige Tätigkeiten geringen Umfanges.

Keine Anzeige ist erforderlich, wenn 1,3-Butadien

- zum Zweck der Forschung oder für Lehr- und Ausbildungszwecke hergestellt und verwendet wird, soweit es sich nicht um regelmäßig wiederkehrende Tätigkeiten handelt,
- zum Zweck der Überprüfung der Eigenschaften oder der Zusammensetzung verwendet wird,
- als Vergleichssubstanz für analytische Untersuchungen verwendet wird.

Das Fehlen einer Anzeigepflicht entbindet nicht von der Durchführung von Schutzmaßnahmen.

Bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten gelten besondere Bestimmungen.

Der Berufsgenossenschaft sind Laboratorien anzuzeigen, in denen 1,3-Butadien hergestellt oder zur Herstellung anderer Stoffe verwendet werden soll.

## 7.5 Persönliche Schutzmaßnahmen

Auch wenn für den Umgang mit 1,3-Butadien technisch dichte Anlagen und Arbeitsverfahren einzusetzen sind, kann z.B. im Havariefall eine Gefährdung der Beschäftigten durch technische und organisatorische Maßnahmen allein nicht ausgeschlossen werden. Für solche Fälle müssen geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung gestellt, in gebrauchsfertigem, hygienisch einwandfreiem Zustand gehalten und bei Bedarf benutzt werden. Das Tragen von Atemschutz und Vollschutzanzügen darf keine ständige Maßnahme sein (2).

### 7.5.1 Atemschutz

Besteht die Gefahr des Einatmens von 1,3-Butadien, sind geeignete Atemschutzgeräte bereitzustellen und zu benutzen. Die Bereitstellung muß erfolgen, wenn die Einhaltung des Luftgrenzwertes nicht nachgewiesen ist. Die Beschäftigten müssen die Geräte benutzen, wenn der TRK-Wert nicht unterschritten wird (2) (54) (3).

Die Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“ sind zu beachten (58).

Zum Schutz gegen 1,3-Butadien sind Gasfilter des Typs AX, Kennfarbe braun, gemäß DIN EN 371 geeignet. Dabei gelten die folgenden maximalen Einsatzkonzentrationen und -zeiten: (58) (67)

- 100 ml/m<sup>3</sup> für maximal 40 Minuten
- 500 ml/m<sup>3</sup> für maximal 20 Minuten.

Die Filter dürfen nur im Anlieferungszustand (fabrikfrisch) verwendet werden. Innerhalb einer Arbeitsschicht (max. 8 Stunden) ist die wiederholte Benutzung im Rahmen der jeweiligen maximalen Einsatzzeit zulässig. Eine Wiederverwendung darüberhinaus ist unzulässig (58).

Die Verwendung von AX-Filtern gegen Gemische von 1,3-Butadien und anderen organischen Verbindungen ist unzulässig, da mit Desorptionsvorgängen am Filter zu rechnen ist (58).

Die Verwendung von Gasfiltern der Bezeichnung A 1 und A 2 gegen 1,3-Butadien ist unzulässig, das gilt auch für entsprechende Mehrbereichsfilter, beispielsweise A 2, B 2, E 2, K 2 (58).

Von der Umgebungsatmosphäre unabhängige Atemschutzgeräte (Isoliergeräte) müssen verwendet werden bei höheren Konzentrationen an 1,3-Butadien, Gasausbrüchen oder unklaren Bedingungen. Isoliergeräte sind z.B. Schlauchgeräte oder Preßluftatmer.

Die Schutzausrüstung ist außerhalb der gefährdeten Bereiche, jedoch für die Beschäftigten schnell erreichbar, aufzubewahren.

Benutzer von Atemschutzgeräten, die arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach dem Grundsatz G 26 Atemschutzgeräte“ zu unterziehen sind, müssen Tragezeitbegrenzungen gemäß Abschnitt 6.3 der Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten“ (ZH 1/701) einhalten (63).

### 7.5.2 Augenschutz

Beim Umgang mit 1,3-Butadien muß ausreichender Augenschutz getragen werden (30) (59). Das sind z.B. Gestellbrillen mit Seitenschutz (bei Überwachungstätigkeiten in Betrieb und Labor), Korbbrillen (wenn mit verspritzenden butadienhaltigen Flüssigkeiten zu rechnen ist, z. B. beim Beseitigen von Störungen), Vollmasken (wenn butadienhaltige Dämpfe oder Aerosole auftreten können, z. B. beim Beseitigen von Störungen).

Schutzschirme sollten nur zusammen mit Gestellbrillen mit Seitenschutz oder Korbbrillen (vor allem bei Arbeiten über Kopf) getragen werden.

### 7.5.3 Körperschutz

Zum Schutz des Gesichtes sind Vollmasken geeignet, da beim Austreten von 1,3-Butadien ohnehin Atemschutz getragen werden muß (30) (58).

Die Hände können gegen den Kontakt mit 1,3-Butadien durch Handschuhe aus beständigem Gummi oder Kunststoff geschützt werden. Völlig ungeeignet sind Leder- und Stoffhandschuhe (60).

In Abhängigkeit von dem Ausmaß der möglichen Gefährdung sind zusätzlich ggf. Vollschutzanzüge aus geeigneten Materialien zu tragen; Hinweise geben die Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung“ (57).

Arbeitskleidung, einschließlich der Unterwäsche sollte wie beim Umgang mit anderen brennbaren Stoffen nicht aus Textilien bestehen, die im Brandfalle ein gefährliches Schmelzverhalten zeigen können.

### 7.5.4 Hygiene

Technische und organisatorische Maßnahmen sollen die Aufnahme von 1,3-Butadien verhindern, Hygienemaßnahmen sollen das unterstützen.

Dazu sind im Rahmen eines Hautschutzplanes vor Beginn der Arbeiten, vor Pausen und nach der Arbeit angemessene Hautreinigungs- und Hautschutzmaßnahmen durchzuführen. Empfehlungen dazu gibt das Merkblatt M 042 Hautschutz“. Zusätzliche Informationen sind über den Bundesverband Handschutz e.V., Brunnenweg 1, 27404 Elsdorf, erhältlich (61).

Arbeitskleidung, Schutzkleidung und persönliche Schutzausrüstungen, die durch 1,3-Butadien verunreinigt sind, müssen gewechselt und gründlich gereinigt oder erforderlichenfalls vernichtet werden.

Um den Aufwand bei der Entsorgung zu verringern, sollten Kleidung und Schutzausrüstung vor dem Vernichten ebenfalls gereinigt werden.

Beschäftigten, die mit 1,3-Butadien umgehen, sind Waschräume sowie Räume mit getrennten Aufbewahrungsmöglichkeiten für Straßen- und Arbeitskleidung sowie für persönliche Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen (2).

Beschäftigte, die mit 1,3-Butadien umgehen, dürfen in Arbeitsräumen oder an Arbeitsplätzen im Freien keine Nahrungs- und Genußmittel zu sich nehmen (2).

Nahrungs- und Genußmittel dürfen nur so aufbewahrt werden, daß sie nicht mit 1,3-Butadien in Berührung kommen.

## 7.6 Kennzeichnung

Werden 1,3-Butadien und dessen Zubereitungen in den Verkehr gebracht oder verwendet, ist die Verpackung nach der Gefahrstoffverordnung zu kennzeichnen (siehe auch Abschnitt 3.2). Ergänzende Hinweise enthält die TRGS 200.

Sichtbar verlegte Rohrleitungen sind in ausreichender Häufigkeit und gut sichtbar in unmittelbarer Nähe der gefahrträchtigen Stellen, z.B. Schieber, Anschlußstellen, zu kennzeichnen. Behälter sind eindeutig, deutlich

erkennbar und dauerhaft zu kennzeichnen, wenn durch Inhalt, Temperatur oder durch Verwechseln Gefahren entstehen können (2).

Anschluß- und Entnahmestellen an Gasleitungen sind zur Vermeidung von Verwechslungen ebenfalls zu kennzeichnen.

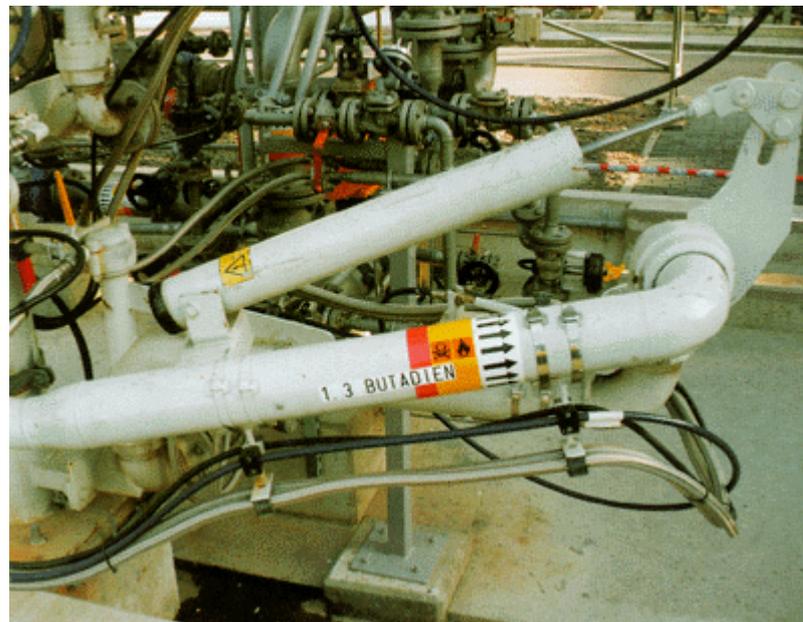
Räume und Bereiche im Freien mit Anlagen für 1,3-Butadien müssen mit dem Warnzeichen „Warnung vor giftigen Stoffen“ deutlich erkennbar und dauerhaft gekennzeichnet werden. Anlagen für 1,3-Butadien sind darüber hinaus mit dem Warnzeichen „Warnung vor explosionsfähiger Atmosphäre“ zu kennzeichnen (33) (38).

Ausnahmen von der Kennzeichnungspflicht beim Umgang sind in § 23 Gefahrstoffverordnung zusammengestellt.

Die Kennzeichnung von 1,3-Butadien bei Transporten auf öffentlichen Verkehrswegen regelt eine Reihe nationaler und internationaler verkehrsrechtlicher Vorschriften, z. B. das Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (GGBefG) und seine Verordnungen. Einzelheiten enthält das Merkblatt A 013 „Transport gefährlicher Güter“ (28).

Die Kennzeichnung von Abfällen regeln die TRGS 201 und § 36 Abs. 6 Nr. 6 und 7 Gefahrstoffverordnung.

Abbildung 4: Kennzeichnung einer Rohrleitung



## 7.7 Arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen

Trotz technischer, organisatorischer und persönlicher Schutzmaßnahmen können Gesundheitsschäden durch 1,3-Butadien nicht in allen Fällen mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Um Beeinträchtigungen der Gesundheit rechtzeitig erkennen und ihnen vorbeugen zu können, sind daher arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen erforderlich.

Wird der Luftgrenzwert für 1,3-Butadien nicht eingehalten oder sind andere Auswahlkriterien erfüllt, so müssen die am betreffenden Arbeitsplatz beschäftigten Arbeitnehmer nach

- § 28 Gefahrstoffverordnung in Verbindung mit Anhang VI
- §§ 3, 15 UVV „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ Anlage 1

arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen unter Beachtung des Grundsatzes **G 40** krebserzeugende Gefahrstoffe „allgemein“ unterzogen werden. Nachuntersuchungen sind nach 24-60 Monaten durchzuführen (**63**).

Nachgehende Untersuchungen sind in Abständen von 24-60 Monaten für Versicherte vorzunehmen, die nach dem 1.10.84 (eventuell abweichende Stichtage in den neuen Bundesländern beachten) eine Tätigkeit mit 1,3-Butadien beendet haben, die so lange ausgeübt wurde, daß mindestens eine Nachuntersuchung zu veranlassen war. Untersuchungsumfang wie in Abschnitten 4.2 und 4.3 des Grundsatzes **G 40**.

Eine Hilfestellung bei der Beantwortung der Frage, ob arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen erforderlich sind, geben die Auswahlkriterien **ZH 1/600.40d** (siehe auch **Abschnitt 6**).

Die Untersuchungen sind von einem nach § 30 Gefahrstoffverordnung bzw. § 8 UVV „Arbeitsmedizinische Vorsorge“ ermächtigten Arzt unter Beachtung des Grundsatzes **G 40** durchzuführen.

Das Benutzen von Atemschutzgeräten befreit nicht von der Durchführung der Vorsorgeuntersuchungen (siehe auch § 3 Abs. 3 UVV „Arbeitsmedizinische Vorsorge“). Beschäftigte, die Atemschutzgeräte benutzen, sind zusätzlich unter Beachtung des Grundsatzes **G 26** „Atemschutzgeräte“ zu untersuchen.

## 8 Erste Hilfe

### 8.1 Allgemeines

Alle Personen, die mit 1,3-Butadien umgehen, müssen über die Erste-Hilfe-Maßnahmen unterrichtet sein und über das Verhalten bei Arbeitsunfällen unterwiesen werden (**2**) (**30**) (**36**).

Die von den Berufsgenossenschaften anerkannten Anleitungen zur Ersten Hilfe sind entsprechend dem jeweiligen Gefährdungsgrad an geeigneten Stellen auszuhängen (**36**).

Über jede Erste-Hilfe-Leistung sind Aufzeichnungen zu führen, z. B. in einem Verbandbuch, und 5 Jahre lang aufzubewahren (**36**).

Bei Verdacht auf eine Gesundheitsschädigung durch 1,3-Butadien muß der Betroffene den Gefahrenbereich verlassen bzw. aus dem Gefahrenbereich gebracht werden. Die Helfer haben sich dabei vor Kontakt mit 1,3-Butadien zu schützen (Atemschutz, Schutzhandschuhe usw.).

Ärztliche Hilfe ist unverzüglich in Anspruch zu nehmen. Dem Arzt sind der chemische Stoff und die bereits durchgeführten Erste-Hilfe-Maßnahmen anzugeben.

Um wirksame Hilfe leisten zu können, kann eine Absprache zwischen Betrieb, Betriebsarzt, Krankenhaus oder Notdienst erforderlich sein.

Grundsätzliche Fragen, die Gegenstand der Ersten-Hilfe-Ausbildung sind, wie Stabile Seitenlage, Herz-Lungen-Wiederbelebung, Schockbekämpfung werden in diesem Merkblatt nicht angesprochen.

### 8.2 Augen

- Auge unter Schutz des unverletzten Auges sofort mindestens 15 Minuten mit Wasser spülen

- Steriler Schutzverband
- Augenärztliche Behandlung.

### 8.3 Atmungsorgane

- Verletzten unter Selbstschutz aus dem Gefahrenbereich bringen
- Bei Atemnot Sauerstoff inhalieren lassen
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen
- Ärztliche Behandlung.

### 8.4 Haut

- Mit 1,3-Butadien durchsetzte Kleidung, auch Unterwäsche und Schuhe, sofort ausziehen; auf Brandgefährdung und Selbstschutz achten
- Sollten Kleidungsstücke durch verdampfendes 1,3-Butadien am Körper angefroren sein, sind sie zunächst durch Spülen mit viel Wasser abzulösen
- Erfrierungen und Wunden keimfrei bedecken
- Für Körperruhe sorgen, vor Wärmeverlust schützen
- Ärztliche Behandlung.

## Anhang

### Vorschriften, Regeln und andere Schriften

Nachstehend sind die insbesondere zu beachtenden einschlägigen Vorschriften, Regeln und andere Schriften zusammengestellt:

EG-Richtlinien können bezogen werden beim:  
*Bundesanzeiger Verlag, Postfach 100534, 50667 Köln.*

#### 1. Gesetze/Verordnungen

Bezugsquelle: Buchhandel oder Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln:

- (1) Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit (Arbeitsschutzgesetz **ArbSchG**)
- (2) Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung GefStoffV) (ZH 1/220) mit Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS), insbesondere:
- (3) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 101** Begriffsbestimmungen

- (4) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 102** Technische Richtkonzentrationen (TRK) für gefährliche Stoffe
- (5) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 150** Unmittelbarer Hautkontakt mit Gefahrstoffen, die durch die Haut resorbiert werden können Hautresorbierbare Gefahrstoffe
- (6) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 200** Einstufung und Kennzeichnung von Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen
- (7) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 201** Kennzeichnung von Abfällen beim Umgang
- (8) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRgA 400** Anforderungen an Meßstellen zur Durchführung der Messungen gefährlicher Stoffe in der Luft am Arbeitsplatz
- (9) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 402** Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen
- (10) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 440** Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Vorgehensweise (Ermittlungspflichten)
- (11) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 514** Lagern sehr giftiger und giftiger Stoffe in Verpackungen und ortsbeweglichen Behältern
- (12) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 555** Betriebsanweisung und Unterweisung nach § 20 GefStoffV
- (13) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 900** Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz Luftgrenzwerte
- (14) Technische Regeln für Gefahrstoffe **TRGS 905** Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe
- (15) Verordnung über Arbeitsstätten (Arbeitsstättenverordnung **ArbStättV**) mit Arbeitsstätten-Richtlinien, insbesondere:
- (16) Arbeitsstätten-Richtlinie **ASR 5** Lüftung
- (17) Arbeitsstätten-Richtlinie **ASR 13/1,2** Feuerlöscheinrichtungen
- (18) Verordnung über Druckbehälter, Druckgasbehälter und Füllanlagen (Druckbehälterverordnung DruckbehV) (**ZH 1/400**) mit Technischen Regeln Druckbehälter (TRB) und Technischen Regeln Druckgase (TRG), insbesondere:
- (19) Technische Regeln Druckbehälter **TRB 610** Aufstellung von Druckbehältern zum Lagern von Gasen
- (20) Technische Regeln Druckgase **TRG 101** Gase
- (21) Technische Regeln Druckgase **TRG 102** Technische Gasgemische
- (22) Technische Regeln Druckgase **TRG 280** Betreiben von Druckgasbehältern
- (23) Zwölfte Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Störfall-Verordnung) 12. BImSchV
- (24) Erste Allgemeine Verwaltungsvorschrift der Bundesregierung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz TA Luft

Bezugsquelle: Deutscher Bundes-Verlag GmbH, Postfach 12 03 80, 53045 Bonn:

- (25) Gesetz zur Vermeidung, Verwertung und Beseitigung von Abfällen (KrW-/AbfG)
- (26) Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts (Wasserhaushaltsgesetz WHG), ergänzt durch Verordnungen und Ländervorschriften
- (27) Verordnung über wassergefährdende Stoffe bei der Beförderung in Rohrleitungsanlagen
- (28) Gesetz über die Beförderung gefährlicher Güter (GGBefG) und seine Verordnungen

Bezugsquelle: Umweltbundesamt, Bismarckplatz 1, 14193 Berlin

(29) Katalog wassergefährdender Stoffe

## 2. Unfallverhütungsvorschriften

Bezugsquellen: Jedermann-Verlag, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg,  
Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Postfach 10 14 80, 69021 Heidelberg  
und Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln

- (30) Allgemeine Vorschriften (VBG 1)
- (31) Schweißen, Schneiden und verwandte Verfahren (VBG 15)
- (32) Arbeiten an Gasleitungen (VBG 50)
- (33) Gase (VBG 61)
- (34) Gefahrstoffe (VBG 91) (in Vorbereitung)
- (35) Arbeitsmedizinische Vorsorge (VBG 100)
- (36) Erste Hilfe (VBG 109)
- (37) Umgang mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (VBG 113)
- (38) Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz (VBG 125)

## 3. BG-Regeln, Grundsätze, Merkblätter

Bezugsquelle: Werbe-Druck Winter, Büchertstraße 4, 69207 Sandhausen:

- (39) Richtlinien für die Vermeidung der Gefahren durch explosionsfähige Atmosphäre mit Beispielsammlung  
Explosionsschutz-Richtlinien (EX-RL)

Bezugsquellen: Berufsgenossenschaft der chemischen Industrie, Postfach 10 14 80, 69021 Heidelberg und  
Jedermann-Verlag, Postfach 10 31 40, 69021 Heidelberg:

- (40) Richtlinien für Arbeiten in Behältern und engen Räumen
- (41) Richtlinien für die Vermeidung von Zündgefahren infolge elektrostatischer Aufladungen (Richtlinien  
Statische Elektrizität )
- (42) Richtlinien für Laboratorien
- (43) Merkblatt M 042: Hautschutz
- (44) Merkblatt T 006: Reinigen von Behältern
- (45) Merkblatt T 025: Sicherer Umgang mit Flüssigkeiten, Teil 1: Umfüllen
- (46) Merkblatt T 026: Probenahme Flüssigkeiten
- (47) Merkblatt T 033: Beispielsammlung zu den Richtlinien Statische Elektrizität
- (48) Merkblatt A 008: Persönliche Schutzausrüstungen
- (49) Merkblatt A 009: Zusammenarbeit im Betrieb, Sicherheitstechnisches Koordinieren
- (50) Merkblatt A 010: Betriebsanweisungen für den Umgang mit Gefahrstoffen
- (51) Merkblatt A 013: Transport gefährlicher Güter

- (52) **Merklblatt A 016**: Gefährdungsbeurteilung Anleitung zur Durchführung
- (53) **Merklblatt A 017**: Gefährdungsbeurteilung Prüfliste, Gefährdungs- und Belastungsfaktoren
- (54) Anlage 4 zu den Unfallverhütungsvorschriften: TRGS 900, TRGS 903, TRGS 905

Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln:

- (55) Regeln für die Ausrüstung von Arbeitsstätten mit Feuerlöschern (ZH 1/201)
- (56) Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz an Arbeitsplätzen mit Arbeitsplatzlüftung (ZH 1/140)
- (57) Regeln für den Einsatz von Schutzkleidung (ZH 1/700)
- (58) Regeln für den Einsatz von Atemschutzgeräten (ZH 1/701)
- (59) Regeln für den Einsatz von Augen- und Gesichtsschutz (ZH 1/703)
- (60) Regeln für den Einsatz von Schutzhandschuhen (ZH 1/706)
- (61) Regeln für den Einsatz von Hautschutz (ZH 1/708)
- (62) Arbeitssicherheit durch vorbeugenden Brandschutz (ZH 1/112)

Bezugsquelle: Buchhandel

- (63) Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, ISBN 3-87247-450-2, insbesondere:
- (64) **G 26** Atemschutzgeräte
- (65) **G 40** Krebserzeugende Gefahrstoffe Allgemein

#### 4. DIN/EN-Normen; VDI-, VDE-Bestimmungen

Bezugsquelle: Beuth-Verlag GmbH, Burggrafenstraße 6, 10787 Berlin:

- (66) DIN 2403: Kennzeichnung von Rohrleitungen nach dem Durchflußstoff
- (67) DIN EN 371: Atemschutzgeräte; AX-Gasfilter und Kombinationsfilter gegen niedrigsiedende organische Verbindungen; Anforderungen, Prüfung, Kennzeichnung
- (68) DIN EN 45001: Allgemeine Kriterien zum Betreiben von Prüflaboratorien; weitere Normen der 45000er-Reihe

#### 5. Andere Schriften

Bezugsquelle: Buchhandel

- (69) Ullmanns Encyclopedia of Industrial Chemistry, ISBN 3-527-20113-0
- (70) Gesundheitsschädliche Arbeitsstoffe: Toxikologisch-arbeitsmedizinische Begründung von MAK-Werten, ISSN 0930-1984
- (71) Hommel: Handbuch der gefährlichen Güter, ISBN 3-540-58564-8
- (72) Informationsschrift Abfallarten, ISBN 3-503-01951-0
- (73) Handbuch der Verwerterbetriebe für industrielle Rückstände, Umweltbundesamt, ISBN 3-503-02494-8
- (74) Nabert/Schön: Sicherheitstechnische Kennzahlen brennbarer Gase und Dämpfe, ISBN 3-8064-9946-2

- (75) Wirth, Gloxhuber: Toxikologie, ISBN 3-13-421104-1
- (76) K. Ridder: Gefahrgut-Handbuch, ISBN 3-609-77000-7
- (77) G. Jürgens: Lagerung gefährlicher Stoffe, ISBN 3-98003086-3-4
- (78) CRC, Handbook of Chemistry and Physics, 1st Student Edition, ISBN 0-8493-0740-6

Bezugsquelle: VCH Verlagsgesellschaft mbH, Postfach 10 11 61, 69451 Weinheim

- (79) Deutsche Forschungsgemeinschaft: MAK- und BAT-Werte-Liste 1996, ISBN 3-527-27569-X

Bezugsquelle: Carl Heymanns Verlag KG, Luxemburger Straße 449, 50939 Köln:

- (80) Von den Berufsgenossenschaften anerkannte Analysenverfahren zur Feststellung der Konzentrationen krebserzeugender Arbeitsstoffe in der Luft in Arbeitsbereichen (ZH 1/120)
- (81) Auswahlkriterien für die spezielle arbeitsmedizinische Vorsorge nach den Berufsgenossenschaftlichen Grundsätzen für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen (ZH 1/600) mit insbesondere ZH 1/600.40d: 1,3-Butadien

Deutscher Bundesverlag GmbH u. Co. KG, Postfach 12 03 80, 53045 Bonn

- (82) Empfehlung des Bundesministers für Arbeit und Sozialordnung zur Aufstellung von Flucht- und Rettungsplänen nach § 55 Arbeitsstättenverordnung, Bek. des BMA vom 10.12.1987 IIIb 2-8

Bezugsquelle: Superintendent of Documents U.S. Government, Printing Office, Washington D.C. 20402:

- (83) Occupational Health Guidelines for Chemical Hazards: Butadiene“

Bezugsquelle: W. Kohlhammer GmbH, 70549 Stuttgart:

- (84) Verzeichnis anerkannter außerbetrieblicher Meßstellen gemäß § 18 Abs. 2 GefStoffV vom 12. 09. 1995“, Bundesarbeitsblatt 1/1996, S. 63

Bezugsquelle: Cornell University Press:

- (85) P. J. Flory: Principles of Polymer Chemistry“, 1953, S. 254

European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals, Avenue E. van Nieuwenhuyse 4, B. 6, B-1160 Brüssel

- (86) ECETOC Spezial Report No. 4, 1,3-Butadien Criteria Document“, January 1993

Vollständige Überarbeitung der Ausgabe 10/87