

An diesem Beispiel wird deutlich, dass die **Anwendung unterschiedlicher Bändermodelle** (Spaltenmodell bzw. EMKG) zu **unterschiedlichen Ergebnissen** bei der Bewertung der Gefahrenhöhe führen kann:

- Beim Spaltenmodell wird die Dampfdruckhöhe in fünf Gruppen eingeteilt:  
Für das Substitutionsbeispiel „THF, 2-MeTHF und CPME“ ergibt sich für die ersten beiden Stoffe die Gefahrenstufe „hoch“, für CPME die Gefahrenstufe „mittel“.
- Beim EMKG wird der Siedepunkt bzw. der Dampfdruck in nur drei Gruppen eingeteilt.  
Für das Substitutionsbeispiel „THF, 2-MeTHF und CPME“ ergibt sich für alle drei Stoffe die Gefahrengruppe „mittel“.

### 6.12 TRI ersetzen durch OME

Straßenbaunormen schreiben den Einsatz von **krebserzeugendem TRI (Trichlorethylen)** als Lösemittel beim Herauslösen des Bitumens aus dem Asphalt im Rahmen von Qualitätsuntersuchungen vor. TRI ist jedoch in Anhang XIV der REACH-Verordnung gelistet, d.h. es unterliegt seit 21.4.2016 dem Zulassungsverfahren.



Informationen zum Zulassungsverfahren → *Kapitel 3.2 REACH-Verordnung* und *Kapitel 3.3 Substitution (Gefahrstoffverordnung) versus Beschränkung bzw. Zulassung (REACH-Verordnung)*.

Um die rechtlichen Vorgaben der REACH-Verordnung zu erfüllen und um die Gesundheitsgefahr durch das krebserzeugende TRI zu reduzieren, wurde nach einem **alternativen Lösemittel gesucht** und dieses mit **Octansäuremethylester (OME)**, auch bezeichnet als Methyl-octanoat oder Caprylsäuremethylester, gefunden.

In der folgenden Tabelle sind die Kennzeichnung und Eigenschaften von TRI im Vergleich zu OME angegeben. Die farbliche Hinterlegung verweist auf die zugeordneten Gefahrenstufen aus dem Spaltenmodell.

## 6. Substitution – Beispiele

Tabelle 89: Kennzeichnung und Eigenschaften von TRI und OME, Quellen: u.a. [TRGS 910], [GESTIS-Stoffdatenbank]

	Zu ersetzender Stoff	Substitutionslösung
Stoff	TRI	OME
CAS-Nr.	79-01-6	111-11-5
Piktogramme		 **)
H-Sätze Gesundheitsgefahren	<p>H350: Kann Krebs erzeugen.</p> <p>H341: Kann vermutlich genetische Defekte verursachen.</p> <p>H315: Verursacht Hautreizungen.</p> <p>H319: Verursacht schwere Augenreizung.</p> <p>H336: Kann Schläfrigkeit und Benommenheit verursachen.</p>	H315: Verursacht Hautreizungen.**)
H-Sätze Umweltgefahren	H412: Schädlich für Wasserorganismen, mit langfristiger Wirkung.	leicht biologisch abbaubar*)
WGK (s. Anm. unten)	3	1
Flammpunkt	nicht brennbar	69 °C (H227: brennbare Flüssigkeit)**)
Dampfdruck	77,6 hPa (20 °C)	0,72 hPa (25 °C)
Luftgrenzwert [mg/m <sup>3</sup> ]	Akzeptanzrisiko ( $4 \times 10^{-4}$ ): 33 Toleranzrisiko ( $4 \times 10^{-3}$ ): 33	keiner bekannt
<p>*) Quelle: [Fachartikel Tri]</p> <p>**) Quelle: Sicherheitsdatenblatt, Merck Millipore, Artikel 814927: Methyloctanoat zur Synthese, überarbeitet am 07.07.2017, Version 1.5: <a href="https://www.merckmillipore.com/DE/de/product/msds/MDA_CHEM-814927?Origin=PDP">https://www.merckmillipore.com/DE/de/product/msds/MDA_CHEM-814927?Origin=PDP</a></p>		

### Anmerkung zur Berücksichtigung der Wassergefährdungsklasse:

Wie in → Kapitel 3.5.2 Grundsätze bei der Anwendung (des Spaltenmodells) bereits beschrieben, ermöglichen die für beide Stoffe vorhandenen Einstufungen in Wassergefährdungsklassen einen Vergleich der Gefahrenhöhe in der Spalte Umwelt, weshalb in diesem Beispiel trotz der Umwelteinstufung von Trichlorethylen (H412) die Einstufungen in die Wassergefährdungsklassen in die Bewertung mit aufgenommen werden.

Gefahrstoffrechtlich gesehen ist die Verwendung von TRI immer noch „Stand der Technik“.

Zur **TRGS 460** „Vorgehensweise zur Ermittlung des Standes der Technik“ wurden vom Ausschuss für Gefahrstoffe mehrere **Praxisbeispiele veröffentlicht**, bei denen die Vor- und Nachteile mehrerer Verfahren nach einem vorgegebenen Schema miteinander verglichen werden. Als **Ergebnis der Bewertung** erhält man das Verfahren, das als „**Stand der Technik**“ bezeichnet wird.

Gründe dafür, warum die Verwendung von OME immer noch nicht „Stand der Technik“ ist, werden im „Praxisbeispiel 2: Extraktion von Bitumen aus Asphaltmischgut zur Bestimmung des Bindemittelgehaltes“ beschrieben: Das Verfahren mit OME befindet sich immer noch im **Forschungsstadium** (Stand Januar 2018). Es wäre Stand der Technik, wenn die Praxisbewährung nachgewiesen wäre und die **Verfügbarkeit von OME** sichergestellt wäre, was beides noch nicht der Fall ist.

**Praxistipp 22:** „Stand der Technik“ aus der TRGS 460 regelmäßig überprüfen

Prüfen Sie regelmäßig, ob es **neue Praxisbeispiele** zur TRGS 460 gibt:

<https://www.baua.de/DE/Angebote/Rechtstexte-und-Technische-Regeln/Regelwerk/TRGS/TRGS-460.html>



Die Anwendung des Spaltenmodells in Abbildung 31 verdeutlicht noch einmal die unterschiedlichen Gefahrenstufen beider Stoffe.

Die Substitutionslösung OME schneidet im Vergleich zu TRI in

- **drei** Spalten **besser** ab. → Die Gefahrenstufe in diesen Spalten wurde **reduziert**.
- **einer** Spalte **schlechter** ab. → Die Gefahrenstufe in dieser Spalte wurde **erhöht**.

## 6. Substitution – Beispiele


Zu ersetzender Stoff: Substitutionslösung:		Trichlorethylen (TRI) Methyloctanoat (OME)		
Gefahr	akute und chronische Gesundheit	Umwelt	Brand und Explosion	Freisetzungs- verhalten
sehr hoch	TRI: H350 <sup>*)</sup>	TRI: WGK 3 <sup>*)</sup>		
hoch				TRI: 77,6 hPa
mittel				
gering	OME: H315	OME: WGK 1	OME: Flp. 69 °C	
vernachlässigbar				
			TRI: Nicht brennbar	OME: 0,7 hPa
Gefahrenstufe	Reduzierung		Erhöhung	Reduzierung
*) <b>Ausschlaggebend</b> ist jeweils die <b>höchste</b> Gefahrenstufe				
	grün umrandeter Blockpfeil: <b>Verringerung</b> der Gefahrenstufe			
	rot umrandeter Blockpfeil: <b>Erhöhung</b> der Gefahrenstufe			

Abbildung 31: TRI und OME – Bewertung nach Spaltenmodell

Aus den oben ausgeführten Gründen wurde auch in diesem Beispiel – trotz der Umwelteinstufung von Trichlorethylen (H412) – die Einstufungen in die Wassergefährdungsklassen in die Bewertung mit aufgenommen.

Gefahr	akute und chronische Gesundheit
sehr hoch	TRI: H350
hoch	
mittel	
gering	CSME: H315
vernachlässigbar	

Bei den **Gesundheitsgefahren** ergibt sich sogar eine Reduzierung um **drei (!)** Gefahrenstufen: von „**sehr hoch**“ auf „**gering**“.

Gefahr	Brand und Explosion
sehr hoch	
hoch	
mittel	
gering	CSME: Flp. 69 °C
vernachlässigbar	 TRI: Nicht brennbar

Die **Gefahrenerhöhung** in der Spalte „Brand und Explosion“ sollte **nicht überbewertet** werden: Der Flammpunkt bei OME mit einem relativ „hohen“ Wert von 69 °C ergibt **nur** eine „geringe“ Gefährdung.

Durch einen **ausreichenden Abstand** der maximalen Anwendungstemperatur zum Flammpunkt des eingesetzten Gemischs (mind. 15 K) wird das **Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre verhindert**.

Anders formuliert: Bei einem Flammpunkt von 69 °C kann **bis** zu einer **maximalen Anwendungstemperatur** von **54 °C** (69 °C minus 15 °C = 54 °C) davon ausgegangen werden, dass **keine explosionsfähigen Dampf/Luft-Gemische** vorhanden sind.

Flammpunkt: 69 °C



wenn Anwendungstemperatur < 54 °C!

Informationen zum Zusammenhang von Flammpunkt und Anwendungstemperatur → *Kapitel 5.4.2 Flammpunkt in Verbindung mit Anwendungstemperatur.*

Das Beispiel „Ersatz von TRI durch OME“ zeigt: Eine Substitution ist nicht einfach von heute auf morgen umzusetzen, insbesondere, wenn z.B. Normen, hier das Baurecht, vorschreiben, dass nur ganz **bestimmte Stoffe eingesetzt** werden **dürfen**. Aber auch hier gibt es **Ersatzmöglichkeiten**, die allerdings oft lange Zeit – meistens **mehrere Jahre** – in Anspruch nehmen, bis sie entsprechend ausgereift sind und in die betriebliche Praxis umgesetzt werden.

### 6.13 Brandschutzmaßnahmen in Silos

Für die Verringerung von Gesundheitsgefahren durch Substitutionslösungen finden sich in der Fachliteratur viele Beispiele. Anders sieht es aus mit Anwendungsbeispielen zum Thema „Brand- bzw. Explosionsschutz“: Warum das so ist, kann anhand der Schutzmaßnahmen für