



**OTIF/RID/RC/2017/42**  
(ECE/TRANS/WP.15/AC.1/2017/42)

3. Juli 2017

Original: Französisch

### **RID/ADR/ADN**

Gemeinsame Tagung des RID-Fachausschusses und der  
Arbeitsgruppe für die Beförderung gefährlicher Güter  
(Genf, 19. bis 29. September 2017)

### **Tagesordnungspunkt 7: Berichte informeller Arbeitsgruppen**

### **Weiterverfolgung der Arbeiten der informellen Arbeitsgruppe für die Verringerung des Risikos eines BLEVE – Simulationen zum Verhalten von Tanks, die einem Feuer ausgesetzt wurden**

### **Mitteilung Frankreichs**

#### **ZUSAMMENFASSUNG**

***Erläuternde Zusammenfassung:***

Information der Gemeinsamen Tagung über den Fortschritt der von INERIS durchgeführten Berechnungen zur Evaluierung der Wirksamkeit der Systeme zum Schutz von Tanks und zu deren Verhalten unter Feuereinwirkung.

***Damit zusammenhängende Dokumente:***

Bericht der Gemeinsamen Tagung des RID-Fachausschusses und der Arbeitsgruppe für die Beförderung gefährlicher Güter im Frühjahr 2017, OTIF/RID/RC/2017-A – ECE/TRANS/WP.15/AC.1/146, Absätze 43 bis 47.

## Einführung

1. Bei der letzten Gemeinsamen Tagung hat INERIS auf Antrag der französischen Regierung ein Modellierungsinstrument präsentiert, mit dem das Verhalten eines mit Gas oder einer entzündbaren Flüssigkeit befüllten Tanks im Brandfall berechnet werden kann.
2. Im Anschluss an diese Präsentation hat die französische Delegation die übrigen Delegationen gebeten, ihr die Fallstudien einzureichen, die sie gerne untersucht hätten. Es könne sich dabei um Versuchsdaten oder um nach Unfällen erhobene Daten handeln, mit denen das von INERIS entwickelte Modell ergänzt werden könne, oder um Anfragen nach präzisen Berechnungen, um die Überlegungen zur Verringerung des Risikos eines BLEVE voranzubringen.
3. Frankreich dankt den Delegationen, die die ersten Informationen geliefert haben, mit denen nun neue Berechnungen durchgeführt werden können.
4. Aufgrund der Übermittlungstermine war die Durchführung eines vollständigen Simulationsprogramms innerhalb der für die Einreichung eines offiziellen Dokuments für die Gemeinsame Tagung vorgeschriebenen Fristen jedoch nicht möglich.
5. Mit diesem Dokument sollen die bereits erhaltenen Ergebnisse mitgeteilt und ein vollständigeres Berechnungsprogramm angekündigt werden.
6. Im Übrigen können die Delegationen noch immer Daten übermitteln, über die sie verfügen und die sie gerne in das Vorhaben integriert hätten.

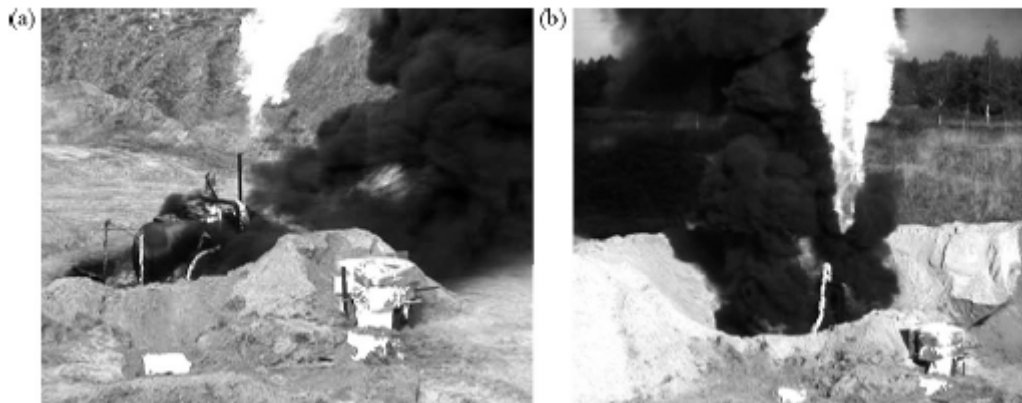
## Von diversen Delegationen übermittelte Elemente

7. Die Niederlande und AEGPL haben Elemente geliefert.
8. Die Delegation der Niederlande hat die folgenden vier Versuchsergebnisse geliefert.

**Tabelle 1: Von der niederländischen Delegation an INERIS übermittelte Konfiguration**

	<b>Außenbrandtest</b>		<b>Versuch 3 m<sup>3</sup> LPG</b>	
<b>Abmessungen des Tanks</b>	Länge: 2,6 m Durchmesser: 1,25 m Dicke: 5,1 mm		Länge: 2,68 m Durchmesser: 1,25 m Dicke: 5,1 mm	
<b>Füllungsgrad</b>	80 % LPG	50 % LPG	80 %	50 %
<b>Ventil</b>	ja	ja	ja	ja
<b>thermische Beschichtung</b>	ja	ja	ja	ja
<b>Versuchsergebnis</b>	mehrfache Öffnung des Ventils keine Explosion innerhalb der 98 Minuten des Versuchs	mehrfache Öffnung des Ventils keine Explosion innerhalb der 112 Minuten des Versuchs	mehrfache Öffnung des Ventils keine Explosion innerhalb der 98 Minuten des Versuchs	mehrfache Öffnung des Ventils keine Explosion innerhalb der 112 Minuten des Versuchs

**Abbildung 1: Versuchskonfiguration 3 m<sup>3</sup> LPG, übermittelt durch die niederländische Delegation**



Diese bestätigen die Ergebnisse der weiteren Versuche, insbesondere derjenigen der BAM.

9. AEGPL hat zwei Unfallszenarien übermittelt, die im Vereinigten Königreich stattgefunden haben.

**Tabelle 2: Von AEGPL an INERIS übermittelte Daten**

	<b>Unfallszenario Nr. 1</b>	<b>Unfallszenario Nr. 2</b>
<b>Abmessungen des Tanks</b>	Länge: 5,345 m äußerer Durchmesser: 2,077 m Dicke des Tankbodens: 8,3 mm	Länge: 5,36 m äußerer Durchmesser: 2,22 m Dicke des Tankbodens: 8 mm
<b>Füllungsgrad</b>	85 % Propan	85% Propan
<b>Ventil</b>	ja	ja
<b>thermische Beschichtung</b>	keine thermische Beschichtung	keine thermische Beschichtung
<b>Unfallfolgen</b>	Öffnung des Ventils nach 30 Minuten keine Explosion	Öffnung des Ventils keine Explosion

**Abbildung 2: Foto des Unfallszenarios Nr. 2, von AEGPL eingesandt**



## **Für die Überlegungen zur Verringerung des Risikos eines BLEVES zu untersuchenden Konfigurationen**

10. Die ersten Ergebnisse der Modellierung, die bei der Tagung im März 2017 präsentiert wurden, haben gezeigt, dass bei einer bestimmten Anzahl an Konfigurationen Ventile allein nicht ausreichen, um den Feuerschutz des Tanks über eine Dauer von 60 Minuten (z. B. ein von Feuer völlig umschlossener Tank von 30 m<sup>3</sup>, ...) hinweg sicherzustellen.

In ganz spezifischen Fällen, wie in etwa bei Feuer an der Unterseite gepaart mit einem Füllungsgrad von mehr als 50 %, haben die Berechnungen hingegen gezeigt, dass das Ventil das BLEVE-Phänomen verlangsamen oder gar verhindern kann.

11. INERIS untersucht aktuell die Feuerfestigkeit bestimmter Tankkonfigurationen, indem es alle unten aufgelisteten Elemente miteinander kreuzt, um seine ersten Ergebnisse zu ergänzen:

- Tanks mit unterschiedlichen Abmessungen (30 m<sup>3</sup> und 60 m<sup>3</sup>);
- unterschiedliche Feuereigenschaften: den Tank umschließendes Feuer, lediglich am unteren Teil des Tanks befindliches Feuer, fackelndes Feuer, das sowohl den oberen als auch den unteren Teil des Tanks erreicht;
- unterschiedliche Füllungsgrade (50 % und 85 %);
- unterschiedliche Ventiltypen (auf Druck bzw. auf Temperatur ansprechende Ventile);
- Vorhandensein oder Nichtvorhandensein einer thermischer Beschichtung;
- Tatsache, dass die thermische Beschichtung nicht den gesamten Tank abdeckt (bei Beschädigung der Beschichtung).

12. Die große Mehrheit der oben aufgeführten Konfigurationen werden bis September behandelt werden und im Rahmen eines Informationsdokumentes in einen vollständigeren Bericht aufgenommen.

13. Anhand der Berechnungen sollte ermittelt werden können, welche Schutzsysteme wirksam sind und wie hoch ihr Wirkungsgrad ist. Die nachstehend genannten Beispiele zeigen unter anderem, dass ein Ventil nicht zwangsläufig in jedem Brandfall (insbesondere in den heftigsten Brandfällen) wirksam ist, in gewissen Fällen jedoch eine Explosion verhindern kann, wie dies in den von AEGPL gelieferten Unfallszenarien nachgewiesen wurde.

14. Durch die Kreuzung des Wirkungsgrades der Einrichtungen mit den verschiedenen Szenarien können der Gemeinsamen Tagung Entscheidungskriterien geliefert werden.

## Zwei Beispiele für Ergebnisse aus von INERIS bereits durchgeführten Berechnungen

INERIS hat exemplarisch zwei Anwendungsfälle behandelt, deren Ergebnisse nachstehend durch eine Kurve dargestellt sind, die die Entwicklung der Festigkeit des Stahls des Tanks über die Zeit (Grenzbelastung in Blau) mit der tatsächlich angewendeten Belastung (in Rot) vergleicht.

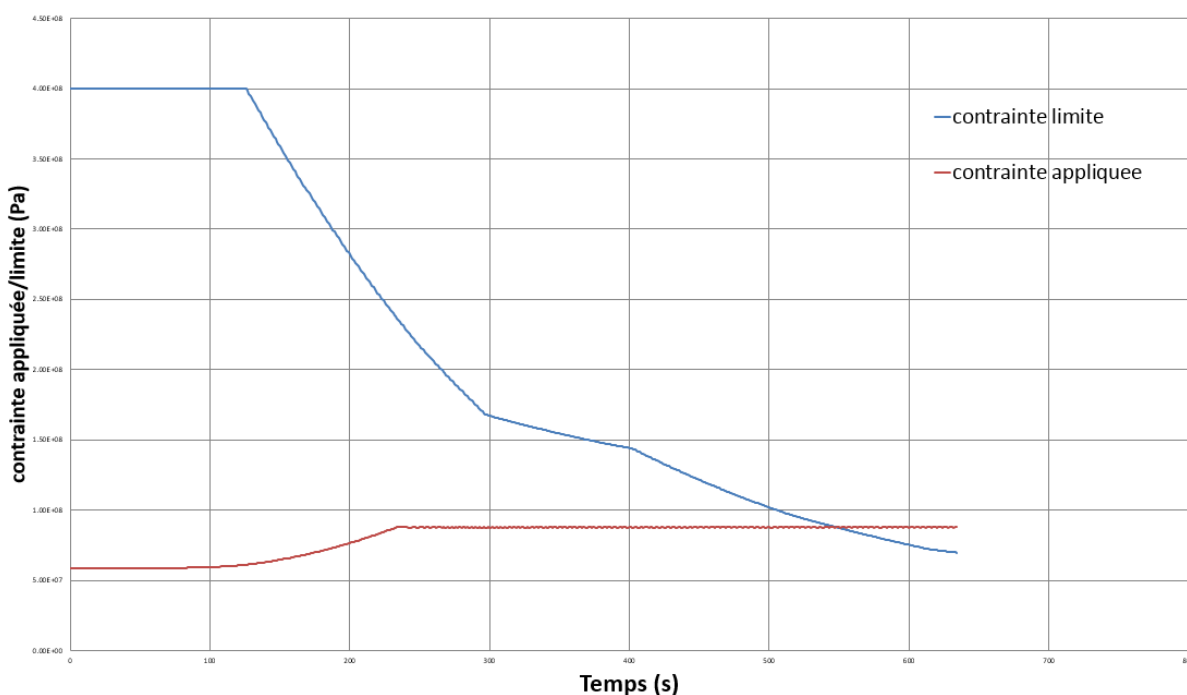
### 1. Fall

Im ersten Fall wurde ein zu 50 % befüllter Tank mit einem Fassungsvermögen von 30 m<sup>3</sup> zugrunde gelegt, der durch ein Ventil geschützt ist, dessen Ansprechdruck unabhängig von der Stahltemperatur bei 17 bar und bei einer Stahltemperatur von über 150 °C bei 9 bar liegt.

Dieses fiktive Ventil sollte das bei der letzten Tagung hervorgehobene Problem beheben, wonach es in einigen Fällen aufgrund eines zu hohen Ansprechdrucks des Ventils zum Bersten des Tanks gekommen war, noch bevor sich das Ventil geöffnet hatte.

In diesem Szenario ist der Tank vollständig von Feuer umgeben. Die Ergebnisse zeigen, dass mithilfe des Ventils die Höhe des im Inneren des Tanks entwickelten Drucks stabilisiert werden kann. Dennoch führt die Materialermüdung des Stahls zum Bersten des Tankmantels. Durch das Öffnen des Ventils kann der Anstieg der Stahltemperatur nicht gestoppt werden.

**Abbildung 3: Entwicklung der angewendeten Belastung durch Erhöhung des Drucks (rote Kurve) und der Grenzbelastung des Stahls des Tanks (blaue Kurve)**

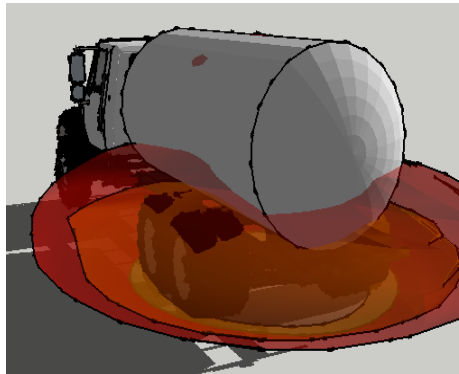


contrainte appliquée/limite (Pa) = angewendete Belastung/Grenzbelastung (Pa)  
 contrainte limite = Grenzbelastung  
 contrainte appliquée = angewendete Belastung  
 Temps (s) = Zeit (s)

**2. Fall:**

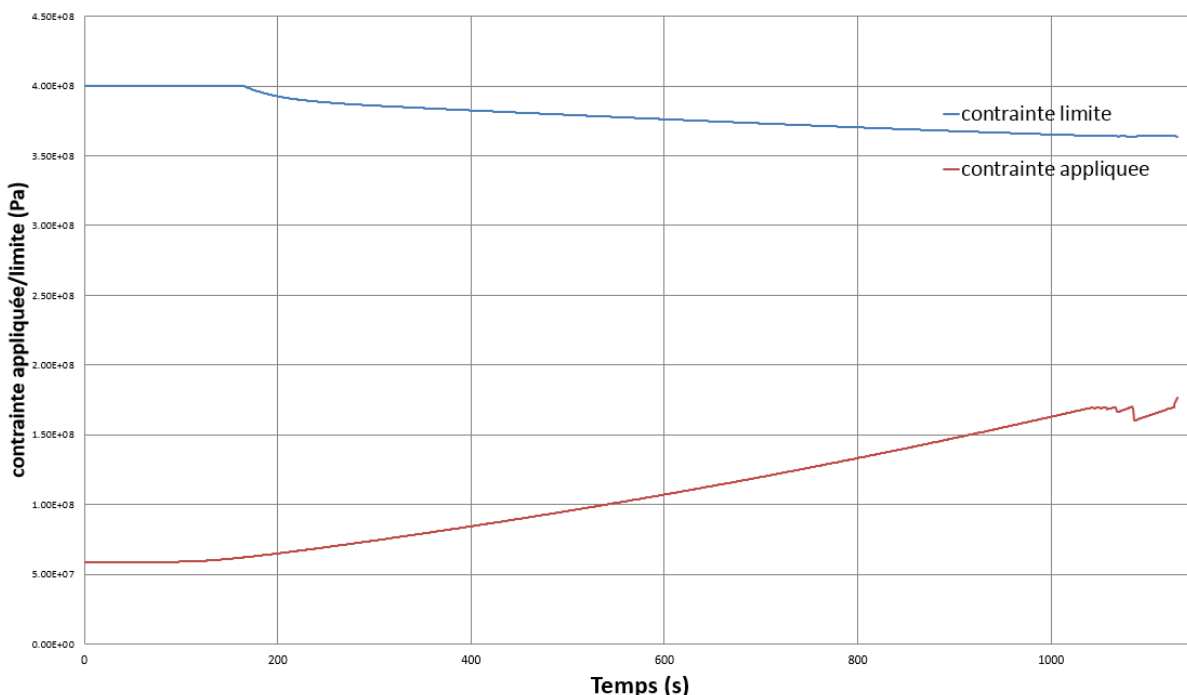
Im zweiten Fall wurde ein zu 85 % befüllter Tank mit einem Fassungsvermögen von 30 m<sup>3</sup> zugrunde gelegt, der durch ein Ventil geschützt ist, dessen Ansprechdruck unabhängig von der Stahltemperatur bei 17 bar liegt. In diesem Szenario wird lediglich die Unterseite des Tanks von Feuer erhitzt.

**Abbildung 4: Illustration des Brandes im zweiten Fall**



Die Ergebnisse zeigen, dass der Tank dem Feuer über einen Zeitraum von mehr als 60 Minuten standhalten kann. Dies lässt sich anhand des folgenden Doppelphänomens erklären: Durch das Öffnen des Ventils kann der Druckanstieg gestoppt werden, sobald 16 bar erreicht sind. Zudem bleibt die Maximaltemperatur der äußeren Ummantelung relativ begrenzt (< 170 °C), da der Bereich des Tankmantels, der nicht in Kontakt mit dem Gas steht (Füllungsgrad von 85 % gepaart mit einem lediglich auf den unteren Teil des Tanks begrenzten Feuers), von den Flammen nicht direkt betroffen ist.

**Abbildung 5: Entwicklung der angewendeten Belastung durch Erhöhung des Drucks (rote Kurve) und der Grenzbelastung des Stahls des Tanks (blaue Kurve)**



contrainte appliquée/limite (Pa) = angewendete Belastung/Grenzbelastung (Pa)  
 contrainte limite = Grenzbelastung  
 contrainte appliquée = angewendete Belastung  
 Temps (s) = Zeit (s)