



# Verhinderung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens von Kryobehältern

**IGV-PP-01B-Rev2**

Stand: 01.02.2020

Erstellt von der Expertengruppe "Behälter" (EG-B) in Zusammenarbeit  
mit der Expertengruppe "Tankfahrzeug-Technik" (EG-TFT)

**Haftungsausschluss:** Diese Veröffentlichung entspricht dem Stand des technischen Wissens zum Zeitpunkt der Herausgabe. Der Verwender muss die Anwendbarkeit auf seinen speziellen Fall und die Aktualität der ihm vorliegenden Fassung in eigener Verantwortung prüfen. Eine Haftung des IGV und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

© IGV 2020. Der IGV genehmigt hiermit die Vervielfältigung dieses Dokuments, vorausgesetzt, der Verband wird als Quelle angegeben.

## Inhaltsverzeichnis

1	Einführung.....	3
2	Geltungsbereich .....	3
3	Begriffsbestimmungen .....	3
4	Grundlagen .....	3
4.1	Anforderungen in der TRBS 2141 .....	3
4.2	Anforderungen in der TRBS 3146 .....	4
4.3	Anforderungen in TRB 801, Nr.26 / AD2000 HP 801, Nr.26 .....	4
4.4	EIGA Doc 151/15 Verhinderung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens von Kryobehältern.....	5
5	In Deutschland zulässige und bewährte technische Lösungen zur Verhinderung von unzulässigem Überdruck von Kryobehältern während des Befüllvorganges .....	6
5.1	Schnellschlusseinrichtungen nach VdTÜV-Merkblatt 100 / TRB 403-3.2 / AD2000-A403 ..	6
5.2	PLT- Schutzeinrichtungen gemäß AD2000-A403 und AD2000-A6(Entwurf 2015-06) .....	6
5.3	Druckentlastungseinrichtungen (Sicherheitsventile oder Berstscheiben) z. B. gemäß AD2000-A403, AD2000-A2 und AD2000-A1 .....	6
5.4	Absicherung auf der Tankwagenseite .....	7
6	Prüfhinweise zur Schnellschlusseinrichtungen nach 5.1 .....	7
7	Zusammenfassung .....	8
8	Referenzen .....	8
9	Änderungen zu den vorherigen Versionen .....	9
9.1	Änderungen zu Rev1 .....	9

## 1 Einführung

Die Technischen Regeln zur Druckbehälterverordnung (TRB) wurden zum 31.12.2012 zurückgezogen, und die konkreten Inhalte und technischen Lösungen in der TRB 801, Nr.26 hinsichtlich der Absicherung von Kryobehältern gegen unzulässigen Überdruck während des Befüllvorganges wurden nicht in die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) oder in die Technischen Regeln zur Betriebssicherheit (TRBS) übernommen, und sind auch nicht in der Druckgeräteichtlinie (DGRL) oder der EN 13458 enthalten.

Die wesentlichen Inhalte der TRB 801, Nr. 26 wurden in das AD2000-Merkblatt HP801, Nr.26 überführt.

Eine entsprechende Sicherheitseinrichtung (SAA) am Behälter sorgt während der Betankung dafür, dass kein unzulässig hoher Druck entstehen kann, und der Behälter sicher betankt werden kann.

## 2 Geltungsbereich

Dieses Positionspapier gilt für Kryobehälter die nach alten und neuen Regelwerken hergestellt sind, d.h. nach UVV Druckbehälter (VBG17), Druckbehälterverordnung (DruckBehV.) und den europäischen Richtlinien 97/23/EG (DGRL) und 2014/68/EU (DGR), und in Deutschland betrieben werden.

## 3 Begriffsbestimmungen

### Zulässiger Betriebsdruck PS des Kryobehälters

Siehe Definitionen in der EN 13458-2 oder im AD2000-B0

$P = PS + Ph + 1 \text{ bar}$  (bei vakuumisolierten Behältern)

P=Berechnungsdruck

PS=zul.Betriebsdruck

Ph=Hydrostatischer Druck der Füllung (nur zu berücksichtigen, wenn  $Ph > 5\%$  von  $Ps + 1 \text{ bar}$ )

### Höchstzulässiger Druck im Kryobehälter

Der höchstzulässige Druck im Kryobehälter darf im Gefahrenfall den zulässigen Betriebsdruck um nicht mehr als 10 % überschreiten (TRBS 3146, 4.3.7 / AD2000-Merkblatt A403 mit Bezug auf AD2000 Merkblätter A1, A2 und A6 / TRB 403 mit Bezug auf AD Merkblätter A1, A2 und A6)

### Kryobehälter

Ortsfest betriebener Druckbehälter für Gase oder Gasgemische mit Betriebstemperaturen von weniger als  $-10^\circ\text{C}$

## 4 Grundlagen

### 4.1 Anforderungen in der TRBS 2141

In der TRBS 2141, 2.2 Bestimmungsgemäße Verwendung, wird gefordert:

„Bestimmungsgemäße Betriebsweise ist die Verwendung von druckbeaufschlagten Arbeitsmitteln einschließlich überwachungsbedürftiger Druckanlagen unter Einhaltung der zulässigen Betriebsparameter, die der Arbeitgeber unter Berücksichtigung der Herstellerangaben für die vorgesehene Verwendung festgelegt hat.

Hierbei sind auch Füll-, Entleer-, An- und Abfahrvorgänge **sowie vernünftigerweise nicht auszuschließende Abweichungen** von den überwiegend zu unterstellenden Prozess- und Stoffparametern zu berücksichtigen.“

Gemäß der TRBS 2141 und den spezifischen Anforderungen zur Einhaltung des Standes der Technik bei der Beschaffung und Verwendung von Arbeitsmitteln (Bekanntmachungen zur Betriebssicherheit BekBS-1113 und BekBS 1114), sind in Deutschland weiterhin ausschließlich die bewährten technischen Lösungen zur Absicherung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens zulässig, die unabhängig vom Befüllfahrzeug arbeiten und druckbehälterseitig angebracht sind.

## 4.2 Anforderungen in der TRBS 3146

### 4.2.1 Höchstzulässiger Druck (TRBS 3146, 4.3.7 (2) 4.Satz)

Der höchstzulässige Druck im Kryobehälter darf im Gefahrenfall den zulässigen Betriebsdruck um nicht mehr als 10 % überschreiten

### 4.2.2 Zulässige Füllgrade (TRBS 3146, 4.3.3 und Merkblatt T029 BGRCI)

Die Einrichtungen zur Füllstandsbegrenzung von ortsfesten Druckgasbehältern für verflüssigte Gase sind so einzustellen, dass der Füllgrad bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur 95 % des Gesamtrauminhalts nicht überschreitet.

Der zulässige Füllgrad ist der Volumenanteil der Flüssigphase bei der höchstmöglichen Temperatur.

Bei Gasen, die weder entzündbar sind, noch eine Gesundheitsgefahr nach CLP-Verordnung haben, darf der Füllgrad bei der maximal zulässigen Betriebstemperatur 98 % des Gesamtrauminhaltes nicht überschreiten.

Die Füllgrade dürfen auf die Einfülltemperatur bezogen werden, wenn Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung vorhanden sind, deren Funktion durch die bei der Freisetzung von Gasen auftretenden tiefen Temperaturen nicht beeinträchtigt werden und wenn die Gase gefahrlos austreten oder gefahrlos abgeleitet werden.

Anmerkung: Zulässige Füllgrade bei Kohlensäurebehältern siehe unter Abschnitt 4.3.3 dieses Dokumentes

## 4.3 Anforderungen in TRB 801, Nr.26 / AD2000 HP 801, Nr.26

Die wesentlichen Inhalte der TRB 801, Nr. 26 wurden in das AD2000-Merkblatt HP801, Nr.26 überführt.

### 4.3.1 Verzicht für den Einbau einer Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung für den Befüllvorgang

Entsprechend der alten TRB 801, Nr.26, 7.3 und gemäß AD2000 HP 801, Nr.26, 4.5 darf bei Vorliegen folgender Bedingungen auf den Einbau einer Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung für den Befüllvorgang verzichtet werden:

- der zulässige Betriebsüberdruck der Druckgeräte beträgt  $\geq 36$  bar
- der maximale Pumpendruck  $\leq 40$  bar
- die Druckbehälter sind aus folgenden austenitischen Werkstoffen hergestellt: 1,4301, 1,4311, 1,4541, 1,4571 und 1.6907 nach VdTÜV – Merkblatt 371, alle entsprechen AD-Merkblatt W2
- die Druckbehälter werden für Stickstoff, Sauerstoff, Neon, Helium, Argon und Wasserstoff verwendet. Die Auslegung der Kryodruckbehälter erfolgt daher für zulässige Betriebstemperaturen nicht über  $-183^{\circ}\text{C}$  (Siedetemperatur bei Atmosphärendruck von Sauerstoff)
- Die Befüllung der Druckbehälter darf nur aus Tankwagen erfolgen, deren fest eingebaute Umfüllpumpen durch Auslegung bzw. fest eingebaute Begrenzung keinen Fülldruck von mehr

als 40 bar am Pumpenstutzen erzeugen können. Der Nachweis hierfür kann durch eine Bestätigung des Gaslieferanten erfolgen.

Die Grundlagen hierfür stehen im Gutachten des TÜV Süddeutschland vom 11.2.2000, „zur Zulässigkeit eines Einstelldrucks der Schnellschlusseinrichtung zur Absicherung gegen unzulässige Drucküberschreitung bei der Befüllung von Kryo-Drucktanks auf das 1,1-fache des zulässigen Betriebsüberdruckes“.

#### 4.3.2 Übergeordnete Anforderungen an die technische Lösung der Sicherheitseinrichtung

Sicherheitseinrichtungen gegen Drücküberschreitung sind für den Befüllvorgang an Druckgeräten zur Lagerung tiefkalter flüssiger Gase erforderlich, und sind „grundsätzlich druckbehälterseitig anzubringen, und unabhängig von den Ausrüstungsteilen der Behälterfahrzeuge auszulegen“ (TRB 801, Nr. 26, Abschnitt 7.1.2 und AD2000-HP801, Nr.26, Abschnitt 4.2)

#### 4.3.3 Besondere Regelungen für Lagerbehälter für Kohlensäure

4.3.3.1 Bei der Befüllung der Lagerbehälter für Kohlensäure darf ein Füllgrad von 95 % (Flüssigphase) nicht überschritten werden. Abweichend davon dürfen Lagerbehälter für Kohlensäure bis 98 % befüllt werden, wenn geeichte oder prüffähige Wägeeinrichtungen vorhanden sind (TRB 801, Nr. 26, Abschnitt 8.2)

4.3.3.2 Der Abschaltpunkt des Sicherheitsdruckbegrenzers muss

- in einem Abstand von mindestens 10 % zum Ansprechpunkt des Sicherheitsventils oder
- in einem Abstand von mindestens 0,5 bar zum Ansprechpunkt des Sicherheitsventils, bei einer Ansprechtoleranz von kleiner oder gleich 2 % des Sicherheitsdruckbegrenzers

eingestellt werden (TRB 801, Nr. 26, Abschnitt 8.3)

#### **4.4 EIGA Doc 151/15 Verhinderung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens von Kryobehältern**

Vor der Anwendung des EIGA Doc 151/15 ist im Einzelnen zu prüfen, ob die Anforderungen von deutschen Rechtsvorschriften, vor allem in Bezug auf den Arbeitsschutz, eingehalten sind. Diese haben Vorrang vor dem EIGA Doc 151/15, aus der keinerlei Konformitätsvermutung für nationale Arbeitsschutzvorschriften abgeleitet werden kann.

Einige Empfehlungen im EIGA Doc 151/15 stehen nicht im Einklang mit nationalen Regelungen, z. B.:

- Höchstzulässiger Druck im Kryobehälter (upper pressure limit (UPL)  
Der höchstzulässige Druck (UPL) darf bis zum Prüfdruck des Behälters ansteigen
- Zulässigkeit von Systemen zur Absicherung von unzulässigem Überdruck, in die das Befüllfahrzeug eingebunden ist
- Organisatorische Lösungen in die der Fahrer eingebunden ist (fly wire system).
- Kein Hinweis zur Anwendung der Normen EN 61506 / EN 61511 für die funktionale Sicherheit von elektrischen Systemen zur Absicherung von unzulässigem Überdruck.

## 5 In Deutschland zulässige und bewährte technische Lösungen zur Verhinderung von unzulässigem Überdruck von Kryobehältern während des Befüllvorganges

Die wesentlichen Inhalte der TRB 403 wurden in das AD2000-Merkblatt A403 überführt.

Der höchstzulässige Druck im Kryobehälter darf im Gefahrenfall den zulässigen Betriebsdruck um nicht mehr als 10 % überschreiten.

### 5.1 Schnellschlusseinrichtungen nach VdTÜV-Merkblatt 100 / TRB 403-3.2 / AD2000-A403

- Sicherheitsabsperrarmatur (SAA) MG97P für zulässige Betriebsüberdrücke von 2 bis 40 bar
- Sicherheitsabsperrarmatur (SAA) MG97C für zulässige Betriebsüberdrücke von 2 bis 40 bar und Pumpendrucke des Tankfahrzeuges bis 80 bar
- Für die Gase Sauerstoff, Stickstoff, Argon, Ethylen, Methan, Distickstoffoxid und Kohlendioxid liegt die Betrachtung des Systems Druckbehälter/Schnellschlusseinrichtung gemäß Anhang zum VdTÜV Merkblatt Schnellschlusseinrichtungen 100 vor
- Schließdauer der SAA MG97P/C:  $\leq 0,03$  sec
- Einstelldruck bis zum 1,1-fachen des zulässigen Betriebsdruckes, nur für Kryobehälter und Gase im Rahmen des Gutachtens des TÜV Süddeutschland vom 11.2.2000
- Einstelldruck bis zum 1,05-fachen des zulässigen Betriebsdruckes, für alle anderen Kryobehälter und Gase

### 5.2 PLT- Schutzeinrichtungen gemäß AD2000-A403 und AD2000-A6(Entwurf 2015-06)

PLT- Schutzeinrichtungen können z. B. außerhalb des Zulassungsbereiches der SAA MG97 verwendet werden:

- Verwendung z. B. bei Flüssigwasserstoff- Behältern
- Verwendung bei zulässigen Betriebsdrücken kleiner 2bar oder größer 40 bar

PLT- Schutzeinrichtungen gemäß AD2000-A403 / AD2000-A6(Entwurf 2015-06) sind gemäß den Normen für funktionale Sicherheit von sicherheitsbezogenen elektrischen Systemen EN 61508 und EN 61511 zu klassifizieren, zu berechnen und zu prüfen, und bestehen grundsätzlich aus Sensorik (z. B. Druckaufnehmer), Logik (Signalverarbeitung) und Aktorik (Stellventil).

Wenn die Schutzeinrichtung angesprochen hat, darf der zulässige Betriebsdruck kurzfristig um bis zu 10 % überschritten werden.

PLT- Schutzeinrichtung haben in der Regel wesentlich größere Schließzeiten als die SAA MG97, die durch den „Nachlauf“ bedingte Drucksteigerung ist bei der Festlegung des Ansprechdruckes zu berücksichtigen.

### 5.3 Druckentlastungseinrichtungen (Sicherheitsventile oder Berstscheiben) z. B. gemäß AD2000-A403, AD2000-A2 und AD2000-A1

Sicherheitsventile oder Berstscheiben sind geeignet, soweit diese den Massenstrom während des Befüllvorganges ableiten können, unter Berücksichtigung der Druckverluste in den Füllleitungen zum Druckbehälter und den Leitungen vom Druckbehälter zu den Druckentlastungseinrichtungen (siehe z. B. EIGA Doc 168/11):

- Verwendung von Berstscheiben z. B. bei Flüssigwasserstoff- Behältern

Sicherheitsventile und Berstscheiben müssen gemäß AD 2000-Merkblatt A 403 so bemessen, eingestellt und ausgelegt sein, dass eine Überschreitung des zulässigen Betriebsdruckes um mehr als 10 % verhindert wird.

Für das gefahrlose Ableiten von Medien aus Sicherheitseinrichtungen gelten die Regelungen in TRBS 2141  
Das EIGA Doc 168/11 enthält für das gefahrlose Ableiten keine entsprechenden Empfehlungen.

#### 5.4 Absicherung auf der Tankwagenseite

Der maximale erreichbare Druck am Pumpendruckstutzen darf 40 bar nicht überschreiten. Dies gilt für die Gase LIN / LOX / LAR / LCO<sub>2</sub> sowie für Ethylen.

Aufgrund der unterschiedlichen Dichten ergeben sich bei gleicher Pumpendrehzahl unterschiedliche Förderdrücke, daher muss die Pumpendrehzahl auf das entsprechende Medium angepasst werden. Insbesondere gilt dies bei einem Wechsel des Füllmediums an einem Tankfahrzeug.

Durch technische Maßnahmen muss sichergestellt sein, dass die entsprechende Drehzahl und damit der Druck nicht über 40 bar ansteigen kann.

Für LCO<sub>2</sub>-Tankfahrzeuge, die mit zwei in Reihe schaltbaren Pumpen ausgerüstet sind, gilt als Maximalwert für den Pumpenenddruck 80 bar. In diesem Fall müssen die zu befüllenden Behälter mit der SAA "MG 97-C 80 bar" ausgerüstet sein.

Beide Anwendungsfälle (40 und 80 bar Maximaldruck) sind Bestandteil der Zulassung der Sicherheitsabsperrearmatur.

### 6 Prüfhinweise zur Schnellschlusseinrichtungen nach 5.1

Entsprechend DIN 31051 umfasst die Instandhaltung die Themen Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung. Als Inspektion versteht man die Prüfung der Konformität, z. B. anhand einer Funktionsprüfung. Mit dieser Funktionsprüfung sind auch die Anforderungen aus der TRBS 1201 – Teil 2, 6.5.3 (Prüfung der Funktionsfähigkeit sicherheitsrelevanter Ausrüstungsteile der Druckanlage) erfüllt.

- Wer darf prüfen

Basierend auf §10 der BetrSichV dürfen Instandhaltungsmaßnahmen, somit z. B. auch die Funktionsprüfung der SAA, durch eine unterwiesene Person durchgeführt werden. Die Funktionsprüfung muss nicht zwingend durch eine befähigte Person nach TRBS 1203 durchgeführt werden.

- Prüfintervalle

Zur Festlegung der Prüfintervalle ist eine Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Die empfohlene Prüffrist beträgt max. 5 Jahre (siehe auch empfohlene Prüfperioden IGV). Abhängig von den Einsatzbedingungen ist die Prüffrist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu bewerten, die Prüffrist kann daher auch kürzer ausfallen.

- Wie ist zu prüfen

Bei der Funktionsprüfung soll die Armatur, durch Anfahren des Einstelldrucks der SAA, 5 x zum Auslösen gebracht werden (siehe auch Einstellbescheinigung des Herstellers).

- Zulässige Abweichung des Schaltdrucks:  $\pm 2\%$  (siehe Typenschild)
- Reproduzierbarkeit des Schaltdrucks:  $\pm 1\%$  vom Schaltdruck

Bei der Überprüfung des Schaltdrucks der Armatur sollte auf jeden Fall ein Manometer mit der Genauigkeit 0,6 zum Einsatz kommen.

- Wie ist zu dokumentieren

Die Ergebnisse der Prüfung sind schriftlich in einer Prüfaufzeichnung zu dokumentieren.

- Wer darf verplomben

Die Funktionsfähigkeit einer SAA ist nur mit einer vollkommen intakten Plombe sichergestellt. Die Verplombung darf auch nur nach Durchführung der vorgenannten Punkte durch eine unterwiesene Person erfolgen, nachdem die Armatur einer Prüfung unterzogen wurde.

\*) Da die Schnellschlusseinrichtungen (SAA) nach VdTÜV-Merkblatt 100 die im deutschen Markt am häufigsten eingesetzte Sicherheitseinrichtung gegen Drucküberschreitung bei der Befüllung ist, werden in diesem Dokument ausschließlich für diese Sicherheitseinrichtung Hinweise für die Prüfung gegeben.

## 7 Zusammenfassung

In diesem Positionspapier werden die regelwerksmäßigen Grundlagen und die in Deutschland zulässigen und bewährten technischen Lösungen zur Verhinderung von unzulässigem Überdruck für den Befüllvorgang von Kryobehältern beschrieben:

- Schnellschlusseinrichtung SSE / Sicherheitsabsperrramatur SAA MG97. Der maximale Pumpendruck am Tankwagen darf die unter Abschnitt 5 angegebenen Drücke nicht überschreiten. Dieses ist durch technische Maßnahmen sicherzustellen. Die Schnellschlusseinrichtungen sind regelmäßig zu prüfen. Die empfohlene wiederkehrende Prüffrist beträgt maximal 5 Jahre.
- PLT- Schutzeinrichtungen, z. B. bei Flüssigwasserstoffbehältern
- Druckentlastungseinrichtungen (Berstscheiben), z. B. bei Flüssigwasserstoffbehältern

Die Empfehlungen im EIGA DOC 151/15 reichen für den Betrieb von Kryobehältern nicht aus und widersprechen den nationalen Richtlinien.

## 8 Referenzen

1. Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV) vom 3.2.2015 (BGBl. I S.49)
2. Richtlinie 2014/68/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 15. Mai 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die Bereitstellung von Druckgeräten auf dem Markt (DGRL)
3. AD2000 Merkblatt HP801, Nr.26 Besondere Druckbehälter für Gase und Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter -10°
4. AD2000 Merkblatt A403 Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur
5. AD2000 Merkblatt A1 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung - Berstsicherungen
6. AD2000 Merkblatt A2 Sicherheitseinrichtungen gegen Drucküberschreitung – Sicherheitsventile
7. AD2000 Merkblatt A6 Sicherheitseinrichtungen - PLT-Sicherheitseinrichtungen
8. Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2141 Gefährdungen durch Dampf und Druck

9. Technische Regeln für Betriebssicherheit  
TRBS 1201 Teil 2 - Prüfungen und Kontrollen bei Gefährdungen durch Dampf und Druck
10. Technische Regeln für Betriebssicherheit  
TRBS 3146 Ortsfeste Druckanlagen für Gase
11. BGRCI Merkblatt T029 Füllen von Druckbehältern mit Gasen
12. TRB 801, Nr.26 Druckbehälter für Gase und Gasgemische mit Betriebstemperaturen unter -10°
13. TRB 403 Einrichtungen zum Erkennen und Begrenzen von Druck und Temperatur
14. VdTÜV Merkblatt Schnellschlusseinrichtungen 100
15. Gutachten zur Zulässigkeit eines Einstelldrucks der Schnellschlusseinrichtung zur Absicherung gegen unzulässige Drucküberschreitung bei der Befüllung von Kryo-Drucktanks auf das 1,1-fache des zulässigen Betriebsüberdruckes  
Gutachten des TÜV Süddeutschland vom 11.02.2000,
16. EN 13458-2 Kryo-Behälter - Ortsfeste vakuum-isolierte Behälter - Teil 2: Bemessung, Herstellung und Prüfung
17. EIGA DOC 151/15 Verhinderung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens von Kryobehältern
18. EIGA DOC 168/11 Berechnungsmethode für die Analyse und Verhinderung von unzulässigem Überdruck während des Befüllens von Kryobehältern mit Berstscheiben

## **9 Änderungen zu den vorherigen Versionen**

### **9.1 Änderungen zu Rev1**

- Absicherung auf der Tankwagenseite ergänzt
- Prüfhinweise zur Schnellschlusseinrichtung aufgenommen
- EIGA DOC 151/15 nur noch als Erkenntnisquelle, da nationale Forderungen höher