

Ausgabe Juli 2020<sup>\*)</sup>

GMBI 2020 S.405-418 [Nr. 21 (v. 24.7.2020)]

<b>Technische Regeln für Gefahrstoffe</b>	<b>Substitution</b>	<b>TRGS 600</b>
---	---------------------	-----------------

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte wissenschaftliche Erkenntnisse für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, einschließlich deren Einstufung und Kennzeichnung, wieder.

Sie werden vom

### **Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)**

aufgestellt und vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) im Gemeinsamen Ministerialblatt (GMBI) bekannt gegeben.

Diese TRGS konkretisiert im Rahmen ihres Anwendungsbereiches Anforderungen der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV). Bei Einhaltung der Technischen Regeln kann der Arbeitgeber insoweit davon ausgehen, dass die entsprechenden Anforderungen der Verordnung erfüllt sind. Wählt der Arbeitgeber eine andere Lösung, muss er damit mindestens die gleiche Sicherheit und den gleichen Gesundheitsschutz für die Beschäftigten erreichen.

#### Inhalt

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Ermittlung von Möglichkeiten der Substitution
- 4 Vorauswahl aussichtsreicher Möglichkeiten einer Substitution: Leitkriterien
- 5 Entscheidung über die Substitution
- 6 Dokumentation

Anhang 1: Ablaufschema Substitution mit Beispiel Reinigung/Entfettung von Anlageteilen in Werkstätten

Anhang 2: Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spaltenmodell)

Anhang 3: Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen und zur erweiterten Bewertung

---

<sup>\*)</sup> Hinweis: Die TRGS 600 wurde vollständig überarbeitet, u.a.

- Aktualisierung an den Stand des Vorschriften- und Regelwerks, insbesondere GefStoffV und TRGS 400,
- Abgrenzung zur REACH-VO (kurze definitorische Klarstellung, Verhältnis REACH-Zulassung und Substitution),
- im Hinblick auf die Einstufung nach CLP-VO bei der Feststellung der Dringlichkeit der Substitution,
- Umstellung des Spaltenmodells auf die CLP-VO und Streichung des Wirkfaktorenmodells.

## Literaturhinweise

## Inhaltsverzeichnis

1	Anwendungsbereich	2
2	Begriffsbestimmungen	3
3	Ermittlung von Möglichkeiten der Substitution	3
4	Vorauswahl aussichtsreicher Möglichkeiten einer Substitution: Leitkriterien	4
5	Entscheidung über die Substitution	6
5.1	Grundsätzliches	6
5.2	Kriterien für die technische Eignung	6
5.3	Kriterien für die gesundheitliche und physikalisch-chemische Gefährdung	7
5.4	Entscheidung über die Realisierung der Substitution	8
6	Dokumentation	9
Anhang 1: Ablaufschema Substitution mit Beispiel Reinigung/Entfettung von Anlageteilen in Werkstätten		11
Anhang 2: Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spaltenmodell)		16
Anhang 3: Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Substitutionslösungen und zur erweiterten Bewertung		22
Literaturhinweise		25

**1 Anwendungsbereich**

(1) Im Rahmen der Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung nach § 6 der Gefahrstoffverordnung hat der Arbeitgeber die als relevant ermittelten Gefährdungen auch unter dem Gesichtspunkt der Möglichkeiten einer Substitution zu beurteilen. Der Arbeitgeber hat die Pflicht zur Ermittlung und Beurteilung der Substitutionsmöglichkeiten, zur Substitutionsprüfung und zur Dokumentation.

(2) Diese TRGS soll den Arbeitgeber darin unterstützen,

1. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu vermeiden,
2. Gefahrstoffe durch Stoffe, Gemische oder Verfahren zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Beschäftigten keine oder eine geringere Gefährdung darstellen oder
3. Gefährliche Verfahren durch weniger gefährliche Verfahren zu ersetzen.

(3) Hat der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass eine geringe Gefährdung nach den Kriterien des § 6 Absatz 13 GefStoffV in Verbindung mit Abschnitt 6.2 Absätze 6 und 7 der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“ vorliegt, kann auf eine Substitutionsprüfung verzichtet werden.

(4) Die Substitution hat das Ziel, die Gefährdung bei allen Tätigkeiten mit Gefahrstoffen einschließlich Wartungsarbeiten sowie Bedien- und Überwachungstätigkeiten zu beseitigen oder auf ein Minimum zu verringern. Der Arbeitgeber hat als vorrangige Maßnahme zum Schutz der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen im Rahmen der Informationsermittlung und Gefährdungsbeurteilung nach Gefahrstoffverordnung (§ 6 GefStoffV, siehe auch TRGS 400) die Substitutionsmöglichkeiten zu prüfen und nach den in dieser TRGS näher beschriebenen Maßgaben umzusetzen.

(5) Die Substitutionsprüfung nach den Vorgaben dieser TRGS ist auch anzuwenden, wenn aus wirtschaftlichen oder technologischen Erwägungen die Anwendung neuer Stoffe und Verfahren geplant wird.

(6) Diese TRGS beschreibt nicht die Anforderungen, die nach der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH-VO) an die Bewertung von Substitutionslösungen im Rahmen der Zulassung und von Beschränkungsverfahren gestellt werden. Wurde nach REACH-VO eine betriebs- und verfahrensbezogene Zulassung für die Verwendung eines Stoffes erteilt, kann bei der Prüfung der Möglichkeiten der Substitution auf die REACH-Dokumentation verwiesen werden.

(7) Anhang 1 enthält ein Ablaufschema mit den einzelnen Schritten, die bei der Ermittlung und Durchführung von Substitutionslösungen zu beachten sind. Anhang 1 enthält zur Veranschaulichung zudem ein vereinfachtes Fallbeispiel für diese Vorgehensweise. Anhang 2 enthält eine vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spaltenmodell).

## **2 Begriffsbestimmungen**

(1) In dieser TRGS sind Begriffe so verwendet, wie sie im "Begriffsglossar zu den Regelwerken der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV), der Biostoffverordnung (BioStoffV) und der Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) des AGS und ABS bestimmt sind.

(2) Substitution im Sinne dieser TRGS bezeichnet den Ersatz eines Gefahrstoffes oder eines Verfahrens durch einen Stoff, ein Gemisch, ein Erzeugnis oder ein Verfahren, der zu einer insgesamt geringeren Gefährdung für die Beschäftigten (Substitutionslösung) führt.

(3) Substitutionslösungen im Sinne dieser TRGS bezeichnen Stoffe oder Gemische oder Erzeugnisse oder Verfahren, die die Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz insgesamt verringern. Gleichzeitig sollten sie zu keiner Erhöhung der Gefährdung anderer Schutzgüter (Umweltschutz, Verbraucherschutz) führen.

(4) Die Prüfung von Möglichkeiten der Substitution bezeichnet den Prozess zur Identifizierung und zum Vergleich potenzieller chemischer und nicht-chemischer Substitutionslösungen.

(5) Emissionsarme Verwendungsformen eines Stoffes oder Gemisches liegen vor, wenn das Freisetzungspotential in die Luft oder die Wahrscheinlichkeit des dermalen Kontaktes durch Formgebung oder Verpackung so reduziert wurde, dass besondere Schutzmaßnahmen bei Tätigkeiten nicht mehr erforderlich sind. Bewährte Methoden zur Herstellung emissionsarmer Verwendungsformen sind z. B. Granulierung, Pelletierung und Tablettierung, Coating, Masterbatches, Stammlösungen/Konzentrate, Pasten, auflösbare/verlorene Verpackungen, Mehrkomponenten-Gebinde mit integrierter Mischfunktion. Bei verlorenen Packungen befindet sich der Gefahrstoff in einer geeigneten Verpackung und wird ohne die Verpackung zu öffnen mit dieser in ein Reaktionssystem eingebracht. Siehe auch TRGS 561 „Tätigkeiten mit krebs-erzeugenden Metallen und ihren Verbindungen“ und TRGS 500 „Schutzmaßnahmen“ Abschnitt 5.2.2.

## **3 Ermittlung von Möglichkeiten der Substitution**

(1) Die Ermittlung von Möglichkeiten einer Substitution ist Teil der Gefährdungsbeurteilung nach § 6 Absatz 1 GefStoffV. Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen, bei denen es zu einer Gefährdung kommen kann, immer zu prüfen, ob es Möglichkeiten der Substitution gibt.

(2) Informationsquellen für die Ermittlung von Möglichkeiten einer Substitution sind im Folgenden aufgelistet (genauere Angaben und Fundstellen siehe Literaturhinweise):

1. TRGS zu Ersatzstoffen (TRGS 500 ff. und TRGS 600 ff.),
2. branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, die Aussagen zur Substitution enthalten z. B.
  - a) DGUV-Informationen mit Aussagen zur Substitution,
  - b) Informationssysteme, z. B. WINGIS (s. dort Produkt-Codes) und Veröffentlichungen der Unfallversicherungsträger und der Länder,
  - c) weitere Branchenregelungen von Verbänden und Unfallversicherungsträgern (UVT) z.B. Datenbank für zulässige Wasch- und Reinigungsmittel im Offsetdruck
3. Sicherheitsdatenblatt (dort insbesondere Abschnitt 7.3; Nennung Branchenregelung z.B. Produkt-Codes) sowie zusätzliche Informationen von Lieferanten und/oder Herstellern, z.B. technische Merkblätter,
4. Informationen und Erfahrungsberichte aus Netzwerken mit anderen Unternehmen, Technologietransferstellen, Positiv-/Negativlisten aus fachkundiger Quelle,
5. Informationen zu Substitutionslösungen aus anderen Regelungsbereichen,
6. Informationen zu Substitutionslösungen aus anderen Branchen, die sich in der Praxis bewährt haben.

(3) Zur Ermittlung der Möglichkeiten der Substitution hat der Arbeitgeber TRGS, branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen und Sicherheitsdatenblätter zu prüfen. Insbesondere soll er auch im Rahmen der Beschaffung von Gefahrstoffen den Lieferanten nach weniger gefährlichen Lösungen befragen. Zur Vorbereitung weitreichender Entscheidungen können vertiefte Recherchen/Prüfungen unter zusätzlicher Nutzung der oben genannten Quellen erforderlich sein. Weitreichende Entscheidungen sind notwendig bei

1. hoher Gefährdung oder
2. großer Anzahl gefährdeter Personen.

#### **4 Vorauswahl aussichtsreicher Möglichkeiten einer Substitution: Leitkriterien**

(1) Werden im Rahmen der Informationsermittlung mehrere Möglichkeiten einer Substitution ermittelt, sind Leitkriterien für die Vorauswahl aussichtsreicher Möglichkeiten einer Substitution sinnvoll, wenn nicht auf Musterlösungen nach Abschnitt 3 Absatz 2 Nummer 1 bis 2 zurückgegriffen werden kann. Eine Vorauswahl ist insbesondere hilfreich, wenn bei mehreren gefundenen Möglichkeiten nicht alle mit gleicher Priorität hinsichtlich der in Abschnitt 5.2 und 5.3 genannten Eignungskriterien geprüft werden können. Werden bei der Informationsermittlung nur wenige Substitutionsmöglichkeiten gefunden, kann die Vorauswahl auch übersprungen werden.

(2) Als Kriterien für eine Vorauswahl von Möglichkeiten einer Substitution sind sowohl die Gesundheitsgefahren als auch die physikalisch-chemischen Gefährdungen sowie auch das Freisetzungspotenzial auf Grundlage der physikalisch-chemischen Eigenschaften und der Verfahrens- und Verwendungsbedingungen zu berücksichtigen (Absätze 3 bis 7). Bei der Entscheidung, welche Möglichkeiten weiter untersucht werden sollen, sind alle Kriterien in ihrer

Gesamtheit zu betrachten und auch Überlegungen zur Gefährdung der Haut (Absatz 7) einzu- beziehen. Da die Kriterien der Vorauswahl für Fälle gedacht sind, in denen viele Möglichkeiten gesichtet werden müssen, sind die Kriterien nicht fein differenziert. Es ist durchaus denkbar, dass Möglichkeiten, die in der Vorauswahl zunächst nicht als aussichtsreich erschienen, im späteren Verlauf der Ersatzstoffprüfung wieder aufgegriffen werden.

(3) Die Gefährdung aufgrund von Gesundheitsgefahren eines Gefahrstoffes kann anhand des in Anhang 2 genauer beschriebenen Spaltenmodells bewertet werden. Dieses unterscheidet zwischen akuten Gesundheitsgefahren, die durch einmalige Einwirkung entstehen können, und chronischen Gesundheitsgefahren, die bei wiederholten Einwirkungen z. B. bei Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen entstehen können. Die Substitution erfolgt entlang der aufgeführten Reihenfolge innerhalb einer Spalte (Sehr hoch -> Hoch -> Mittel -> Gering -> Vernachlässigbar).

(4) Die Gefährdung aufgrund von physikalisch-chemischen Einwirkungen eines Gefahrstoffes kann ebenfalls anhand des in Anhang 2 beschriebenen Spaltenmodells bewertet werden.

(5) Das Freisetzungspotenzial eines Gefahrstoffs in die Luft am Arbeitsplatz kann im Allgemeinen durch Substitution entlang der aufgeführten Reihenfolge in der jeweiligen Zeile reduziert werden:

1. hohe Konzentration/große Mengen > niedrige Konzentration/kleine Mengen,
2. Verfahren mit Benetzung großer Flächen > Verfahren mit Benetzung kleiner Flächen,
3. Gas > Flüssigkeit > Paste,
4. staubender Feststoff > nicht staubender Feststoff,
5. sublimierender Feststoff > nicht sublimierender Feststoff,
6. niedriger Siedepunkt (hoher Dampfdruck) > hoher Siedepunkt (niedriger Dampfdruck),
7. offenes Verfahren > Verfahren mit integrierter Absaugung > geschlossenes Verfahren > gekammerte Anlage (Geschlossenes Verfahren in eigenem abgeschlossenem Raum),
8. Verfahren bei hohen Temperaturen > Verfahren bei Raumtemperatur,
9. Verfahren unter Druck > drucklose Verfahren,
10. Verfahren unter Erzeugung von Aerosolen > aerosolfreie Verfahren,
11. lösemittelhaltige Systeme > wässrige Systeme etc.

(6) Emissionsarme Verwendungsformen können bei der Bewertung eines Stoffes hinsichtlich des Freisetzungsverhaltens berücksichtigt werden. Auflösbare/Verlorene Verpackungen und anwendungssichere Geräte (z. B. Zwangsmischung in geschlossenen Gebinden) können bei der Bewertung der Verfahren relevant sein.

(7) Hinsichtlich der Hautbelastung können die Kriterien zur Vorauswahl von Stoffen, Gemischen, Erzeugnissen oder Arbeitsverfahren im Einzelfall von den vorher genannten Kriterien abweichen und müssen dementsprechend individuell überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Dies betrifft insbesondere die Kriterien für das Freisetzungspotenzial. Hier können Eigenschaften, die zu einer erhöhten Freisetzung in die Luft führen, für die dermale Belastung durchaus den gegenteiligen Effekt haben. So verbleiben beispielsweise Pasten länger auf der Haut als Flüssigkeiten oder Gase, verringern aber die inhalative Exposition. Für einen Vergleich der Gefährdungen durch Hautkontakt ist die TRGS 401“Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ heranzuziehen.

(8) Bei der Gesamtbetrachtung im Rahmen der Vorauswahl hat der Arbeitgeber alle Leitkriterien gegeneinander abzuwägen, um zu erkennen, mit welchen Ersatzstoffen und unter welchen Verfahrens- bzw. Verwendungsbedingungen insgesamt eine Beseitigung oder Minimierung der Gefährdung zu erwarten ist. So kann es z. B. im Einzelfall zu einer insgesamt geringeren gesundheitlichen Gefährdung führen, einen Gefahrstoff mit gefährlicheren Eigenschaften einzusetzen, der in einer nicht staubenden Form erhältlich ist oder der einen sehr geringen Dampfdruck besitzt, als einen Gefahrstoff mit weniger gefährlichen Eigenschaften, der aber nur in staubender Form am Markt verfügbar ist oder der einen beträchtlich höheren Dampfdruck besitzt.

## **5 Entscheidung über die Substitution**

### **5.1 Grundsätzliches**

(1) Die Substitutionslösung muss die Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz insgesamt verringern. Gleichzeitig sollte sie zu keiner Erhöhung anderer Gefährdungen am Arbeitsplatz und zu keiner erhöhten Beeinträchtigung anderer Schutzgüter führen.

(2) Diejenigen Möglichkeiten der Substitution, die sich in der Vorauswahl als aussichtsreich erwiesen haben, können mit den in Abschnitt 5.2 und 5.3 genannten Kriterien und methodischen Hilfsmitteln noch gründlicher auf ihre technische, gesundheitliche und physikalisch-chemische Eignung untersucht werden. Abschnitt 5.4 beschreibt die regulatorischen Vorgaben und betrieblichen Entscheidungskriterien für die betriebliche Realisierung gefundener Substitutionsmöglichkeiten.

(3) Möglichkeiten der Substitution aus TRGS und Branchenregeln (Abschnitt 3 Absatz 2 Nummer 1 und 2) sind sowohl unter Betrachtung von technischen, wie auch unter Betrachtung von gesundheitlichen, physikalisch-chemischen und ökonomischen Aspekten als geeignet anzusehen. Weicht der Arbeitgeber von diesen Empfehlungen ab, hat er dies schriftlich zu begründen.

(4) Für Substitutionsentscheidungen im Rahmen der Gefahrstoffverordnung stehen bei der integrierten Entscheidung nach den Kriterien der folgenden Abschnitte die Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit im Vordergrund, jedoch kann im konkreten Fall auch die Betrachtung anderer Schutzgüter erforderlich und entscheidungsrelevant sein.

### **5.2 Kriterien für die technische Eignung**

(1) Substitutionsempfehlungen, die in den Informationsquellen nach Abschnitt 3 Absatz 2 Nummer 1 und 2 für bestimmte Verwendungen gegeben werden, sind in der Regel technisch geeignet. Weicht der Arbeitgeber von diesen Empfehlungen trotz vergleichbarer betrieblicher Verwendungsbedingungen ab, hat er dies schriftlich zu begründen.

(2) In anderen Fällen ist die technische Eignung einer Möglichkeit einer Substitution einzel-fallbezogen durch den Anwender des jeweiligen Stoffes oder Verfahrens zu beurteilen. Hierbei ist unter anderem Folgendes zu berücksichtigen:

1. der Stand der Technik (§ 2 Absatz 15 GefStoffV),
2. die Funktion des Gefahrstoffes (Hilfsstoff im Produktionsprozess oder unverzichtbare Komponente des Produkts/Verfahrens oder Rohstoff des Herstellungsverfahrens bzw. unverzichtbarer Bestandteil des Produkts),
3. die technischen Konsequenzen der Substitution auf das eigene Produktionsverfahren

und die Produktqualität,

4. die daraus resultierenden, technischen Konsequenzen für die nachgelagerte Verarbeitung/Anwendung des Produkts in der Wertschöpfungskette und
5. die Auswirkungen der Substitution auf die Produkteigenschaften und die Produktqualität des Endprodukts (u. a. Verbraucherakzeptanz, Konformität mit Normen, Verlust von Zulassungen).

### **5.3 Kriterien für die gesundheitliche und physikalisch-chemische Gefährdung**

(1) Wenn bei der Entscheidung über die Eignung einer Möglichkeit einer Substitution nicht auf die allgemeinen Empfehlungen zurückgegriffen werden kann oder die Bewertung der Gefährdung nicht eindeutig ist, soll zunächst auf spezifische Abschätzungsmodelle zurückgegriffen werden. Insbesondere wird auf das in Anhang 2 genannte Spaltenmodell verwiesen.

(2) Darüber hinaus ist zu beachten, dass die Beurteilung von Gemischen gegebenenfalls weitergehende Kenntnisse erfordert, z. B. die Fähigkeit, gegebenenfalls die entscheidungsrelevanten kritischen Inhaltsstoffe zu identifizieren. Je nach Komplexität des Einzelfalles kann eine weitergehende, gründliche Prüfung möglicher Substitutionslösungen notwendig sein. Außer einer gründlichen Recherche in den Quellen nach Literaturhinweisen kann dann auch die Beteiligung von Experten erforderlich werden.

(3) Ersatzstoffe müssen hinsichtlich ihrer gesundheitlichen und physikalisch-chemischen Gefährdungen aufgrund der vorliegenden Daten mindestens genauso gut zu beurteilen sein wie der zu ersetzende Gefahrstoff. Dies gilt auch für Ersatzstoffe, wenn das Sicherheitsdatenblatt keine qualifizierten Aussagen zu den gefährlichen Eigenschaften macht – siehe TRGS 400 Abschnitt 5.2 Absatz 8.

(4) Bevor eine Substitutionslösung endgültig ausgewählt wird, sollte auch geprüft werden, ob diese bei der Verwendung oder später im Lebenszyklus gefährliche Zersetzungs- oder Reaktionsprodukte freisetzt. Solche Informationen können als Branchenwissen oder in der wissenschaftlichen Literatur vorliegen. Für einzelne Stoffe oder Stoffgruppen sind sie in der Regel nur aus der Erfahrung verfügbar, da sie bei der Registrierung nach REACH-VO nicht geprüft werden.

(5) Ob Prüfungen oder Bewertungen zu Gesundheitsgefahren durchgeführt wurden, kann anhand des Sicherheitsdatenblattes (dort Abschnitt 11 „Toxikologische Angaben“) festgestellt werden oder muss anderweitig, insbesondere durch Nachfrage beim Lieferanten ermittelt werden. Bei Stoffen, die nach REACH-VO registriert sind, kann davon ausgegangen werden, dass alle relevanten Daten vorhanden sind.

(6) Es müssen mindestens Prüfdaten oder entsprechende aussagekräftige Informationen zur akut toxischen, reizenden, hautsensibilisierenden, keimzellmutagenen Wirkung und zur spezifischen Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition vorliegen. Wenn diese Informationen fehlen, sind folgende Gefahrenkategorien zu unterstellen:

1. Acute Tox. 3 (Akute Toxizität Kategorie 3; H301, H311, H331),
2. Skin Irrit. 2 (Hautreizung Kategorie 2; H315),
3. Muta. 2 (Keimzellmutagenität Kategorie 2; H341),
4. Skin Sens. 1 (Hautsensibilisierend Kategorie 1; H317) und
5. STOT RE 2 (Spezifische Zielorgantoxizität bei wiederholter Exposition Kategorie 2; H373).

(7) Gefährdungen aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Gefahrstoffen, die zu Brand- und Explosionsgefährdungen führen können, sind ebenfalls zu berücksichtigen. Insbesondere ist zu prüfen, ob Ersatzstoffe eingesetzt werden können, die keine Einstufung aufgrund physikalisch-chemischer Eigenschaften haben bzw. nicht zu Brand- oder Explosionsgefährdungen führen.

(8) Es ist zu prüfen, ob das Sicherheitsdatenblatt (dort Abschnitt 9 „Physikalische und chemische Eigenschaften“) zu physikalischen Gefahren bzw. zu Brand- oder Explosionsgefährdungen wie z.B. durch explosionsfähige Gemische entsprechende Angaben und sicherheitstechnische Kenngrößen enthält. Beispielsweise sind folgende Angaben im Sicherheitsdatenblatt zu prüfen:

1. Siedepunkt,
2. Dampfdruck,
3. Relative Dichte bezogen auf Luft (Gase und Dämpfe),
4. untere und obere Explosionsgrenzen,
5. Flammpunkt,
6. Zündtemperatur (Gase und Flüssigkeiten),
7. Selbstentzündungstemperatur (Feststoffe),
8. Pyrophore Eigenschaften,
9. Abbrandgeschwindigkeit,
10. Maximale Gasentwicklungsrate bei Reaktion mit Wasser sowie Angabe des sich dabei bildenden Gases,
11. Korngröße und Korngrößenverteilung (relevant ist der Feinkornanteil kleiner 0,5 mm),
12. Oxidationskraft im Vergleich zum Referenzgemisch,
13. aktiver Sauerstoffgehalt bei organischen Peroxiden,
14. exotherme Zersetzungsenergie,
15. Prüfergebnisse zur thermischen Empfindlichkeit (BAM-Stahlhülstest nach Verordnung (EG) Nr. 440/2008, Methode A.14 oder Koenen-Test nach UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, (UN RTDG), Handbuch über Prüfungen und Kriterien“ unter Angabe der Testserie), sowie zur Schlagempfindlichkeit und Reibempfindlichkeit.

(9) Weitere Hinweise können im Sicherheitsdatenblatt auch in Abschnitt 5 „Maßnahmen zur Brandbekämpfung“, Abschnitt 7 „Handhabung und Lagerung“ und Abschnitt 10 "Stabilität und Reaktivität" enthalten sein.

(10) Sind Angaben zu physikalischen Gefahren nicht verfügbar bzw. scheinen nach Plausibilitätsprüfung Angaben zu fehlen, beispielsweise eine Angabe zur Entzündbarkeit bei einem leicht flüchtigen organischen Lösemittel, so sind diese im Rahmen der Informationsermittlung nachzufragen. Der Lieferant hat die Einstufungen gemäß CLP-Verordnung zur Verfügung zu stellen.

#### **5.4 Entscheidung über die Realisierung der Substitution**

(1) Besteht bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen eine Gefährdung, hat der Arbeitgeber auf



Grundlage der Substitutionsprüfung vorrangig eine Substitution durchzuführen. Dies gilt insbesondere für Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagenen und reproduktionstoxischen Stoffen und Gemischen der Kategorien 1A oder 1B sowie akut toxischen Stoffen und Gemischen der Kategorie 1, wenn Alternativen technisch möglich sind und zu einer insgesamt geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen.

(2) Es ist davon auszugehen, dass Möglichkeiten der Substitution aus TRGS zu Ersatzstoffen (TRGS 600 ff.) und branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, die Aussagen zur Substitution enthalten, grundsätzlich betrieblich geeignet sind. Deshalb hat der Arbeitgeber diese in der Regel umzusetzen.

(3) Der Arbeitgeber kann die integrierte Entscheidung unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bewertungskriterien treffen (siehe auch Anhang 1 „Ablaufschema“). Eine Anleitung, welche Aspekte der Arbeitgeber bei der Abwägung berücksichtigen sollte, enthält der Anhang 3 „Kriterien für die Realisierung der Substitution“.

(4) Die Substitutionslösung muss eingesetzt werden, wenn die entsprechend Anhang 3 geprüften betriebsbezogenen Faktoren im Wesentlichen positiv beeinflusst werden. Auch höhere Kosten einer Substitutionslösung können in Kauf genommen werden.

(5) Bei der integrierten Entscheidung sind auch Einflüsse auf andere Schutzgüter, insbesondere die Umwelt zu bedenken. Hierfür sind insbesondere ökotoxikologische Parameter zu berücksichtigen: z.B. das Freisetzungs- und Ausbreitungspotenzial in der Umwelt, der Verteilungskoeffizient zwischen Wasser und n-Oktanol (log Kow) sowie die Persistenz und das Bioakkumulationspotenzial (PBT, vPvB). Diese stellen Maße für die Fähigkeiten des Eindringens z. B. in das Grundwasser, für die Langlebigkeit in der Umwelt und für die Anreicherung dar.

## **6 Dokumentation**

(1) Das Ergebnis der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution ist zu dokumentieren.

(2) Die Dokumentation des Ergebnisses der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution erfolgt sinnvollerweise im Zusammenhang mit der Dokumentation der anderen Teile der Gefährdungsbeurteilung (siehe TRGS 400). Eine Form ist nicht vorgeschrieben. Als eine Möglichkeit kann zum Beispiel das Gefahrstoffverzeichnis um weitere Spalten/Felder ergänzt werden, aus denen der Zeitpunkt der Überprüfung, das Ergebnis und die Fundstelle ergänzender Dokumente hervorgehen. Die Ergebnisse der Substitutionsprüfung können durch Standardsätze beschrieben werden, z.B.:

1. „Möglichkeiten einer Substitution sind ...“,
2. „Keine Möglichkeiten einer Substitution.“,
3. „Lösung ist bereits Substitutionslösung.“

(3) Ergibt die Substitutionsprüfung bei Tätigkeiten, für die ergänzende Schutzmaßnahmen nach § 9 und § 10 GefStoffV zu treffen sind, Möglichkeiten einer Substitution, ohne dass diese umgesetzt werden, so sind die Gründe zu dokumentieren. Dies kann in Form von Standardsätzen geschehen, z.B.

1. „Substitutionslösung technisch nicht geeignet, weil ...“,
2. „Substitutionslösung verringert Gefährdung nicht ausreichend, weil ...“,
3. „Substitutionslösung betrieblich nicht geeignet, weil...“,
4. „Substitutionslösung eingeleitet, erneute Prüfung bis ...“.

- (4) Wird eine Substitution mit weniger gefährlichen Stoffen, Gemischen, Erzeugnissen oder Verfahren, die technisch möglich ist, aus betriebswirtschaftlichen Gründen nicht durchgeführt, so sind auch die der Prüfung zugrunde gelegten Erwägungen nachprüfbar zu dokumentieren. Hierzu eignet sich zum Beispiel Anhang 3.
- (5) Wurden bei der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution für Tätigkeiten, für die Schutzmaßnahmen nach § 10 GefStoffV zu treffen sind, keine Möglichkeiten einer Substitution identifiziert, so sind die Quellen, in denen recherchiert wurde, kurz zu benennen.
- (6) Der Arbeitgeber, der Tätigkeiten mit krebserzeugenden, keimzellmutagen oder reproduktionstoxischen Gefahrstoffen der Kategorie 1A und 1B zu verantworten hat, hat gemäß § 18 Absatz 3 GefStoffV den zuständigen Behörden auf Verlangen das Ergebnis der Substitutionsprüfung und Fälle von Substitution mitzuteilen.
- (7) Für eine detaillierte Dokumentation oder anstelle einer frei formulierten Begründung kann auch auf Vorlagen zurückgegriffen werden, wie sie z.B. in Anhang 3 zu finden sind. Diese und weitere Unterlagen können separat abgelegt werden.

## Anhang 1 Ablaufschema Substitution mit Beispiel Reinigung/Entfettung von Anlageteilen in Werkstätten

### 1 Ablaufschema Substitution

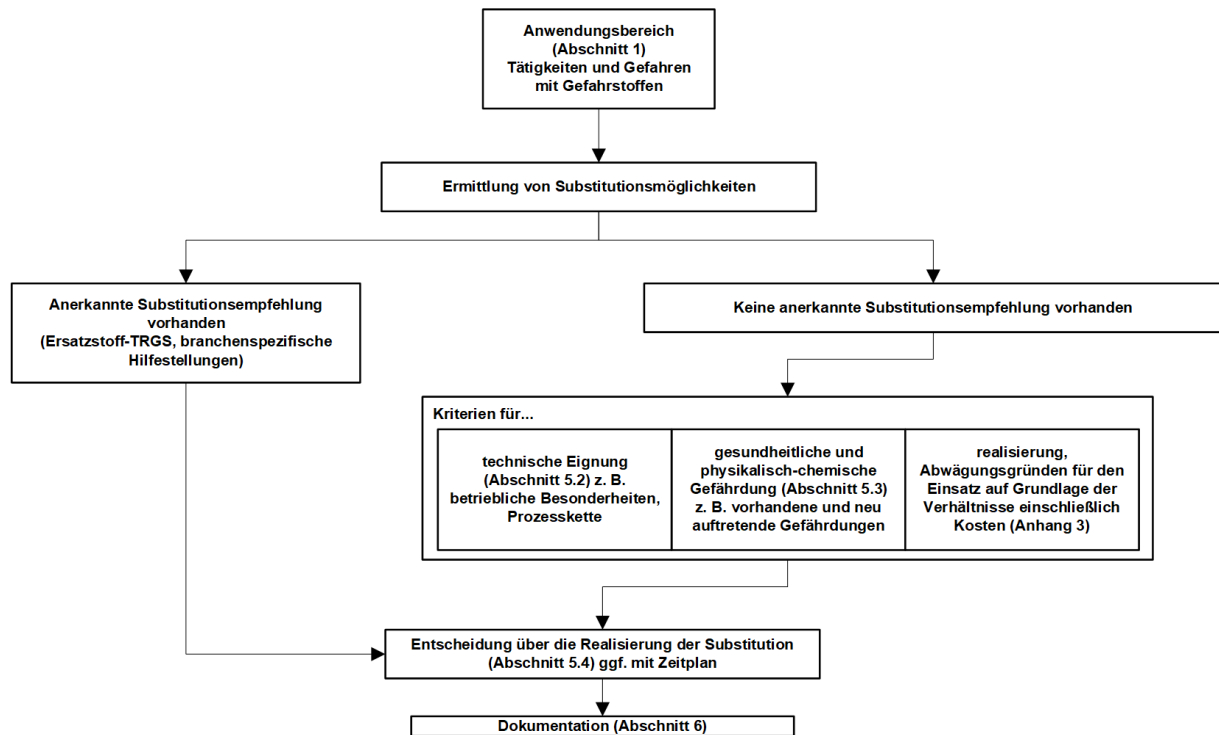


Abbildung 1: Ablaufschema Substitution

## 2 Beispiel Reinigung/Entfettung von Anlageteilen in Werkstätten

### 2.1 Vorbemerkung

(1) In diesem Anhang wird an einem Beispiel gezeigt, wie die TRGS 600 auf eine konkrete Substitutionsprüfung angewendet werden kann. Das Beispiel erhebt nicht den Anspruch, alle denkbaren Möglichkeiten abgeprüft zu haben oder die Auswahl und Gewichtung der Beurteilungskriterien vollständig zu beschreiben.

(2) Reinigungs- und Entfettungsarbeiten an Anlageteilen wie z.B. Teilen von Maschinen oder Fahrzeugen fallen z.B. in Werkstätten wie Schlossereien oder Servicewerkstätten an. Häufig werden hierfür brennbare niedrigsiedende Lösemittel wie aromatenfreie Testbenzine z.B. in Spraydosen eingesetzt.

### 2.2 Gefährdungsbeurteilung der existierenden Lösung: Reinigung mit leichtflüchtigen Lösemitteln

Ausgangsbasis: handwerklich strukturierte Werkstatt, 10 Beschäftigte, leichtflüchtiges Reinigungsmittel in Spraydosen, durchschnittlich ca. 5 Druckgaspäckungen á 400 ml pro Schicht, Nachreinigung/Abwischen mit Putzlappen

**Tabelle 1:** Übersicht Gefährdungsbeurteilung bestehendes Beispiel

<b>gesundheitliche Gefährdung</b> Freisetzung von Lösemitteln in die Luft am Arbeitsplatz, Inhalative Belastung und Hautkontakt mit entfettenden Lösemitteln
<b>Gefährdungen durch physikalisch-chemische Einwirkungen</b> <b>(hier: Brand- und Explosionsgefährdungen)</b> Gefahr durch explosionsfähige Atmosphäre durch Lösemitteldämpfe Brandgefahr durch Putzlappen
<b>Umwelt:</b> Emission von Lösemitteln in die Umwelt
<b>andere Gefährdungen:</b> in diesem Beispiel nicht relevant
<b>Entscheidung:</b> Es besteht eine gesundheitliche Gefährdung und Brand- und Explosionsgefährdungen. Eine Substitutionslösung ist zu prüfen.

### 2.3 Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten (Abschnitt 3 TRGS 600)

- (1) Es gibt keine anerkannte Substitutionsempfehlung (Ersatzstoff-TRGS, tätigkeits- oder branchenspezifische Lösung) nach Abschnitt 3 Absatz 2 Nummer 1 und 2 der TRGS 600.
- (2) Als mögliche alternative Lösungen zum Ersatz leichtflüchtiger Reinigungsmittel kommen in Frage:
  1. Änderung des Arbeitsverfahrens:  
Einsatz einer mobilen Reinigungsanlage mit wässrigem Reinigungsmittel,
  2. Einsatz von Ersatzstoffen:  
Geringflüchtiges kohlenwasserstoffhaltiges Reinigungsmittel, Pumpsprühflasche (Luft als Treibmittel).

### 2.4 Substitutionsprüfung

#### 2.4.1 Kriterien für vorhandene und möglicherweise neu auftretende Gefährdungen beachten (Abschnitte 4 und 5.3 der TRGS 600)

- (1) Hier können die Kriterien aus den Abschnitten 4 und 5.3 der TRGS 600 oder das Spaltenmodell in Anhang 2 zur TRGS ausgewählt und angewendet werden.
- (2) Andere als stoffgebundene Gefährdungsfaktoren (z.B. Gefährdungen durch Lärm, Vibrationen) sind gemäß Arbeitsschutzgesetz mit zu betrachten.
- (3) Die aussichtsreichen Lösungen sollen untersucht und die Ergebnisse dokumentiert werden.

**Tabelle 2:** Vergleich Gefährdungen bestehendes Beispiel mit Alternativen

<b>Gefährdungen</b>	<b>Gegenwärtige Lösung/Praxis</b>	<b>Alternative 1</b>	<b>Alternative 2</b>
<b>Bezeichnung</b> (Stoff oder Verfahren )	Leichtflüchtige Reinigungsmittel	Geringflüchtige Reinigungsmittel	mobile Reinigungsanlage
<b>Charakterisierung</b>	Reiniger auf Kohlenwasserstoff- basis Flammpunkt < 23°C, Treibgas: Propan/Butan	Reiniger auf Kohlewasserstoff- basis, Flammpunkt > 60°C Pumpsprühflasche	mobile Reinigungsanlage mit wässrigem Reinigungsmittel
<b>Gesundheitliche Gefährdung durch inhalative und dermale Exposition</b>	Inhalative Belastung durch Koh- lenwasserstoff-Dämpfe und - Aerosole, Hautkontakt mit ent- fettenden Lösemitteln.	Geringere inhalative Belastung durch Kohlenwasserstoff- Dämpfe und –Aerosole als bei leichtflüchtigen Produkten, der- male Belastung (Entfettung) hö- her als bei leichtflüchtigen Pro- dukten.	Es werden keine flüchtigen Ge- fahrstoffe eingesetzt. Geringer Hautkontakt.
<b>Gefährdungen durch physika- lisch-chemische Eigenschaf- ten</b> (hier: Brand- und Explosionsge- fährdungen)	Brand- und Explosionsgefähr- dung durch entzündbare Löse- mittel und Treibgas	Brand- und Explosionsgefähr- dung durch entzündbare Löse- mittel, geringer als bei Flamm- punkt < 23°C. Brandgefahr durch Putzlappen und Lösemittelrückstände	Keine
<b>Umweltgefährdung</b>	Emission von Lösemitteln in die Umwelt	Aufgrund des geringeren Dampfdrucks (bzw. höheren Siedepunkts) geringere Emis- sion von Lösemitteln in die Um- welt. Auffangbehälter und Ent- sorgung notwendig	Auffangbehälter und Entsor- gung notwendig
<b>andere Gefährdungen:</b> (nicht Gegenstand der Gef- StoffV, aber betrieblich relevant)	Nicht relevant	Nicht relevant	Nicht relevant
<b>Entscheidung</b>	<b>Hohe Gefährdung durch Dämpfe und Aerosole leicht- flüchtiger Kohlenwasser- stoffe</b>	<b>Geringere Gefährdung durch Kohlenwasserstoffe als bei gegenwärtiger Lösung</b>	<b>keine Gefährdungen durch flüchtige Gefahrstoffe zu er- warten</b>

### 2.4.2 Kriterien für die technische Eignung auswählen (Abschnitt 5.2 der TRGS 600)

Die Alternativen sind nach den relevanten Kriterien, z.B. technische Anforderungen und die Eignung in der Prozesskette, zu beurteilen und die Ergebnisse zu dokumentieren.

**Tabelle 3:** Vergleich technische Eignung bestehendes Beispiel mit Alternativen

Technische Beurteilung	Gegenwärtige Lösung/Praxis	Alternative 1	Alternative 2
<b>Bezeichnung</b>	Leichtflüchtige Reinigungsmittel	Geringflüchtige Reinigungsmittel	mobile Reinigungsanlage
<b>Technische Anforderung:</b> Bauteile sauber und trocken	Ja	Ja, aber längere Trocknungszeit als bei leichtflüchtigen Reinigungsmitteln	Ja, aber längere Trocknungszeit als bei leichtflüchtigen Reinigungsmitteln
<b>Eignung in der Prozesskette</b> hier insbesondere: Herstellervorgaben für Reinigung von Bauteilen	Gegeben	Gegeben	Gegeben
<b>In den vorhandenen Räumen realisierbar?</b>	Ja, aber Explosionsschutz beachten	Ja, aber Auffangwanne notwendig	Ja, aber Auffangwanne notwendig
<b>Entscheidung</b>	Technisch geeignet, aber Explosionsschutz beachten	Technisch geeignet	Technisch geeignet

**2.4.3 Kriterien für die Realisierung der Substitution  
(Abschnitt 5.4 und Anhang 3 der TRGS 600)**

Es wird qualitativ dokumentiert, ob sich die Substitutionslösung sehr positiv (++), positiv (+), negativ (-), sehr negativ (--) oder neutral (0) auswirkt.

**Tabelle 4:** Vergleich der Substitutionslösungen für leichtentzündliche Reinigungsmittel

Einflussfaktoren	Änderung durch die Substitutionslösung	
	++/+/0/-/--	++/+/0/-/--
	Alternative 2: mobile Reinigungsanlage	Alternative 1: Geringflüchtige Reinigungsmittel
<b>Materialkosten</b>	+	0
<b>Anlagekosten</b>		
– Investitionskosten	--	-
– Energiekosten	0	0
<b>Arbeitskosten</b>	-	0
<b>Technische Schutzmaßnahmen</b>		
– Lüftungsmaßnahmen	+	+
– Brand/Ex-Schutz	+	+
<b>Persönliche Schutzmaßnahmen</b>	+	+
<b>Arbeitsmedizinische Vorsorge</b>	0	0
<b>Transportkosten</b>	0	0
– Frachttarife, Verpackung ...		
<b>Lagerkosten</b>	0	0
<b>Entsorgungskosten</b>	0	0
– Recycling, Abwasser, Abluft		
<b>Kosten für Organisation</b>	0	0
<b>Versicherungskosten</b>	0	0
<b>Verringerung der Gefährdung</b> (nicht in Kosten zu beschreiben)	++	+
<b>Weitere Einflussfaktoren</b> (nicht in Kosten zu beschreibende betriebsbezogene Faktoren)		
– Firmenimage	+	+
– Mitarbeiterzufriedenheit	0	0
– Zukunftsfähigkeit/Planungssicherheit	+	0

**Abschließende Bewertung:**

Die Alternative 2 ist aufgrund der stärkeren Verringerung der Gefährdung (kein Einsatz von flüchtigen Gefahrstoffen) zu bevorzugen.

## **Anhang 2 Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spaltenmodell)**

### **Das Spaltenmodell**

- (1) Das Spalten-Modell (siehe Tabelle 5) erlaubt einen schnellen Vergleich von Stoffen und Gemischen anhand weniger Informationen.
- (2) Eine vergleichende Bewertung eines Produktes und einer potenziellen Substitutionslösung wird jeweils getrennt für beide Lösungen durchgeführt in den fünf Spalten:
  1. akute Gesundheitsgefahren (einmalige Einwirkung),
  2. chronische Gesundheitsgefahren (wiederholte Einwirkung),
  3. Umweltgefahren,
  4. Physikalisch-chemische Einwirkungen (Brand, Explosion, Korrosion u.a.),
  5. Freisetzungverhalten und
  6. Verfahren.
- (3) Die Bewertung der Ergebnisse sollte folgende Kriterien berücksichtigen:
  1. Vergleichende Bewertungen dürfen immer nur innerhalb einer Spalte und keinesfalls innerhalb einer Zeile vorgenommen werden.
  2. Es darf nur angewandt werden, wenn der Hersteller die Stoffe oder Gemische (im Hinblick auf die gesundheitliche Gefährdung zumindest bezüglich akuter Toxizität, Hautreizung, Schleimhautreizung, erbgutveränderndem Potential und Hautsensibilisierung) auf Basis vorliegender Daten und Erfahrungen unter Einbeziehung vorhandener Datenlücken bewertet hat (siehe Sicherheitsdatenblatt Abschnitte 9 und 11).
  3. Grundsätzlich sind geringe Unterschiede der Gefährdungsstufen nur dann ein Argument für einen Ersatzstoff, wenn die Datenlage bei dem Ersatzstoff ähnlich gut ist wie bei dem zu ersetzenden Stoff.
  4. Schneidet die potenzielle Substitutionslösung in allen fünf Spalten besser ab als das verwendete Produkt oder Verfahren, ist die Höhe der Gefährdung eindeutig geklärt.
  5. Ein Unterschied von einer Gefährdungsstufe kann mitunter beim Vorliegen entgegenstehender Gründe dazu führen, dass der Ersatzstoff nicht eingesetzt wird.
  6. Liegen Unterschiede von zwei oder mehr Gefährdungsstufen vor, müssen wichtige Gründe vorliegen, den Ersatzstoff nicht einzusetzen.
  7. Der Regelfall wird jedoch sein, dass der potenzielle Ersatzstoff in einigen Spalten eine geringere Gefährdungsstufe, aber auch in einer oder zwei Spalten eine höhere Gefahrenstufe aufweist. Dann obliegt es dem Verwender zu beurteilen, welche Gefahreneigenschaften, d.h. welche Spalten im konkreten Fall das größere Gewicht haben.
    - a) Lassen sich beispielsweise bei der Produktverarbeitung Zündquellen nicht ausschließen, wird man verstärkt auf die Brand- und Explosionseigenschaften sowie das Freisetzungverhalten der Produkte achten müssen.
    - b) Entstehen bei der Verarbeitung größere Mengen Abfälle, haben die Umweltgefahren ein höheres Gewicht usw.
  8. Das Ergebnis der Substitutionsprüfung ist zu dokumentieren.



(3) Bei Gemischen wird keine Bewertung unter Betrachtung der Inhaltsstoffe durchgeführt. Durch diese pragmatische Vorgehensweise werden gewisse Nachteile in Kauf genommen, die sich z.B. aus der Existenz von Einstufungsgrenzen bei Gemischen ergeben.

**Tabelle 5:** Spaltenmodell

1 Gefahr	2a Akute Gesundheitsgefahren (einmalige Einwirkung)	2b Chronische Gesundheitsgefahren (wiederholte Einwirkung)
Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorien 1 oder 2 (H300, H310, H330)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase bilden können (EUH032)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Krebs erzeugende Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (H350, H350i)</li> <li>• Krebs erzeugende Tätigkeiten oder Verfahren nach TRGS 906</li> <li>• Keimzellmutagene Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (H340)</li> </ul>
Hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorie 3 (H301, H311, H331)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die bei Kontakt mit den Augen giftig sind (EUH070)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die bei Berührung mit Wasser oder Säure giftige Gase bilden können (EUH029, EUH031)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 1: Organschädigung (H370)</li> <li>• Hautsensibilisierende Stoffe/Gemische (H317, Sh)</li> <li>• Atemwegssensibilisierende Stoffe/Gemische (H334, Sa)</li> <li>• Hautätzende Stoffe/Gemische, Kat. 1, 1A (H314)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproduktionstoxische Stoffe/Gemische, Kategorien 1A oder 1B (H360, H360F, H360D, H360FD, H360Fd, H360Df)</li> <li>• Krebs erzeugende Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H351)</li> <li>• Keimzellmutagene Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H341)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition, Kategorie 1: Organschädigung (H372)</li> </ul>
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akut toxische Stoffe/Gemische, Kategorie 4 (H302, H312, H332)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 2: Mögliche Organschädigung (H371)</li> <li>• Hautätzende Stoffe/Gemische, Kat. 1B, 1C (H314, pH ≥ 11,5, pH ≤ 2)</li> <li>• Augenschädigende Stoffe/Gemische (H318)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die ätzend auf die Atemwege wirken (EUH071)</li> <li>• Nichttoxische Gase, die durch Luftverdrängung zu Erstickung führen können (z. B. Stickstoff)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reproduktionstoxische Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H361, H361f, H361d, H361fd)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei wiederholter Exposition, Kategorie 2: Mögliche Organschädigung (H373)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die Säuglinge über die Muttermilch schädigen können (H362)</li> </ul>
Gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hautreizende Stoffe/Gemische (H315)</li> <li>• Augenreizende Stoffe/Gemische (H319)</li> <li>• Hautschädigung bei Feuchtarbeit</li> <li>• Stoffe/Gemische mit Aspirationsgefahr (H304)</li> <li>• Hautschädigende Stoffe/Gemische (EUH066)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3: Atemwegsreizung (H335)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit spezifischer Zielorgan-Toxizität bei einmaliger Exposition, Kategorie 3: Schläfrigkeit, Benommenheit (H336)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Auf sonstige Weise chronisch schädigende Stoffe (kein H-Satz, aber trotzdem Gefahrstoff!)</li> </ul>
Vernachlässigbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erfahrungsgemäß unbedenkliche Stoffe (z. B. Wasser, Zucker, Paraffin u. Ä.)</li> </ul>	

1 Gefahr	3 Umweltgefahren <sup>1</sup>	4 Physikalisch-chemische Einwirkungen (Brand, Explosion <sup>2,3</sup> , Korrosion u.a.) <i>Fett und kursiv dargestellte H-Sätze kommen mehrfach vor.</i> <sup>4</sup>
Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Akut gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 1 (H400)</li> <li>• Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 1 (H410)</li> <li>• Stoffe/Gemische der Wassergefährdungsklasse WGK 3</li> <li>• PBT-Stoffe</li> <li>• vPvB-Stoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Instabile explosive Stoffe/Gemische (H200)</li> <li>• Explosive Stoffe/Gemische/Erzeugnisse, Unterklassen 1.1 (H201), 1.2 (H202), 1.3 (H203), 1.4 (H204), 1.5 (H205) und 1.6 (ohne H-Satz)</li> <li>• Entzündbare Gase, Kategorie 1 A (H220), Kategorie 1B und Kategorie 2 (H221)</li> <li>• Pyrophore Gase (H232)</li> <li>• Chemisch instabile Gase, Kategorie A (H230) und B (H231)</li> <li>• Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 1 (H224)</li> <li>• Selbstersetzliche Stoffe/Gemische, Typen A (<b>H240</b>) und B (<b>H241</b>)</li> <li>• Organische Peroxide, Typen A (<b>H240</b>) und B (<b>H241</b>)</li> <li>• Pyrophore Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 1 (H250)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 1 (H260)</li> <li>• Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 1 (H271)</li> </ul>
Hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chronisch gewässergefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H411)</li> <li>• Stoffe, die die Ozonschicht schädigen (H420)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aerosole, Kategorie 1 (H222 und <b>H229</b>)</li> <li>• Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 2 (H225)</li> <li>• Entzündbare Feststoffe, Kategorie 1 (<b>H228</b>)</li> <li>• Selbstersetzliche Stoffe/Gemische, Typen C und D (<b>H242</b>)</li> <li>• Organische Peroxide Typen C und D (<b>H242</b>)</li> <li>• Selbsterhitzungsfähige Stoffe/Gemische Kategorie 1 (H251)</li> <li>• Stoffe/Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 2 (<b>H261</b>)</li> <li>• Oxidierende Gase, Kategorie 1 (H270)</li> <li>• Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 2 (<b>H272</b>)</li> <li>• Desensibilisierte explosive Stoffe/Gemische, Kategorie 1 (H206) und Kategorie 2 (H207)</li> <li>• Stoffe/Gemische mit bestimmten Eigenschaften (EUH014, EUH018, EUH019, EUH044)</li> </ul>

<sup>1</sup> Die Wassergefährdungsklasse wird nur bei den Stoffen/Gemischen als Bewertungskriterium herangezogen, die (noch) nicht bezüglich der umweltgefährden Eigenschaften eingestuft sind.

<sup>2</sup> Stoffe/Gemische können auch ohne entsprechende Einstufung explosive Eigenschaften im Sinne der Prüfungen gemäß Abschnitt 5.3 Absatz 8 Nummer 15 haben. Dies ist im Einzelfall zu berücksichtigen.

<sup>3</sup> Explosionsfähige Stäube sind aufgrund ihrer spezifischen Problematik im Einzelfall fachkundig zu prüfen und daher keiner u. a. Gefährdungsstufe zugeordnet.

<sup>4</sup> Bei den physikalisch-chemischen Gefährdungen ist zu berücksichtigen, das beim Wechsel in eine andere Gefahrenklasse eine andere Art der Gefährdung resultiert, die selbst bei Verringerung der Gefährdungsstufe nicht notwendigerweise zu einer Verringerung der Gefährdung im betrachteten Einzelfall führt. Ein Beispiel ist der Ersatz einer entzündbaren Flüssigkeit der Kategorie 2 durch einen selbstzersetzlichen Stoff vom Typ E, bei dem auch die Gefährdung durch die thermische Instabilität zu berücksichtigen ist.

Mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Chronisch gewässer-gefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 3 (H412)</li> <li>•Stoffe/Gemische der Wassergefährdungs-kategorie WGK 2</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aerosole, Kategorie 2 (H223 und <b>H229</b>)</li> <li>•Entzündbare Flüssigkeiten, Kategorie 3 (H226)</li> <li>•Entzündbare Feststoffe, Kategorie 2 (<b>H228</b>)</li> <li>•Selbstersetzliche Stoffe/Gemische, Typen E und F (<b>H242</b>)</li> <li>•Organische Peroxide, Typen E und F (<b>H242</b>)</li> <li>•Selbsterhitzungsfähige Stoffe/Gemische, Kategorie 2 (H252)</li> <li>•Stoffe/Gemische, die in Berührung mit Wasser entzündbare Gase entwickeln, Kategorie 3 (<b>H261</b>)</li> <li>•Oxidierende Flüssigkeiten oder Feststoffe, Kategorie 3 (<b>H272</b>)</li> <li>•Gase unter Druck (H280, H281)</li> <li>•Korrosiv gegenüber Metallen (H290)</li> <li>•Desensibilisierte explosive Stoffe/Gemische, Kategorie 3 (H207) und Kategorie 4 (H208)</li> </ul>
Gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Chronisch gewässer-gefährdende Stoffe/Gemische, Kategorie 4 (H413)</li> <li>•Stoffe/Gemische der Wassergefährdungs-kategorie WGK 1</li> <li>•Allgemein wasser-gefährdende Stoffe/Gemische (awg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Aerosole, Kategorie 3 (<b>H229</b> ohne H222, H223)</li> <li>•Schwer entzündbare Stoffe/Gemische (Flammpunkt &gt; 60 ... 100 °C, kein H-Satz)</li> <li>•Selbstersetzliche Stoffe/Gemische, Typ G (kein H-Satz)</li> <li>•Organische Peroxide, Typ G (kein H-Satz)</li> </ul>
Vernachlässigbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Nicht wassergefährdende Stoffe/Gemische (nwg)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Unbrennbare oder nur sehr schwer entzündliche Stoffe/Gemische (bei Flüssigkeiten Flammpunkt &gt; 100 °C, kein H-Satz)</li> </ul>

1 Gefahr	5 Freisetzungsverhalten	6 Verfahren
Sehr hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Gase</li> <li>•Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck &gt; 250 hPa (mbar) (z. B. Dichlormethan)</li> <li>•Staubende Feststoffe</li> <li>•Aerosole</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Offene Verarbeitung</li> <li>•Möglichkeit des direkten Hautkontaktes</li> <li>•Großflächige Anwendung</li> <li>•Verfahrensindex 4 nach TRGS 500 (offene Bauart bzw. teilweise offene Bauart, natürliche Lüftung)</li> </ul>
Hoch	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 50 - 250 hPa (mbar) (z. B. Methanol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verfahrensindex 2 nach TRGS 500 (teilweise offene Bauart, bestimmungsgemäßes Öffnen mit einfacher Absaugung, offen mit einfacher Absaugung)</li> </ul>
Mittel	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 10 - 50 hPa (mbar), mit Ausnahme von Wasser (z. B. Toluol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Geschlossene Verarbeitung mit Expositionsmöglichkeiten z. B. beim Abfüllen, bei der Probenahme oder bei der Reinigung</li> <li>•Verfahrensindex 1 nach TRGS 500 (geschlossene Bauart, Dichtheit nicht gewährleistet, teilweise offene Bauart mit wirksamer Absaugung)</li> </ul>
Gering	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 2 - 10 hPa (mbar) (z. B. Xylol)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verfahrensindex 0,5 nach TRGS 500 (geschlossene Bauart, Dichtheit gewährleistet, teilweise geschlossene Bauart mit integrierter Absaugung, teilweise offene Bauart mit hochwirksamer Absaugung)</li> </ul>
Vernachlässigbar	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Flüssigkeiten mit Dampfdruck &lt; 2 hPa (mbar) (z. B. Glykol)</li> <li>•Nichtstaubende Feststoffe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Verfahrensindex 0,25 nach TRGS 500</li> </ul>

### **Anhang 3 Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Substitutionslösungen und zur erweiterten Bewertung**

#### **1 Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Substitutionslösungen**

(1) Die folgenden Ausführungen sollen insbesondere Arbeitgebern Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Substitutionslösungen an die Hand geben (siehe Abschnitt 5.4 der TRGS 600). Die Prüfung erfolgt, wenn festgestellt wurde, dass die möglichen Änderungen

1. die stoffliche Gefährdung tatsächlich verringern (siehe Abschnitt 5.3 der TRGS 600) und
2. technisch geeignet sind (siehe Abschnitt 5.2 der TRGS 600).

(2) In der folgenden Tabelle 6 werden einschlägige betriebliche Faktoren (mit beispielhaft genannten Unterpunkten) dargestellt, die durch den Einsatz von Ersatzstoffen und Ersatzverfahren beeinflusst werden können.

(3) Kosten werden bei betriebswirtschaftlicher Betrachtung nach variablen und fixen Kosten unterschieden. Die Tabelle gibt dem Anwender Hinweise, welche Kosten ggf. durch die Substitutionslösung beeinflusst werden.

(4) Die Zuordnung der Kostenblöcke zum variablen bzw. fixen Anteil ist dabei wesentlich von der Organisation des Unternehmens abhängig und muss entsprechend individuell angepasst werden.

(5) Neben den Kosten enthält die Tabelle weitere Faktoren, die kostenmäßig schwer zu erfassen sind, für langfristig wirksame Entscheidungen aber sehr wohl relevant sein können.

(6) Die dargestellten Einflussfaktoren können auf alle Arten von Substitutionslösungen angewendet werden, das heißt, für den Einsatz

1. von Ersatzstoffen oder
2. die Anwendung von Ersatzverfahren.

(7) In den meisten Fällen ist es ausreichend, die Einflussfaktoren qualitativ zu beschreiben (positiver Einfluss/kein Einfluss/negativer Einfluss). Wichtig ist, dass alle zutreffenden Faktoren betrachtet und die zutreffenden Unterpunkte ausgewählt und dokumentiert werden, auch wenn sie sich im konkreten Fall als nicht relevant erweisen oder wenn sich keine Veränderung des Faktors ergibt. Ein Vergleich ausgewählter einzelner Kosten (z.B. Preis des aktuell verwendeten Stoffes gegen Preis des Ersatzstoffes) ist im Allgemeinen nicht ausreichend.

(8) Auf Grund einer qualitativen Beschreibung der Einflussfaktoren lässt sich in vielen Fällen schon eine eindeutige Entscheidung treffen, anderenfalls sollten einzelne oder mehrere der Faktoren genauer untersucht werden.

(9) Wird keiner der Einflussfaktoren zum Negativen verändert, ist der Vorteil der Substitutionslösung offensichtlich. Die Änderungen sind unverzüglich in die Wege zu leiten.

(10) Auch, wenn einzelne Einflussfaktoren negativ beeinflusst werden, kann die Substitutionslösung insgesamt noch vorteilhaft sein. Wird eine Mehrzahl von Faktoren negativ beeinflusst, hängt es von den betrieblichen Randbedingungen ab, welches relative Gewicht den positiv und negativ beeinflussten Faktoren bei der abschließenden Entscheidung beigemessen wird. Starre Beurteilungsregeln können nicht formuliert werden.

(11) Höhere Kosten einer Substitutionslösung können nicht automatisch zur Beurteilung

„nicht anzuwenden“ führen. Insbesondere wenn die zu ersetzenden Stoffe eine hohe Gefährdung auslösen, ist der Verringerung der Gefährdung ein hohes Gewicht beizumessen.

## **2 Abwägungsgründe zur erweiterten Bewertung**

(1) Für weitreichende Entscheidungen (z.B. betriebsübergreifende Substitutionsziele, Entwicklung neuer Produktlinien, konzernweite Beschränkungen reichen die oben beschriebenen betriebsbezogenen Kriterien nicht aus.

(2) Vor der Nutzung von Expertenmethoden sollte geprüft werden, ob und wie die Modelle ökonomische, ökologische und soziale Kriterien erfassen, in Kenngrößen überführen und bewerten. Um nachhaltige Entscheidungen treffen zu können, ist es von großer Bedeutung, dass diese Kriterien auf alle relevanten Stufen des Lebenszyklus eines Stoffes angewendet werden.

(3) Die Modelle sollten folgende Stufen des Lebenszyklus berücksichtigen:

1. Herstellung, Gewinnung und Transport des Rohstoffs,
2. Weiterverarbeitung des Rohstoffs zu Produkten,
3. Verwendung bzw. Verbrauch der Produkte einschließlich des Pflege- und Instandhaltungsaufwands,
4. Recycling, Verwertung bzw. Entsorgung von Stoff oder Produkten.

(4) Grundsätzlich relevante Kriterien sind zum Beispiel das toxikologische Profil der Einsatzstoffe und/oder Zwischenprodukte, der Energieverbrauch, Emissionen, das ökotoxikologische Profil, die Verfügbarkeit der Stoffe, und je nach Problem weitere spezifischere Kriterien.

(5) Je nach Anzahl der untersuchten Phasen im Lebenszyklus des Stoffes und den verfügbaren bzw. verwendeten Daten werden unterschiedlich weitreichende Beschreibungen des Stoffes und der mit seiner Nutzung verbundenen Chancen und Risiken möglich.

(6) Expertenmodelle können Entscheidungen zur Substitution oder zum Aufbau einer Produktlinie auf den Feldern Marketing, Forschung, Strategie und auch Politik unterstützen.

**Tabelle 6:** Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Substitutionslösungen

Soweit möglich sollten alle Einflussfaktoren betrachtet und zutreffende Unterpunkte ausgewählt werden. Für jeden Einflussfaktor, ggf. gegliedert nach Unterpunkten soll zumindest qualitativ dokumentiert werden, ob sich die Substitutionslösung positiv (+), negativ (-) oder neutral (0) auswirkt. Bei mehreren denkbaren Substitutionslösungen kann die Tabelle erweitert oder mehrfach angelegt werden.

Einflussfaktoren		Veränderung durch die Substitutionslösung ++/+/0/-/-- oder Kostenschätzung	Bemerkungen
<b>variable Kosten:</b>			
1.	<b>Einsatzstoffkosten</b> Ggf. Kosten für Hilfs- und Verbrauchsstoffe berücksichtigen.		
2.	<b>Lagerkosten</b>		
3.	<b>Transportkosten</b> z.B. Kosten für Verpackungen, Frachttarife, etc.		
4.	<b>Entsorgungskosten</b> z.B. Kosten zur stofflichen Wiederverwertung, zur Abfall-, Abwasser- und Abluftbehandlung		
5.	<b>Energiekosten</b>		
6.	<b>Versicherungskosten</b> etc.		
<b>fixe Kosten:</b>			
7.	<b>Kosten für Forschung und Entwicklung</b> Entwicklung und Anpassung der Substitutionslösung in der Wertschöpfungskette		
8.	<b>Anlagekosten</b> Investitionen in die Produktionsanlage		
9.	<b>Personalkosten</b> z.B. Gehälter, Kosten für Weiterbildung, etc.		
10.	<b>Kosten für das Risikomanagement:</b> – technische Maßnahmen, – organisatorische Maßnahmen – persönliche Maßnahmen z.B. bauliche Maßnahmen, Lüftungsmaßnahmen, ggf. Bedarf an zusätzlichem Personal, Arbeitsplatzmessungen, persönliche Schutzausrüstung, etc.		
11.	<b>Kosten für arbeitsmedizinische Vorsorge</b>		
12.	<b>Kosten für Arbeitsmanagementsysteme und zur Erfüllung rechtlicher Auflagen</b> z.B. ISO-Zertifizierung, Gefahrstoffverzeichnis, Registrierungen, Zulassungen, Genehmigungen, etc.		
13.	<b>Vertriebskosten</b> etc.		
<b>weitere Einflussfaktoren</b> (ggf. nicht in Kosten zu beschreibende, betriebsbezogene Faktoren):			
14.	öffentliche Wahrnehmung, Firmenimage, etc.		
15.	Mitarbeiterzufriedenheit, Motivation, etc.		
16.	vorteilhafte Produktkennzeichnung, Gütesiegel, etc.		
17.	Ökobilanz etc.		
<b>weitere relevante Faktoren</b> (falls erforderlich betriebs- und fallbezogen ergänzen)			
<b>abschließende Bewertung:</b>			
–	Ersatzlösung betrieblich nicht geeignet, weil, ...		
–	Substitutionslösung eingeleitet, ....		
–	erneute Prüfung bis ....		
–	oder Freitext		



## Literaturhinweise

Zusätzlich zur Beteiligung von Fachleuten sollte bei der Erarbeitung von Substitutionslösungen auch eine Recherche in allgemein zugänglichen Wissensquellen erfolgen. Beispiele für solche Wissensquellen sind im Folgenden enthalten. Sie stellen unterschiedliche Anforderungen an das Vorwissen des Nutzers, einige von ihnen sollten nur bei ausreichender fachlicher Qualifikation verwendet werden. Die folgende Sammlung ist nicht abschließend (Stand 2019).

### 1 Datenbanken zu Ersatzstoffen und Ersatzverfahren

1. Das Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU – GISBAU mit umfassenden Informationen über Gefahrstoffe beim Bauen, Renovieren und Reinigen

<https://www.wingisonline.de/>

2. BG ETEM- Brancheninitiative zur Verminderung von Lösemittlemissionen im Offsetdruck - Die Produktlisten sollen den Anwender in die Lage versetzen, sich das für seine Maschinen zulässige bzw. empfehlenswerte Waschmittel auszuwählen.

<http://praevention-dp-bgetem.bg-kooperation.de/>

3. Die VKIS-VSI-IGM-BGHM-Stoffliste enthält die Stoffe, welche in Kühlschmierstoffen von den Herstellern verwendet werden sollten bzw. nicht verwendet werden dürfen oder welche deklarationspflichtig sind. Diese Stoffliste wird regelmäßig vom Verbraucherkreis Industrieschmierstoffe (VKIS), dem Verband Schmierstoffindustrie e.V. (VSI) und der IG Metall (IGM) unter Mithilfe der Berufsgenossenschaft Holz und Metall (BGHM) überarbeitet.

<http://www.vsi-schmierstoffe.de/regelwerke/vkis-vsi-igm-bghm-stoffliste.html>

5. Allgemeine Datenbank der ECHA zur Substitution

<https://echa.europa.eu/de/substitution-to-safer-chemicals>; <https://echa.europa.eu/de/search-for-alternatives-for-substitution>

4. Haz-Map Information on Hazardous Chemicals and Occupational Diseases: toxikologische Informationen, aber Einstieg über Stoffgruppen möglich, so dass man mögliche alternative Stoffe angeboten bekommt.

<https://haz-map.com/>

### 2 Datenbanken mit Stoff- Informationen

1. GESTIS – Stoffdatenbank: Einstieg über den Stoff; Stoffinformationen; Hinweise auf „gute Praxis“, einige konkrete Hinweise auf Verwendungsbeschränkungen und Substitutionslösungen

[www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank](http://www.dguv.de/ifa/stoffdatenbank)

2. GSBL – Gemeinsamer Stoffdatenpool von Bund und Ländern: Einstieg über den Stoff; Stoffinformationen in der Struktur des Sicherheitsdatenblattes; Hinweise auf Verwendungen, aber keine Hinweise auf Substitutionslösungen

<http://www.gsbl.de/>

3. IGS - Informationssystem für gefährliche Stoffe

<https://igsvtu.lanuv.nrw.de>

4. BG RCI – GisChem Gefahrstoffinformationssystem: Einstieg über den Stoff oder einige Tätigkeiten, Produktgruppen, Branchen; Stoffinformationen; wenige Hinweise auf „gute Praxis“, keine konkreten Hinweise auf Substitutionslösungen

<http://www.gischem.de/>

### **3 Internationale Datenbanken (meist zur Wirkung von Stoffen)**

1. US EPA Database - Stoffinformationen; Einstieg über den Stoff

<https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>

2. IPCS INCHEM - Stoffinformationen; Einstieg über den Stoff, bzw. CAS-Nummer: Schneller internationaler Zugang zu einer Bewertung weltweit allgemein genutzter Chemikalien, die auch als Umwelt- und Lebensmittelkontamination vorkommen können, als Hilfe bei Substitutionsentscheidung sehr hilfreich (Federführend ist das Canadian Centre for Occupational Health and Safety (CCOHS), engl. und franz.)

<http://www.inchem.org/>

3. Pubmed - Service of the U.S. National Library of Medicine including over 17 million citations from MEDLINE and other life science journals for biomedical articles back to the 1950s.

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>

4. EU-OSHA - Praktische Tools und Leitlinien zu gefährlichen Stoffen

<https://osha.europa.eu/de/themes/dangerous-substances/practical-tools-dangerous-substances>

5. eChemPortal provides free public access to information on properties of chemicals:

<https://www.echemportal.org/echemportal/>