

# Explosionsschutz beim Umgang mit brennbaren Reinigern in der Kfz-Werkstatt

Kraftfahrzeuge unterliegen einem Verschleiß und müssen in festgelegten Abständen gewartet oder instandgesetzt werden. Dabei fallen in der Kraftfahrzeug-Instandhaltung neben den üblichen Serviceaufgaben begleitende Reinigungsarbeiten an. Die Arbeiten erstrecken sich von der Reinigung mechanischer Bauteile bis hin zum Säubern von Sitzpolstern.

So kommen in der Kfz-Instandhaltung wässrige- sowie niedrig- und hochsiedende Reiniger auf Lösemittelbasis (Bremsen- oder Universalreiniger) zum Einsatz.

Dieses Fachausschuss-Informationsblatt zeigt grundlegende Vorgehensweisen beim Umgang mit brennbaren Reinigern in der Kfz-Instandhaltung auf.



**Bild 1:** Explosion (Verpuffung) im Motorraum

Deutschlandweit werden ca. 10 Mio. Liter sogenannter Bremsenreiniger pro Jahr in den Kraftfahrzeugwerkstätten verbraucht. Hierbei nehmen die Aerosoldosen als Einwegbinde einen großen Anteil ein. Desweiteren erfolgt die Anlieferung in Fässern zur Entnahme der Flüssigkeit in Mehrwegdruckdosen und Pumpsprayern. In kleinen Mengen werden die Reiniger auch mit einem Pinsel aus einem offenen Gefäß heraus verwendet.

Die angebotenen Produkte basieren größtenteils auf Kohlenwasserstoffen. Hier kommt es hinsichtlich einiger verkaufsstrategischer Aussagen und der damit verbundenen Brand- und Explosionsgefährdung zu Verunsicherungen bei den Anwendern. Die folgenden Ausführungen sollen eine Hilfe beim Umgang mit brennbaren Reinigern in der Kfz-Instandhaltung darstellen.

## Inhaltsverzeichnis

- 1 Brand- und Explosionsgefährdung
- 2 Maßnahmen zur Vermeidung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre
- 3 Substitution nach Gefahrstoffverordnung
- 4 Missbrauch und Verantwortung

### Anhang 1: Abfrageschema

Bei der Auswahl der Reiniger beeinflusst eine Vielzahl von Parametern wie z.B. die Reinigungswirkung, das Abschwemm-, das Ablüftverhalten, der Geruch, die universelle Einsetzbarkeit, die Toxizität, das Gefährdungspotential hinsichtlich des Brand- und Explosionsschutzes, vor allem aber der Preis die Entscheidungsfindung.

Für den Bereich der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes bei der Arbeit ist speziell die Betrachtung der Inhaltsstoffe, sowie die Brand- und Explosionsgefährdung von Bedeutung. Die Gefährdungen durch die Inhaltsstoffe können aufgrund der Kennzeichnung auf den Gebinden und durch die Einsichtnahme des Sicherheitsdatenblattes des Herstellers beurteilt werden. Hier kommt es insbesondere auf n-Hexan- und Aromatenfreiheit an.

## 1 Brand- und Explosionsgefährdung

Für die Brand- und Explosionsgefährdung bedarf es jedoch einer tiefer gehenden Betrachtung. Grundlegend wird der Brand- und Explosionsschutz in der Betriebssicherheits- und Gefahrstoffverordnung geregelt. Die Konkretisierung dieser Verordnungen geschieht durch die folgenden technischen Regeln:

- TRBS 2152 / TRGS 720 *Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre -Allgemeines-* [1]
- TRBS 2152 Teil1 / TRGS 721 *Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre -Beurteilung der Explosionsgefährdung-* [2]
- TRBS 2152 Teil2 / TRGS 722 *Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre.* [3]

Weitere Informationen über sicherheitstechnische Festlegungen können der DIN EN 1127-1 *Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz - Grundlagen und Methodik* [4] entnommen werden.

Als Feuer wird die Flammenbildung bei der Verbrennung (Oxidation mit geringer Geschwindigkeit) eines brennbaren Stoffes, unter Abgabe von Wärme und Licht bezeichnet.

Bei einer Explosion handelt es sich um eine Oxidations- oder Zerfallsreaktion mit einem plötzlichem Anstieg der Temperatur, des Druckes oder beider gleichzeitig. Dabei kommt es zu einer plötzlichen Volumenausdehnung von Gasen und der Freisetzung von großen Energiemengen auf kleinem Raum. Die plötzliche Volumenvergrößerung verursacht eine Druckwelle, die im Falle einer Eindämmung noch verstärkt wird.

Oft wird bei einer Explosion ohne nennenswertes Schadensausmaß der Begriff Verpuffung verwendet. Damit wird eine Explosion beschrieben, bei der die Verbrennungsreaktion zwar zu einer Volumenerweiterung, nicht aber zu einem relevanten Druckaufbau führte. Zu beobachten bei Reinigungsarbeiten mit anschließender Explosion im Motorraum bei geöffneter Motorhaube.

Grundsätzlich ist bei der Beurteilung der Explosionsgefahr davon auszugehen, dass eine Entzündung eventuell vorhandener explosionsfähiger Atmosphäre (e.A.) stets möglich ist. Hierbei ist es also unerheblich, ob Zündquellen vorhanden sind.

So stellt sich die Frage, ob beim Umgang mit brennbaren Reinigern mit einer brennbaren oder auch mit der Bildung einer e.A. zu rechnen ist. Um eine Aussage für den Großteil der Reinigungsaufgaben in der Kfz-Instandhaltung treffen zu können, sind immer wiederkehrende Einzelfallbetrachtungen zusammengefasst worden.



**Bild 2:** Motorraum

Haupteinsatzbereiche für Bremsen- und Universalreiniger sind an der Bremsanlage, der Fahrzeugunterseite (z.B. Ölwanne und Achsgetriebe), der Kupplung und im Motorraum.

Die Reinigungsflüssigkeit wird auf die zu reini-

genden Oberflächen aufgetragen. Ein Teil des Schmutzes wird gelöst und durch die Flüssigkeitsmenge abgeschwemmt. Dabei verdampfen von Beginn an die Lösemittel bis die Oberfläche trocken ist.

Desweiteren ist für eine wirksame Reinigung neben der Lösungsfähigkeit für Fette und Öle ein physikalischer Abtrag der Schmutzpartikel (Silikate) von Bedeutung. Dies geschieht durch die Auftreffenergie eines Spritzstrahles oder z.B. durch das Lösen der Partikel mit einer Bürste.

## 1.1 Explosionsfähige Atmosphäre

Das Auftreten einer explosionsfähigen Atmosphäre ist davon abhängig, ob aufgrund der Stoffeigenschaften und deren mögliche Verarbeitungszustände, Gas, Dämpfe oder Nebel (Aerosol) eine solche bilden können. Im Falle der flüssigen lösemittelhaltigen Reiniger sind folgende Stoffeigenschaften zu berücksichtigen:

- der Flammpunkt
- der untere Explosionspunkt (UEP) und obere Explosionspunkt (OEP)
- die untere und obere Explosionsgrenze (UEG und OEG)

Der Flammpunkt ist die niedrigste Temperatur, bei der eine Flüssigkeit unter vorgeschriebenen Versuchsbedingungen unter Normaldruck brennbares Gas oder brennbaren Dampf in solcher Menge abgibt, dass bei deren Zündung sofort eine Flamme auftritt.

Überschreitet die Oberflächentemperatur einer brennbaren Flüssigkeit den unteren Explosionspunkt, kann eine e.A. entstehen. Üblicherweise geschieht dies, wenn die Verarbeitungs- bzw. Umgebungstemperatur über dem UEP der Flüssigkeit liegt. Sofern der jeweilige UEP nicht bekannt ist, kann er wie folgt abgeschätzt werden:

- bei reinen, nicht halogenierten Flüssigkeiten **5 K** unter dem Flammpunkt,
- bei Lösemittel-Gemischen ohne halogenierte Komponente (übliche Bremsenreiniger) **15 K** unter dem Flammpunkt.

Ob eine e.A. zündet und sich die Flamme selbständig weiter ausbreitet, ist von der Konzentration des brennbaren Stoffes im Gas-, Dampf-Luftgemisch oder Nebel abhängig. Diese muss innerhalb der Zündgrenzen (Explosionsgrenzen UEG und OEG) liegen. Liegt die Konzentration unterhalb der UEG ist das Gemisch zu mager, oberhalb der OEG ist es zu fett. In der Praxis können sich zu fette Gemische schon durch geringe Luftbewegungen (natürlicher Zug, Umhergehen von Personen, thermische Konvektion) in einzelnen Bereichen so weit verdünnen, dass diese dann innerhalb der Zündgrenzen liegen.

Üblicherweise ist bei den brennbaren Reinigern die Dichte der entstehenden Gase größer als die Dichte der Luft. Dabei fallen sie aus einem



höheren Ort nach unten und vermischen sich fortschreitend mit der sie umgebenden Luft. Die schweren Schwaden fallen nach unten und breiten sich aus. Dabei können sie auch weite Strecken überbrücken und dort entzündet werden.



**Bild 3:** Bespritzen eines Bremssattels

## 1.2 Applikation

Neben den Stoffeigenschaften ist die Art der Verarbeitung einer Flüssigkeit (z.B. Verspritzen (Bild 3), Versprühen (Bild 4), Verdampfen und Kondensation von großer Bedeutung. Werden brennbare Flüssigkeiten in feine Tröpfchen verteilt, ist auch bei Temperaturen unterhalb des unteren Explosionspunktes (UEP) mit der Bildung von e.A. zu rechnen. Das Zustandekommen einer e.A. ist gegeben, wenn die Tröpfchen- und Teilchengröße kleiner als 1 mm ist. Dies ist speziell beim Versprühen aus einem Pumpsprayer (Teilchengrößen zwischen 0,001 mm und 0,1 mm) heraus der Fall. Dabei verhalten sich sowohl niedrig- als auch hochsiedende Reiniger auf Lösemittelbasis hinsichtlich des Zündverhaltens annähernd gleich. In diesem Fall ist der Flammpunkt nicht entscheidend.



**Bild 4:** Besprühen eines Bremssattels

Bei der Verwendung von brennbaren Druckgasen (Butan/Propan) ist nach deren Freisetzen immer mit einer e.A. zu rechnen. Zudem führt das Entzünden dieser Gase zu einem Rücklauf der Flamme bis an die Düse. Die Auswirkung eines frei brennenden Strahles aus einer Druckdose ist für den Bediener gering, solange die Flamme nicht zurückgelenkt wird. Ein

Rückschlag der Flamme in die Druckdose ist aufgrund der Strömungsgeschwindigkeit der Flüssigkeit und des geringen Durchmessers der Düse unwahrscheinlich. Nach Loslassen des Sprühkopfes versiegt der Strahl und die Flamme erlischt. Für einen sich in der Nähe aufhaltenden Kollegen ist die Auswirkung aufgrund der möglichen Verbrennungen jedoch wesentlich größer.



**Bild 5:** Flammenrücklauf zur Druckdose

Diese Betrachtungsweise lässt sich auch auf die Beurteilung von Explosionen übertragen. Ob eine explosionsfähige Atmosphäre in gefahrdrohender Menge vorhanden ist, hängt von der möglichen Auswirkung der Explosion ab. Im Falle einer Explosion von gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre (g.e.A.) ist stets mit einem hohen Schadensausmaß und Personenschäden zu rechnen.

In den Technischen Regeln für Betriebssicherheit und Gefahrstoffe werden die folgenden Beurteilungshilfen gegeben:

- „Mehr als 10 Liter zusammenhängende explosionsfähige Atmosphäre müssen in geschlossenen Räumen unabhängig von der Raumgröße grundsätzlich als gefährliche explosionsfähige Atmosphäre angesehen werden. Auch kleinere Mengen können bereits gefahrdrohend sein, wenn sie sich in unmittelbarer Nähe von Menschen befinden.“
- „Auch in Räumen von weniger als etwa 100 m<sup>3</sup> kann bereits eine kleinere Menge als 10 Liter gefahrdrohend sein. Eine grobe Abschätzung ist mit Hilfe der Faustregel möglich, dass in solchen Räumen explosionsfähige Atmosphäre von mehr als einem Zehntausendstel des Raumvolumens als gefahrdrohend sein kann, also z.B. in einem Raum vom 80 m<sup>3</sup> bereits 8 Liter. Hieraus darf aber nicht gefolgert werden, dass dann der gesamte Raum als explosionsgefährdeter Bereich gilt. Nur der Teilbereich, in dem gefährliche explosionsfähige Atmosphäre auftreten kann, gilt als explosionsgefährdeter Bereich. Die Auswirkungen einer Explosion können jedoch darüber hinausgehen und sind zu betrachten.“

## 2 Maßnahmen zur Vermeidung einer gefährlichen explosionsfähigen Atmosphäre

Welche Maßnahmen sind nun zu treffen, damit die Bildung einer e.A. bzw. g.e.A. unterbleibt?

**Explosionsschutz beim Umgang mit brennbaren Reinigern in der Kfz-Werkstatt**

Dazu gelten für den vorbeugenden Explosionsschutz die folgenden Leitgedanken:

- a Primärer Explosionsschutz bedeutet, das Auftreten explosionsfähiger Atmosphäre zu vermeiden. Dieses Ziel wird dadurch erreicht, dass die Konzentration des brennbaren Stoffes in der Luft unterhalb des Explosionsbereiches bleibt.
- b Sekundärer Explosionsschutz bedeutet Vermeiden jeder möglichen Zündquelle.

Der konstruktive Explosionsschutz, welcher die Explosionsauswirkungen auf ein annehmbares Maß begrenzt, besitzt in der Fahrzeuginstandhaltung keine Relevanz.

Applikation	Spritzstrahl
<b>Bedingungen:</b>	
(1) Stoffeigenschaften	Hohe elektrische Ruheleitfähigkeit > 1000pS/m
(2) Luftwechselrate	>= 3/h während und 5 min nach Reinigungsende (z.B. Durchzug oder technische Lüftung)
(3) Verarbeitungszeit (Menge)	< 10 s je Anwendung (kein gleichzeitiges Spritzen)
(4) Behandelte Fläche, einschl. Abtropfbereich	< 1m <sup>2</sup>
(5) Treibgas	nicht brennbar (z.B. CO <sub>2</sub> oder Stickstoff)
Bei Nichterfüllung einer der angegebenen Bedingungen in den Zeilen (1) bis (5) ist mit einer g.e.A. zu rechnen. Dann ist ein Explosionsschutzkonzept zu erstellen und die Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument festzuhalten.	

**Bild 6:** Anwendungsbedingungen

Ausgehend von den üblichen Austragsmengen der Druckdosen ist die Spritzzeit auf max.10 s zu begrenzen. Gleichzeitig zu dieser Mengenbegrenzung ist auch die Größe der Verdunstungsfläche auf 1 m<sup>2</sup> zu beschränken.

Vorrangig ist dann die Verdünnung der freigesetzten brennbaren Gase und Dämpfe durch eine wirksame Lüftung. Dabei ist die Konzentration bis unterhalb der unteren Explosionsgrenze zu halten, sodass eine Zündung ausbleibt.

Analog zu den Gasarbeitsplätzen in der Kfz-Instandhaltung kann bei Reinigungsarbeiten mit lösemittelhaltigen Flüssigkeiten eine Mindestluftwechselrate von 3/h herangezogen werden. Diese Luftwechselrate ist während und ca. 5 Minuten nach Reinigungsende aufrecht zu erhalten.

Trotz Lüftungsmaßnahmen können im Bereich der Austrittsstelle von brennbaren Stoffen explosionsfähige Konzentrationen verbleiben. Auch lassen Strömungshindernisse wie z.B. Werkstattausstattungen und Fahrzeuge Totzonen entstehen, in denen die Luftbewegung nur schwach oder nicht ausgebildet ist. Solche Totzonen können auch direkt im Fahrzeug entstehen. So ist bei aktuellen Fahrzeugen der Motorraum derart verkleidet, dass die schweren Gase nur langsam abfließen können. Auch ist in unbelüfteten tief liegenden Bereichen wie Arbeitsgruben, Unterfluranlagen, Kanäle und Schächte mit dem Vorhandensein einer e.A. zu rechnen.

Es ist zudem zu berücksichtigen, dass im zeitlichen Verlauf nur eine gewisse Menge von

brennbaren Gasen und Dämpfen bis unterhalb der UEG verdünnt werden kann.

Beachtenswert sind in diesem Zusammenhang neuere Reiniger, die trotz eines Flammpunktes von < 21°C eine geringere Explosionsauswirkung mit deutlich verringertem Nachbrennverhalten zeigen. Diese reduzieren zwar nicht das Explosionsrisiko total, wohl aber graduell. Diese Produkte entsprechen Kriterien, die vom Fachausschuss Metall- und Oberflächenbehandlung (FA MO) der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) gemeinsam mit der Physikalisch Technischen Bundesanstalt (PTB) festgelegt wurden:

- Untere Explosionsgrenze > 1,5Vol. %
- Treibmittel nicht brennbar
- hohe elektrische Ruheleitfähigkeit, >1000pS/m
- Spritzstrahl, nicht Sprühnebel

Zusammenfassend sind diese Erkenntnisse in Bild 6 dargestellt. Werden alle der dort genannten fünf Anwendungsbedingungen (1) bis (5) erfüllt, ist nur noch mit einer e.A. zu rechnen, dies auch nur kurzfristig und in Lüftungsbedingten Totzonen. Ist jedoch mindestens eine dieser Bedingungen nicht erfüllt, ist mit der Bildung von g.e.A. zu rechnen. Dann müssen Explosionsschutzmaßnahmen im Rahmen eines in sich widerspruchsfreien Explosionsschutzkonzeptes ausgewählt und bewertet werden. Die getroffenen Maßnahmen sind im Explosionsschutzdokument und in der Betriebsanweisung festzuhalten (s. Anhang1).

Zu beachten ist jedoch, dass bei der Applikation Sprühnebel die Zündwilligkeit, auch bei einer UEG > 1,5 Vol. %, größer als beim Spritzstrahl ist!

Um die Zündung von möglichen explosionsfähigen Atmosphären zu vermeiden und um dem sekundären Explosionsschutz Rechnung zu tragen, ist während den Reinigungsarbeiten die Zündung des Fahrzeuges auszuschalten.

**3 Substitution nach Gefahrstoffverordnung**

**Bild 7:** Produktkriterien

In Anbetracht der Substitutionspflicht nach Gefahrstoffverordnung ist ein Reiniger, welcher alle

vier Produktkriterien erfüllt, denen vorzuziehen, die diese nur teilweise oder gar nicht erfüllen. Allerdings ist die Substitution nicht auf die Grenzen der Reiniger auf Lösemittelbasis beschränkt. Es ist zu prüfen, ob die Reinigung z.B. mit wässrigen Lösungen oder Niederdruckdampf gleichermaßen erfolgen kann (s. Bild 7).

#### **4 Missbrauch und Verantwortung**

Der Missbrauch der Bremsenreiniger (z.B. zum Reinigen von Fußböden und Arbeitsgruben) führte in der Vergangenheit immer wieder zu Unfällen mit zum Teil schweren Verletzungen und ist zu unterbinden. Gerade für diese Anwendungsfälle stehen am Markt spezielle und besser geeignete, nicht brennbare Reiniger zur Verfügung.



**Bild 8:** Arbeitsgrube

Bei all den Bemühungen der Hersteller der Reinigungsmittel und bei allen organisatorischen Anordnungen der betrieblichen Vorgesetzten verbleibt also bei jedem einzelnen Mitarbeiter die eigene Mitverantwortung für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit, indem er diese hoch wirksamen Reinigungsmittel sparsam, besonnen und zweckbestimmt anwendet.

#### **Literatur:**

- [1] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 / Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 720 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Allgemeines - Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006
- [2] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 1 / Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 721 Gefährliche explosionsfähige Atmosphäre - Beurteilung der Explosionsgefährdung - Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006
- [3] Technische Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2152 Teil 2 / Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 722 Vermeidung oder Einschränkung gefährlicher explosionsfähiger Atmosphäre Bundesanzeiger Nr. 103a vom 2. Juni 2006
- [4] DIN EN 1127-1:2008-02 Explosionsfähige Atmosphären - Explosionsschutz, Teil 1: Grundlagen und Methodik, Beuth-Verlag



## Anwendung des Abfrageschemas zum Erkennen und Vermeiden von Explosionsgefährdungen gemäß TRBS 2152 / TRGS 720

