

**Mit der Neufassung dieser TRGS 600 wird die TRGS 440 aufgehoben.**

**Ausgabe: August 2008**

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

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen an Gefahrstoffe hinsichtlich Inverkehrbringen und Umgang wieder. Sie werden vom

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

aufgestellt und von ihm der Entwicklung entsprechend angepasst. Die TRGS werden vom Bundesministerium für Arbeit und Soziales im Gemeinsamen Ministerialblatt bekannt gegeben.

#### **Inhalt**

- 1 Anwendungsbereich
- 2 Begriffsbestimmungen
- 3 Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten
- 4 Leitkriterien für die Vorauswahl von Substitutionsmöglichkeiten
- 5 Entscheidung über die Substitution
- 6 Dokumentation

- Anlage 1 Ablaufschema Substitution mit Beispiel Bremsenreiniger in Kfz-Werkstätten
- Anlage 2 Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spalten- und Wirkfaktorenmodell)
- Anlage 3 Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen und zur erweiterten Bewertung
- Anlage 4 Vorgehensweise bei der Erarbeitung von Substitutionsempfehlungen für Gefahrstoffe, Tätigkeiten oder Verfahren

## 1 Anwendungsbereich

(1) Nach den §§ 7 Abs. 1, 9 Abs. 1, 10 Abs. 1 und 19 Abs. 2 Gefahrstoffverordnung (GefStoffV) hat der Arbeitgeber die Pflicht zur Substitutionsermittlung, -prüfung, -entscheidung und zur Dokumentation. Diese TRGS soll den Arbeitgeber unterstützen

1. Tätigkeiten mit Gefahrstoffen zu vermeiden,
2. Gefahrstoffe durch Stoffe, Zubereitungen oder Verfahren zu ersetzen, die unter den jeweiligen Verwendungsbedingungen für die Gesundheit nicht oder weniger gefährlich sind oder
3. gefährliche Verfahren durch weniger gefährliche Verfahren zu ersetzen.

(2) Hat der Arbeitgeber im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung festgestellt, dass eine geringe Gefährdung nach den Kriterien des § 7 Abs. 9 GefStoffV (s.a. Nummer 6.2 der TRGS 400 „Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen“) vorliegt, verlangt die Gefahrstoffverordnung keine Substitutionsprüfung und keine Substitution.

(3) 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 (§7 GefStoffV, siehe auch TRGS 400) die Substitutionsmöglichkeiten zu prüfen und nach den in Nummer 5 dieser TRGS näher beschriebenen Maßgaben unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit umzusetzen.

(4) 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.

(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) Die TRGS beschreibt nicht die Anforderungen, die im Rahmen der Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 (REACH) an die Bewertung von Substitutionslösungen im Rahmen der Zulassung und Beschränkungsverfahren gestellt werden.

(7) Anlage 1 enthält ein Ablaufschema mit den einzelnen Schritten, die bei der Ermittlung und Durchführung von Substitutionslösungen zu beachten sind. Anlage 1 enthält zur Veranschaulichung zudem ein vereinfachtes Fallbeispiel für diese Vorgehensweise.

## 2 Begriffsbestimmungen

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

## 3 Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten

(1) Die Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten ist ein Teil der Informationsermittlung zur Gefährdungsbeurteilung nach § 7 Abs. 1 GefStoffV. Der Arbeitgeber hat bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen immer eine Ermittlung der Substitutionsmöglichkeiten durchzuführen, es sei denn, es liegt nur eine geringe Gefährdung vor (siehe Nummer 1 Abs. 1).

(2) Informationsquellen für die Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten sind im Folgenden aufgelistet (genauere Angaben und Fundstellen siehe Anlage 4 Nr. 5):

1. TRGS zu Ersatzstoffen (TRGS 600 ff.),
2. branchen- oder tätigkeitsspezifische Hilfestellungen, die Aussagen zur Substitution enthalten z. B.
  - a) BG/BGIA-Empfehlungen mit Aussagen zur Substitution,
  - b) Informationssysteme, z. B. Produkt-Codes und Veröffentlichungen der Unfallversicherungsträger und der Länder,
  - c) weitere Branchenregelungen (z. B. von Verbänden),
3. Sicherheitsdatenblatt (insbesondere dort Abschnitt 7) 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, z. B. aus REACH,
6. anderes, z. B. Normen.

(3) Zur Ermittlung der Substitutionsmöglichkeiten hat der Arbeitgeber die Quellen nach Absatz 2 Nr. 1–3 zu prüfen. Insbesondere soll er auch im Rahmen der Beschaffung von Gefahrstoffen den Lieferanten nach weniger gefährlichen Lösungen befragen. Zur Vorbereitung weit reichender Entscheidungen können vertiefte Recherchen/Prüfungen unter zusätzlicher Nutzung der Quellen nach Absatz 2 Nr. 4–6 erforderlich sein. Weitreichende Entscheidungen können insbesondere notwendig werden bei

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

---

<sup>1</sup> [www.baua.de/nn\\_57220/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Glossar/Begriffsglossar.pdf](http://www.baua.de/nn_57220/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Glossar/Begriffsglossar.pdf)

#### 4 Leitkriterien für die Vorauswahl aussichtsreicher Substitutionsmöglichkeiten

(1) Werden im Rahmen der Informationsermittlung mehrere Substitutionsmöglichkeiten ermittelt, sind Leitkriterien für die Vorauswahl aussichtsreicher Substitutionsmöglichkeiten sinnvoll, wenn nicht auf Musterlösungen nach Nummer 3 Abs. 2 Nr. 1–2 zurückgegriffen werden kann. Eine Vorauswahl ist insbesondere hilfreich, wenn bei mehreren gefundenen Möglichkeiten nicht alle mit gleicher Priorität gemäß Nummer 5.1 und 5.2 auf ihre technische und gesundheitliche Eignung geprüft werden können. Werden bei der Informationsermittlung nur wenige Substitutionsmöglichkeiten gefunden, kann die Vorauswahl auch übersprungen werden.

(2) Als Kriterien für eine Vorauswahl von Substitutionsmöglichkeiten sind sowohl die Gefährlichkeitsmerkmale wie auch das Freisetzungspotenzial auf Grundlage der physikalisch-chemischen Eigenschaften und der Verfahrens- und Verwendungsbedingungen zu berücksichtigen (Absatz 3–5). Bei der Entscheidung, welche Möglichkeiten weiter untersucht werden sollen, sind alle Kriterien in ihrer Gesamtheit zu betrachten und auch Überlegungen zur Gefährdung der Haut (Nummer 4 Abs. 6) einzubeziehen. 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 der gesundheitsgefährlichen Eigenschaften des Stoffes lässt sich durch Substitution entlang der aufgeführten Reihenfolge in der jeweiligen Zeile reduzieren<sup>2</sup>:

1. Stoffe mit niedrigem Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) > Stoffe mit höherem Arbeitsplatzgrenzwert (bei vergleichbaren Stoffeigenschaften und Expositionen, bei Flüssigkeiten ist z. B. das Verhältnis von Arbeitsplatzgrenzwert zum Dampfdruck relevant),
2. Systemische Wirkung: sehr giftig(T+) > giftig(T) > gesundheitsschädlich (Xn) > keines dieser Merkmale,
3. Ätz-/Reizwirkung : Ätzend (C) > reizend (Xi) > keines dieser Merkmale,
4. Krebserzeugend, erbgutverändernd, fortpflanzungsgefährdend (cmr) > nicht cmr.

(4) Die Gefährdung aufgrund der physikalisch-chemischen Eigenschaften des Stoffes lässt sich im Prinzip und im Rahmen der Vorauswahl durch Substitution entlang der aufgeführten Reihenfolge in der jeweiligen Zeile reduzieren:

1. Hochentzündlich (F+) oder pyrophor (F,R17) > leicht entzündlich (F) > entzündlich (R 10) > keines dieser Merkmale,
2. brandfördernd (O) > nicht brandfördernd,
3. explosionsgefährlich (E) > nicht explosionsgefährlich.

---

<sup>2</sup> In den folgenden Absätzen ist „>“ zu lesen als „höhere Gefährdung zu erwarten als bei ...“.

(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. große Menge > kleine Menge,
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 > geschlossenes Verfahren,
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) Hinsichtlich der Hautbelastung können die Kriterien zur Vorauswahl von Stoffen, Zubereitungen oder Arbeitsverfahren im Einzelfall von den vorher genannten Kriterien abweichen und müssen dementsprechend individuell überprüft und ggf. 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, ein hoher Dampfdruck verringert hingegen die Verweilzeit auf der Haut, höhere Temperaturen lassen Hautkontakt eher vermeiden als die Verwendung bei Raumtemperatur. Für einen Vergleich der Gefährdungen durch Hautkontakt sollen die Kriterien der TRGS 401 (insbesondere dort Nummer 3 und 4) herangezogen werden.

(7) Bei der Gesamtbetrachtung im Rahmen der Vorauswahl hat der Arbeitgeber alle Leitkriterien gegeneinander abzuwägen, um zu erkennen, mit welchen Stoffen 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 Stoff mit gefährlicheren Eigenschaften einzusetzen, der in einer nicht staubenden Form erhältlich ist oder der einen sehr geringen Dampfdruck besitzt, als einen Stoff mit weniger gefährlichen Eigenschaften, der aber nur in staubender Form am Markt verfügbar ist oder der einen beträchtlich höheren Dampfdruck besitzt.

(8) Emissionsarme Verwendungsformen (s. auch TRGS 500) können als weniger gefährliche Verfahren im Sinne des § 9 Abs.1 GefStoffV angesehen werden. Die Verwendung emissionsarmer Verwendungsformen sollte die Exposition in dem Maße herabsetzen, wie es durch technische, organisatorische oder persönliche Maßnahmen nach § 9 Abs. 2 oder geschlossene Systeme nach § 10 Abs.1 GefStoffV der Fall wäre.

## **5 Entscheidung über die Substitution**

(1) Diejenigen Substitutionsmöglichkeiten, die sich in der Vorauswahl aus aussichtsreich erwiesen haben, können mit den in Nummer 5.1 und 5.2 folgenden Kriterien und methodischen Hilfsmitteln noch gründlicher auf ihre technische, gesundheitliche und physikalisch-chemische Eignung untersucht werden. Nummer 5.3 beschreibt die regulatorischen Vorgaben und betrieblichen Entscheidungskriterien, für die betriebliche Realisierung gefundener Substitutionsmöglichkeiten.

(2) 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.

### **5.1 Kriterien für die technische Eignung**

(1) Substitutionsempfehlungen, die in den Informationsquellen nach Nummer 3 Abs. 2 Nr. 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 Substitutionsmöglichkeit einzelfallbezogen durch den Anwender des jeweiligen Stoffes oder Verfahrens zu beurteilen. Hierbei ist unter anderem Folgendes zu berücksichtigen:

1. der Stand der Technik (§ 3 Abs.10 GefStoffV),
2. die Funktion des Stoffes (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).

(3) Die Zulassung unter REACH ersetzt nicht die betriebliche Substitutionsprüfung nach GefStoffV für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen. Der Arbeitgeber muss die Verwendung des zugelassenen Stoffes dann nach Artikel 66 der Verordnung (EG) 1907/2006 (REACH) der Europäischen Chemikalienagentur melden.

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

(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) Substitutionslösungen, die aufgrund von Informationsquellen nach Nummer 3 Abs. 2 Nr. 1–3 gefunden wurden, führen in der Regel zu einer geringeren Gefährdung der Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten.

(3) Wenn bei der Entscheidung über die Eignung einer Substitutionsmöglichkeit nicht auf die allgemeinen Empfehlungen zurückgegriffen werden kann oder die Bewertung der Gefährdung nicht eindeutig ist, soll zunächst auf spezifische Abschätzungsmodelle zurückgegriffen werden, insbesondere die in der Anlage 2 genannten Modelle (Spalten- und Wirkfaktorenmodell). Es ist anzumerken, dass Zubereitungen mit Hilfe der Modelle nicht in jedem Fall eindeutig beurteilt werden können und dass die Beurteilung von Zubereitungen spezifische Kenntnisse erfordert, (zum Beispiel die Fähigkeit, ggf. die entscheidungsrelevanten kritischen Inhaltstoffe zu erkennen).

(4) Bei der Anwendung der Modelle müssen Informationen zu den Eigenschaften der Stoffe oder Zubereitungen vorliegen. Hierzu gehört insbesondere die Einstufung und Kennzeichnung der Gefahrstoffe. Sind Informationen z. B. vom Hersteller, Inverkehrbringer, Auftraggeber oder anderen Stellen verfügbar, so kann der Arbeitgeber diese Einstufungen und Beurteilungen übernehmen, wenn er keine anderen Erkenntnisse hat.

(5) Bei der Anwendung der Modelle müssen mindestens folgende grundlegende Prüfungen oder Bewertungen vorliegen:

1. Prüfung auf akute Toxizität,
2. Prüfung auf Hautreizung, Schleimhautreizung,
3. Prüfung auf erbgutveränderndes Potenzial,
4. Prüfung auf Hautsensibilisierung und
5. Bewertung der Toxizität bei wiederholter Applikation (Prüfung oder qualifizierte Bewertung).

(6) Ob die Prüfungen oder Bewertungen durchgeführt wurden, kann anhand des Sicherheitsdatenblattes (Abschnitt 11 „Toxikologische Angaben“) festgestellt werden oder muss anderweitig, insbesondere durch Nachfrage beim Lieferanten ermittelt werden. Können die Informationen nach Absatz 5 Nr. 1–5 nicht ermittelt werden, so sind – je nach fehlenden Informationen – mindestens folgende Eigenschaften zu unterstellen:

1. gesundheitsgefährlich (Kennzeichnung mit R20, 21 oder 22),
2. hautreizend (Kennzeichnung mit R38),
3. Verdacht auf Erbgutveränderung (Kennzeichnung mit R68) und
4. hautsensibilisierend (Kennzeichnung mit R43).

(7) Die Ersatzstoffe müssen hinsichtlich dieser toxikologischen Endpunkte genau so gut zu beurteilen sein wie der zu ersetzende Stoff. Dies gilt auch für Zubereitungen, wenn das Sicherheitsdatenblatt keine qualifizierten Aussagen zu den gefährlichen Eigenschaften macht (siehe Bekanntmachung zu Gefahrstoffen 220 „Sicherheitsdatenblatt“, Nummer 6.11 Abs. 9).

(8) Gleichrangig mit den gesundheitsbezogenen Eigenschaften sind die physikalisch-chemischen Eigenschaften von Stoffen, bei denen Brand- und Explosionsgefahren entstehen können, zu berücksichtigen. Insbesondere ist bei der Substitution zu prüfen, ob Stoffe und Zubereitungen eingesetzt werden können, die keine explosionsfähigen Gemische bilden können.

(9) Es ist zu prüfen, ob das Sicherheitsdatenblatt (Abschnitt 9 „Physikalische und chemische Eigenschaften“) zu den entzündlichen, explosionsfähigen, explosionsgefährlichen oder brandfördernden Eigenschaften entsprechende Angaben und sicherheitstechnische Kenngrößen enthält. Beispielsweise sind folgende Angaben im Sicherheitsdatenblatt zu prüfen:

1. Siedepunkt,
2. Dampfdruck,
3. Dichteverhältnis bezogen auf Luft (Gase und Dämpfe),
4. untere und obere Explosionsgrenzen,
5. Flammpunkt,
6. Zündtemperatur,
7. Selbstentzündungstemperatur,
8. Pyrophore Eigenschaften,
9. Abbrandgeschwindigkeit,
10. Maximale Gasentwicklungsrate bei Reaktion mit Wasser,
11. Korngrößenverteilung (relevant ist der Feinkornanteil kleiner 500 µm),
12. Brandförderndes Potenzial im Vergleich zum Referenzgemisch bzw. aktiver Sauerstoffgehalt bei organischen Peroxiden,
13. exotherme Zersetzungsenergie,
14. Prüfergebnisse zur thermischen Empfindlichkeit (BAM-Stahlhülisentest nach EG A.14 oder Koenen-Test nach Test Methods according to the UN Recommendations on the Transport of Dangerous Goods, Manual of Tests and Criteria, unter Angabe der Testserie), Schlagempfindlichkeit und Reibempfindlichkeit.

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

(11) Sind physikalisch-chemische Angaben nicht verfügbar bzw. scheinen nach Plausibilitätsprüfung Angaben zu fehlen, beispielsweise eine Angabe zur Entzündlichkeit bei einem leicht flüchtigen organischen Lösemittel, so sind diese im Rahmen der Informationsermittlung nachzufragen. Wenn keine Angaben hierzu erhalten werden können, sind die entsprechenden Eigenschaften als vorhanden anzunehmen.

(12) Zusätzlich zur Anwendung der Modelle für die gesundheitliche Bewertung und zur Sichtung der physikalisch-chemischen Eigenschaften kann je nach Komplexität des Einzelfalles (vgl. Anlage 4 Nr.1 B und C) eine weitergehende, gründliche Prüfung möglicher Ersatzlösungen notwendig sein. Außer einer gründlichen Recherche in den Quellen nach Anlage 4 Nr. 5 kann dann auch die Beteiligung von Experten erforderlich werden.

(13) Zu bedenken sind auch ökotoxikologische Parameter, darunter z.B. das Freisetzungs- und Ausbreitungspotenzial in der Umwelt, der Verteilungskoeffizient zwischen Wasser und n-Octanol ( $\log P_{OW}$ ) sowie die Persistenz und das Bioakkumulationspotenzial (PBT, vPvB).

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

(1) Es ist davon auszugehen, dass Substitutionsmöglichkeiten nach Nummer 3 Abs. 2 Nr. 1–2 grundsätzlich betrieblich geeignet sind. Deshalb hat der Arbeitgeber diese in der Regel umzusetzen.

(2) Bei Tätigkeiten mit giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden (Kategorie 1 und 2) Gefahrstoffen muss eine Substitution immer erfolgen, wenn Alternativen technisch möglich sind und zu einer insgesamt geringeren Gefährdung der Beschäftigten führen.

(3) Wenn keine Tätigkeiten mit giftigen, sehr giftigen, krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden Stoffen erfolgen, oder keine Substitutionsmöglichkeiten nach Absatz 1 bestehen, kann der Arbeitgeber die integrierte Entscheidung unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Bewertungskriterien treffen (siehe auch Anlage 1 „Ablaufschema“). Eine Anleitung, welche Aspekte der Arbeitgeber bei der Abwägung berücksichtigen sollte, enthält die Anlage 3 „Kriterien für die Realisierung der Substitution“.

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

## **6 Dokumentation**

(1) Das Ergebnis der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution ist zu dokumentieren. Bei geringer Gefährdung nach den Kriterien des § 7 Abs. 9 GefStoffV (s. a. Nummer 6.2 der TRGS 400) schreibt die Gefahrstoffverordnung keine Substitution vor. Folglich ist bei geringer Gefährdung auch keine Dokumentation der Ermittlung der Möglichkeiten einer Substitution erforderlich. Eine freiwillige Dokumentation kann aber z. B. die Übertragbarkeit der vorliegenden positiven Lösung in andere Betriebsteile erleichtern oder gegenüber Dritten das verantwortliche Verhalten des Arbeitgebers belegen.

(2) Die Dokumentation des Ergebnisses der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution erfolgt sinnvoller Weise 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 Ersatzlösung.

(3) Ergibt die Substitutionsprüfung bei Tätigkeiten, für die ergänzende Schutzmaßnahmen nach §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. Ersatzlösung technisch nicht geeignet, weil ...
2. Ersatzlösung verringert Gefährdung nicht ausreichend, weil ...
3. Ersatzlösung betrieblich nicht geeignet, weil...
4. Ersatzlösung eingeleitet, erneute Prüfung bis ...

(4) Wird eine Substitution mit weniger gefährlichen Stoffen 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 Anlage 3.

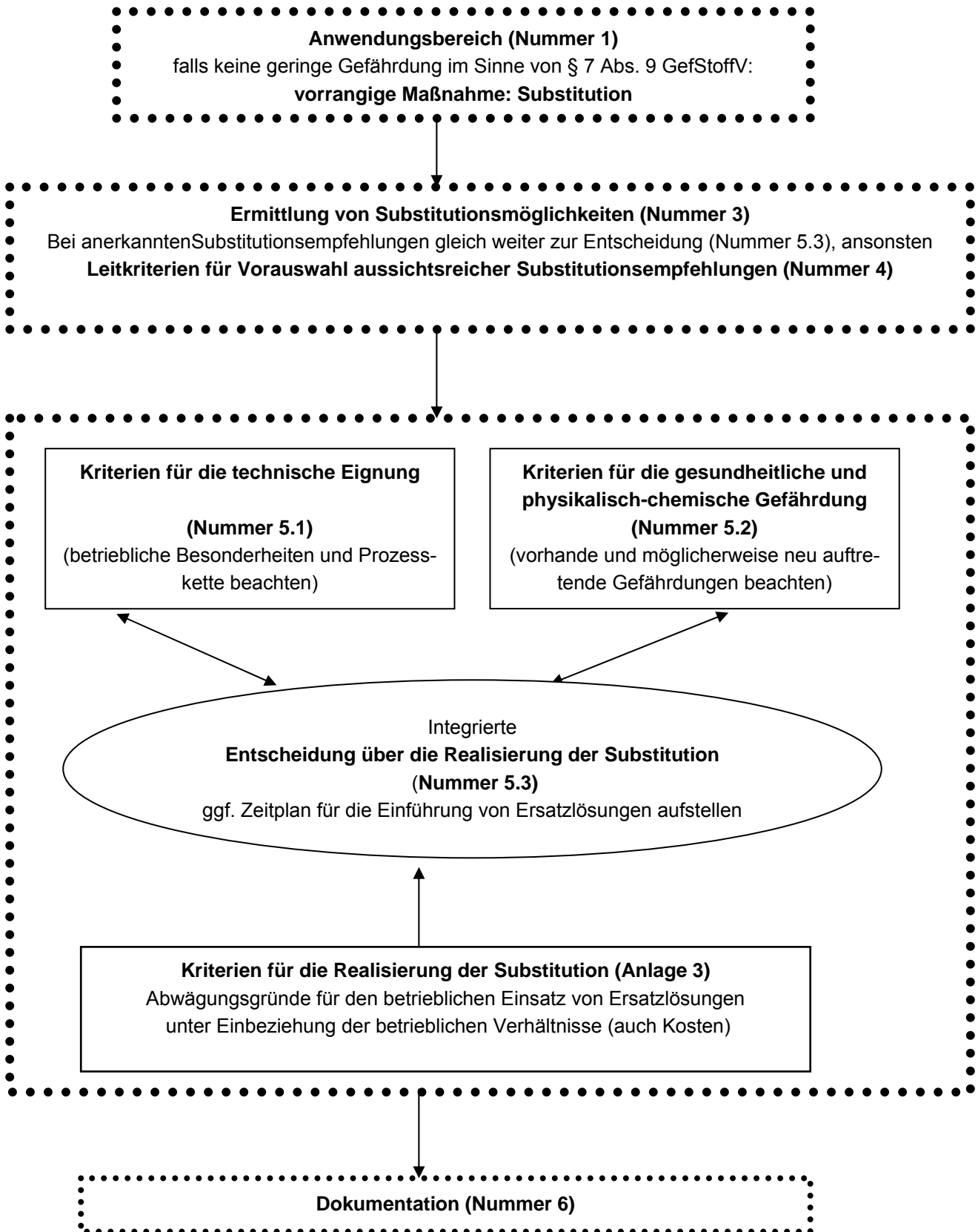
(5) Wurden bei der Prüfung auf Möglichkeiten zur Substitution für Tätigkeiten für die Schutzmaßnahmen nach §10 GefStoffV zu treffen sind, keine Möglichkeiten einer Substitution identifiziert, so sind die Quellen, in denen recherchiert wurde, kurz zu benennen.

(6) Der Arbeitgeber, der Tätigkeiten mit krebserzeugenden, erbgutverändernden oder fruchtbarkeitsgefährdenden (Kategorie 1 und 2) Stoffen und Zubereitungen zu verantworten hat, muss den zuständigen Behörden auf Verlangen das Ergebnis der Substitutionsprüfung und Fälle von Substitution mitteilen.

(7) Für eine detaillierte Dokumentation oder anstelle einer frei formulierten Begründung eignen sich die Anwendung der Anlage 2 „Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spalten- und Wirkfaktorenmodell)“ und insbesondere auch die Anlage 3 „Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen“. Diese und weitere Unterlagen können separat abgelegt werden.

## Anlage 1 zu TRGS 600

### 1.1 Ablaufschema Substitution



## 1.2 Beispiel Bremsenreinigung in Kfz-Werkstätten

### 1 Vorbemerkung

(1) In dieser Anlage wird an einem praxisnahen Beispiel gezeigt, wie die TRGS 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 umfassend und verbindlich zu beschreiben. Es wird jedoch deutlich wie die in der TRGS beschriebenen Prüfungsschritte aufeinander folgen und welche Erwägungen grundsätzlich sinnvoll sind.

(2) Gegenwärtig kommen nach Recherchen der Metallberufsgenossenschaften in den meisten Kfz-Instandhaltungswerkstätten niedrigsiedende aromatenfreie Testbenzine für die Reinigung der Bremsen im Rahmen von Instandhaltungsarbeiten zum Einsatz.

(3) Die meisten Produkte fallen in die Kategorie leichtentzündlich (Flammpunkt < 21° C) bzw. hochentzündlich (Flammpunkt < 0°C). Aufgrund ihrer positiven Reinigungseigenschaften – schnelle und rückstandsfreie Reinigung – werden sie in vielen Betrieben verwendet.

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

<p><b>gesundheitliche Gefährdung</b> Freisetzung von Lösemitteln in die Luft am Arbeitsplatz, 5 Druckgaspackungen à 400 ml/Schicht Hautkontakt mit entfettenden Lösemitteln</p>
<p><b>Gefährdungen durch physikalisch-chemische Eigenschaften</b> <b>(hier: Brand- und Explosionsgefahren)</b> Explosionsgefahr durch leicht- oder hochentzündliche Lösemittel Brandgefahr durch Putzlappen und Lösemittelschlämme</p>
<p><b>Umwelt:</b> (nicht Gegenstand der GefStoffV aber betrieblich relevant) Emission von Lösemitteln in die Umwelt</p>
<p><b>andere Gefährdungen:</b> (nicht Gegenstand der GefStoffV, aber betrieblich relevant)</p>
<p><b>Entscheidung:</b> Es besteht eine gesundheitliche und sicherheitstechnische Gefährdung. Eine Substitutionslösung ist anzustreben.</p>

### 3 Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten (Nummer 3 TRGS 600)

(1) Es gibt keine einzelne anerkannte tätigkeits- oder branchenspezifische Lösung nach Nummer 3 Abs. 2. Nr. 1–2 dieser TRGS.

(2) Als mögliche alternative Lösungen zum Ersatz leichtflüchtiger Bremsenreiner kommen in Frage :

1. Änderung des Arbeitsverfahrens
  - a) Mechanische Reinigung mit Bürste und Druckluft (frühere Praxis),
  - b) Mobile wässrige Reinigungsanlage (Bremsenheißwäscher),

## 2. Einsatz von Ersatzstoffen

- a) Geringflüchtiger kohlenwasserstoffhaltiger Bremsenreiniger, FP > 55°C, nachfüllbare Sprühdose, Druckluft als Treibmittel.

(3) Die mechanische Reinigung mit Bürste und Druckluft führt zu hohen Staubbelastungen und unzureichenden Reinigungsergebnissen und wird in der Tabelle nur zur Vervollständigung des Beispiels aufgelistet und beschrieben.

## 4 Substitutionsprüfung

### 4.1 Kriterien für vorhandene und möglicherweise neu auftretende Gefährdungen beachten (Nummern 4 und 5.2 TRGS 600)

(1) Hier können die Kriterien aus der Nummer 4 der TRGS oder das Spaltenmodell aus Nummer 5 ausgewählt und angewendet werden. Bei gesundheitlich schwierig zu beurteilenden Stoffen kann auch das Wirkfaktorenmodell angewendet werden. In diesem Beispiel wurden bei der Ermittlung von Substitutionsmöglichkeiten nur wenige Möglichkeiten gefunden. Eine formale „Vorauswahl“ mit Hilfe des groben Rasters der Kriterien aus Nummer 4 der TRGS ist also in diesem Beispiel nicht erforderlich.

(2) Andere als stoffgebundene Gefährdungsfaktoren sind gemäß Arbeitsschutzgesetz mit zu betrachten. Die Überlegungen in der Zeile „Umweltgefährdung“ resultieren nicht aus Anforderungen durch die Gefahrstoffverordnung, sind aber für die betriebliche Entscheidung relevant und wurden daher in die nachstehende Tabelle aufgenommen.

(3) Die aussichtsreichen Lösungen sollen untersucht werden, die Ergebnisse sind festzuhalten.

<b>Gefährdungen</b>	<b>Gegenwärtige Lösung/Praxis</b>	<b>Alternative 1</b>	<b>Alternative 2</b>	<b>Alternative 3</b>
<b>Bezeichnung</b> (Stoff oder Verfahren )	Leichtflüchtige Bremsenreiniger	Geringflüchtige Bremsenreiniger	Bürste und Druckluft	Bremsen- heißwäscher
<b>Charakterisierung</b>	KW-Reiniger Flammpunkt < 21°C, Treibgas: Propan/Butan	KW-Reiniger, Flammpunkt > 55°C Treibgas: Druckluft	Manuelle mechanische Reinigung	Anlage mit Heißwasser (Nie- derdruck) als Reini- gungsmittel
<b>Gesundheitliche Gefährdung durch dermale und inhalative Exposition</b>	Inhalative Belastung durch Kohlenwasserstoff-Dämpfe und -Aerosole, 5 Druckgaspackungen à 400 ml/Schicht. Hautkontakt mit entfettenden Lösemitteln.	Inhalative Belastung durch Kohlenwasserstoff-Dämpfe und -Aerosole, (geringere Belastung als bei leichtflüchtigen), die dermale Belastung (Entfettung) ist höher als bei leichtflüchtigen.	Es werden zwar keine als Gefahrstoffe gekennzeichneten Reinigungsmittel eingesetzt, aber hohe Freisetzung von gesundheitsschädlichem Faserstaub	Es werden keine Gefahrstoffe eingesetzt. Bremsstäube werden gebunden. Geringer Hautkontakt.
<b>Gefährdungen durch physikalisch-chemische Eigenschaften</b> (hier: Brand- und Explosionsgefahren)	Brand- und Explosionsgefahr durch leicht- oder hochentzündliche Lösemittel und Treibgas	<i>Brand- und Explosionsgefahr durch entzündliche Lösemittel, geringer als bei FP &lt; 21°C. Brandgefahr durch Putzlappen und Lösemittelrückstände</i>	Keine	Keine
<b>Umweltgefährdung</b> (nicht Gegenstand der GefStoffV, aber betrieblich relevant)	Emission von Lösemitteln in die Umwelt	Geringere Emission von Lösemitteln in die Umwelt als bei FP < 21°C. Auffangbehälter notwendig	Absaugung und fachgerechte Entsorgung des Faserstaubs erforderlich	Abwasserreinigung erforderlich
<b>andere Gefährdungen:</b> (nicht Gegenstand der GefStoffV, aber betrieblich relevant)			Lärm (Druckluft)	Dampf, Heißwasser, Verbrühungsgefahr durch manuelle Handhabung
<b>Entscheidung</b>	Hohe Gefährdung durch Dämpfe und Aerosole leichtflüchtiger Kohlenwasserstoffe	Geringere Gefährdung durch KW als bei gegenwärtiger Lösung	Hohe inhalative Gefährdung durch Faserstäube	keine Gefährdungen durch Gefahrstoffe zu erwarten

## 4.2 Kriterien für die technische Eignung auswählen (Nummer 5.1)

Aussichtsreiche Lösungen nach den ausgewählten relevanten Kriterien beurteilen und Ergebnisse festhalten, betriebliche Besonderheiten und Prozesskette beachten.

(Prüfung wichtiger technischer Parameter, Prüfung der Möglichkeit des Verzichts auf gewisse Eigenschaften, evtl. neue Qualifikationsanforderungen oder Platzbedarf)

Technische Beurteilung	Gegenwärtige Lösung/Praxis	Alternative 1	Alternative 2	Alternative 3
<b>Bezeichnung</b>	Leichtflüchtige Bremsenreiniger	Geringflüchtiger Bremsenreiniger	Bürste und Druckluft	Bremsenheißwäscher
<b>Technische Anforderung:</b> Saubere, trockene Bremsen erfüllt?	Ja	Ja, aber längere Trocknungszeit als bei FP < 21°C	Ja, aber schlechte Reinigungswirkung bei öligen Verunreinigungen	Ja, organisatorische Veränderungen erforderlich
<b>Eignung in der Prozesskette</b> hier insbesondere: Herstellervorgaben für Bremsenreinigung	Gegeben	Gegeben	Eingeschränkt	Gegeben
<b>In den vorhandenen Räumen realisierbar?</b>	Nein, besonderer, geschützter Raum erforderlich! (BGR 157)	Ja, aber Auffangwanne erforderlich	Ja	Ja
<b>Bemerkungen:</b>		Rückstände vom Reiniger verbleiben länger auf Kfz und im Arbeitsbereich		Aufwändigere Handhabung erforderlich (Auffangwanne, Elektroanschluss, ...)
<b>Entscheidung</b>	Technisch geeignet, aber besonderer Raum erforderlich	Technisch geeignet	Bedingt geeignet	Technisch geeignet

### 4.3 Kriterien für die Realisierung der Substitution (Nummer 5.3 und Anlage 3 TRGS 600)

#### Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen

Für die verbleibenden in Frage kommenden Lösungen werden alle Einflussfaktoren der Anlage 3 werden betrachtet und zutreffende Unterpunkte ausgefüllt. Es wird qualitativ dokumentiert, ob sich die Ersatzlösung sehr positiv (++) , positiv (+), negativ (-), sehr negativ (--) oder neutral (0) auswirkt. Bei mehreren denkbaren Ersatzlösungen könnte die Tabelle erweitert oder mehrfach angelegt werden. Quantifizierung kann in separaten Dokumenten beschrieben werden.

#### Tabellarischer Vergleich der Ersatzlösungen für leichtentzündliche Bremsenreiniger

Einflussfaktoren	Änderung durch die Ersatzlösung		
	++/+/0/-/--	++/+/0/-/--	Bemerkung
	Bremsenheißwäscher	Geringflüchtige Bremsenreiniger	
<b>Materialkosten</b>	++ Materialkosten geringer	0 hoher Materialverbrauch	
<b>Anlagekosten</b> – Investitionskosten – Energiekosten	-- - ca. 3.000 €, wird langfristig durch geringe Materialkosten fast kompensiert	- 0 Auffangwanne (ca. 300 €) Nachfüllstation (ca. xxx €)	Die Gesamtkosten hängen stark von der Zahl der täglichen (monatlichen/ jährlichen) Reinigungsvorgänge ab. Je höher diese Zahl, desto geringer sind die Kostennachteile des Bremsenheißwäschers gegenüber dem geringflüchtigen Bremsenreiniger.
<b>Arbeitskosten</b>	- längere Arbeitszeit um 20% entspricht 2 Min. je Vorgang bei 20 Vorgängen pro Tag	0	
<b>Technische Schutzmaßnahmen</b> – Lüftungsmaßnahmen – Brand/Ex-Schutz	+ +	+ +	
<b>Persönliche Schutzmaßnahmen</b>	+	+	
<b>Arbeitsmedizinische Vorsorge</b>	0	0	
<b>Arbeitsplatzmessungen</b>	+	+	
<b>Transportkosten</b> – Frachttarife, Verpackung ...	0	0	
<b>Lagerkosten</b>	+	0	
<b>Entsorgungskosten</b> – Recycling, Abwasser, Abluft	? Abwasserentsorgung klären	+	Leere Spraydosen fallen nicht mehr an
<b>Kosten für Organisation</b>	0	0	Arbeitskosten vs. Kosten für Organisation?
<b>Versicherungskosten</b>	0	0	
<b>Verringerung der Gefährdung</b> (nicht in Kosten zu beschreiben)	+	+	
<b>Weitere Einflussfaktoren</b> (nicht in Kosten zu beschreibende)			

Einflussfaktoren	Änderung durch die Ersatzlösung		
	++/+/0/-/--	++/+/0/-/--	Bemerkung
betriebsbezogene Faktoren			
– Firmenimage	+	+	
– Mitarbeiterzufriedenheit	0	0	
– Zukunftsfähigkeit/ Planungssicherheit	+	0	
<b>Weitere relevante Faktoren</b>			
– wenn erforderlich bitte betriebs- und fallbezogen ergänzen			
<p><b>Abschließende Bewertung:</b></p> <p><b>Kurzfristige Lösung:</b> Ersatz des bisher verwendeten KW-Reinigers (FP &lt; 21°C, Treibgas Propan/Butan) durch KW-Reiniger FP &gt; 55°C, Treibgas Druckluft.</p> <p><b>Mittelfristige Lösung (ein Jahr):</b> Prüfung, ob ein Bremsenheißwäscher angeschafft werden kann</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Klärung der Abwasserentsorgung</li> <li>– Vergleich der Kosten in Abhängigkeit von den Verbrauchsmengen</li> </ul> <p>Kurzfristig soll der bisher verwendete Arbeitsstoff gegen einen mit geringerem Flammpunkt ausgetauscht werden, da dies einfach umzusetzen ist und nur geringe Investitionen erfordert. Mittelfristig (ein Jahr) soll – nach Klärung der Abwasserfrage und Wirtschaftlichkeitsberechnung – die Möglichkeit eines Bremsenheißwäschers erneut geprüft werden. Bei positiver Klärung soll diese Ersatzlösung eingeleitet werden, insbesondere wegen der Verringerung der Gefährdung und langfristiger Planungssicherheit.</p>			

## Anlage 2 zu TRGS 600

### Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen (Spalten- und Wirkfaktorenmodell)

#### 1 Das Spaltenmodell

(1) Das Spalten-Modell (siehe Tabelle „Ersatzstoffprüfung“) erlaubt einen schnellen Vergleich von Stoffen und Zubereitungen anhand weniger Informationen.

(2) Eine vergleichende Bewertung eines Produktes und einer potenziellen Ersatzlösung wird jeweils getrennt für beide Lösungen durchgeführt in den fünf Spalten:

1. akute und chronische Gesundheitsgefahren (die Spalten „akute Gesundheitsgefahren“ und „chronische Gesundheitsgefahren“ als eine Spalte),
2. Umweltgefahren,
3. Brand- und Explosionsgefahren,
4. Gefahren durch das Freisetzungsverhalten und
5. Gefahren durch das Verfahren.

(2) 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 Zubereitungen (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 Kapitel 9 und 11) und erklärt hat, dass über die Einstufung hinausgehende gefährliche Eigenschaften (insbesondere im Hinblick auf die Toxizität bei wiederholter Applikation ) aufgrund dieser Bewertung nicht zu erwarten sind.
3. In der Spalte „akute Gesundheitsgefahren“ ist bei den R-Sätzen 20, 21, 22, 23, 24 und 25 eine Besonderheit zu beachten: Treten diese R-Sätze in Kombination mit dem R-Satz 48 auf, so werden die betreffenden Stoffe/Produkte eine Gefährdungsstufe höher bewertet. Es handelt sich dann um chronische Gesundheitsgefahren.
4. 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.
5. Schneidet die potenzielle Ersatzlösung in allen fünf Spalten besser ab als das verwendete Produkt oder Verfahren, ist die Höhe der Gefährdung eindeutig geklärt.
6. Ein Unterschied von einer Gefährdungsstufe kann mitunter beim Vorliegen entgegenstehender Gründe dazu führen, dass der Ersatzstoff nicht eingesetzt wird.
7. Liegen Unterschiede von zwei oder mehr Gefährdungsstufen vor, müssen wichtige Gründe vorliegen, den Ersatzstoff nicht einzusetzen.

8. Der Regelfall wird jedoch sein, dass das potenzielle Ersatzprodukt in einigen Spalten besser, aber auch in einer oder zwei Spalten schlechter abschneidet. 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 Freisetzungsverhalten der Produkte achten müssen.
  - b) Entstehen bei der Verarbeitung größere Mengen Abfälle, haben die Umweltgefahren ein höheres Gewicht usw.
9. Auf jeden Fall muss der Verwender das Ergebnis der Substitutionsprüfung in geeigneter Weise dokumentieren.
  - (3) Eine Bewertung unter Betrachtung der Inhaltsstoffe wird beim Spaltenmodell nicht durchgeführt. Durch diese pragmatische Vorgehensweise werden gewisse Nachteile in Kauf genommen, die sich z.B. aus der Existenz von Einstufungsgrenzen bei Zubereitungen ergeben.

## Ersatzstoffprüfung

Produktname						
1 Gefährdung	2a akute Gesundheitsgefahren (einmalige Einwirkung, z.B. Chemieunfall)	2b chronische Gesundheitsgefahren (wiederholte Einwirkung)	3 Umweltgefahren <sup>1)</sup>	4 Brand- und Explosionsgefahren <sup>2)</sup>	5 Gefahren durch das Freisetzungsverhalten	6 Gefahren durch das Verfahren
sehr hohe Gefährdung	<input type="checkbox"/> Sehr giftige Stoffe/Zubereitungen (R26, R27, R28) <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen, die bei Berührung mit Säure sehr giftige Gase bilden können (R32)	<input type="checkbox"/> Krebs erzeugende Stoffe der Kategorien 1 oder 2 (Carc.Cat.1, K1, Carc.Cat.2, K2, R45, R49) <input type="checkbox"/> Erbgutverändernde Stoffe der Kategorien 1 oder 2 (Mut.Cat.1, M1, Mut.Cat.2, M2, R46) <input type="checkbox"/> Zubereitungen, die krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe der Kategorien 1 oder 2 in einer Konzentration $\geq 0,1\%$ enthalten	<input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen mit dem Gefahrensymbol N und den Gefahrenbezeichnungen R50, R51, R53, R54, R55, R56, R57, R58, R59 <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen der Wassergefährdungsklasse WGK 3	<input type="checkbox"/> Explosionsgefährliche Stoffe/Zubereitungen (R2, R3) <input type="checkbox"/> Hochentzündliche Gase und Flüssigkeiten (R12) <input type="checkbox"/> Selbstentzündliche Stoffe/Zubereitungen (R17)	<input type="checkbox"/> Gase <input type="checkbox"/> Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck $> 250$ hPa (mbar) (z.B. Dichlormethan) <input type="checkbox"/> Staubende Feststoffe Aerosole	<input type="checkbox"/> Offene Verarbeitung <input type="checkbox"/> Möglichkeit des direkten Hautkontaktes <input type="checkbox"/> großflächige Anwendung
hohe Gefährdung	<input type="checkbox"/> Giftige Stoffe/Zubereitungen (R23, R24, R25) <input type="checkbox"/> Stark ätzende Stoffe/Zubereitungen (R35) <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen, die bei Berührung mit Wasser oder Säure giftige Gase bilden können (R29, R31) <input type="checkbox"/> Hautsensibilisierende Stoffe (R43, Sh) Atemweggsensibilisierende Stoffe (R42, Sa) <input type="checkbox"/> Zubereitungen, die haut- oder atemweggsensibilisierende Stoffe in einer Konzentration $\geq 1\%$ enthalten (bei Gasen $\geq 0,2\%$ )	<input type="checkbox"/> Fortpflanzungsgefährdende Stoffe der Kategorien 1 oder 2 (Repr.Cat.1, Re1, Rf1, Repr.Cat.2, Re2, Rf2, R60, R61) <input type="checkbox"/> Zubereitungen, die fortpflanzungsgefährdende Stoffe der Kategorien 1 oder 2 in einer Konzentration $\geq 0,5\%$ enthalten (bei Gasen $\geq 0,2\%$ ) <input type="checkbox"/> Krebs erzeugende Stoffe der Kategorie 3 (Carc.Cat.3, K3, R40) <input type="checkbox"/> Erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 3 (Mut.Cat.3, M3, R68) <input type="checkbox"/> Zubereitungen, die krebserzeugende oder erbgutverändernde Stoffe der Kategorie 3 in einer Konzentration $\geq 1\%$ enthalten <input type="checkbox"/> Stoffe, die sich im Körper anreichern können (R33)	<input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen ohne Gefahrensymbol N, aber mit den Gefahrenbezeichnungen R52, R53 <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen der Wassergefährdungsklasse WGK 2	<input type="checkbox"/> Leichtentzündliche Stoffe/Zubereitungen (R11) <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen, die mit Wasser hochentzündliche Gase bilden (R15) <input type="checkbox"/> Brandfördernde Stoffe/Zubereitungen (R7, R8, R9) <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen mit bestimmten Eigenschaften (R1, R4, R5, R6, R7, R14, R16, R18, R19, R30, R44)	<input type="checkbox"/> Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 50...250 hPa (mbar) (z.B. Methanol)	
mittlere Gefährdung	<input type="checkbox"/> Gesundheitsschädliche Stoffe/ Zubereitungen (R20, R21, R22) <input type="checkbox"/> Stoffe, die sich in der Muttermilch anreichern können (R64) <input type="checkbox"/> Ätzende Stoffe/Zubereitungen (R34, $\text{pH} \geq 11,5$ , $\text{pH} \leq 2$ ) <input type="checkbox"/> Augenschädigende Stoffe (R41) <input type="checkbox"/> Nichttoxische Gase, die durch Luftverdrängung zu Erstickung führen können (z.B. Stickstoff)	<input type="checkbox"/> Fortpflanzungsgefährdende Stoffe der Kategorie 3 (Repr.Cat.3, Re3, Rf3, R62, R63) <input type="checkbox"/> Zubereitungen, die fortpflanzungsgefährdende Stoffe der Kategorie 3 in einer Konzentration $\geq 5\%$ enthalten (bei Gasen $\geq 1\%$ )	<input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen ohne Gefahrensymbol N, aber mit den Gefahrenbezeichnungen R52, R53 <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen der Wassergefährdungsklasse WGK 2	<input type="checkbox"/> Entzündliche Stoffe/Zubereitungen (R10)	<input type="checkbox"/> Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 10...50 hPa (mbar), mit Ausnahme von Wasser (z.B. Toluol)	<input type="checkbox"/> Geschlossene Verarbeitung mit Expositionsmöglichkeiten z.B. beim Abfüllen, bei der Probenahme oder bei der Reinigung
geringe Gefährdung	<input type="checkbox"/> Reizende Stoffe/Zubereitungen (R36, R37, R38) <input type="checkbox"/> Hautschädigung bei Feuchtarbeit <input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen, die beim Verschlucken Lungenschäden verursachen (R65) <input type="checkbox"/> Hautschädigende Stoffe/Zubereitungen (R66) <input type="checkbox"/> Dämpfe erzeugen Schläfrigkeit u. Benommenheit (R67)	<input type="checkbox"/> auf sonstige Weise chronisch schädigende Stoffe (kein R-Satz, aber trotzdem Gefahrstoff!)	<input type="checkbox"/> Stoffe/Zubereitungen der Wassergefährdungsklasse WGK 1	<input type="checkbox"/> schwerentzündliche Stoffe/Zubereitungen, Flammpunkt 55...100 °C	<input type="checkbox"/> Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck 2...10 hPa (mbar) (z.B. Xylol)	
vernachlässigbare Gefährdung	<input type="checkbox"/> erfahrungsgemäß unbedenkliche Stoffe (z.B. Wasser, Zucker, Paraffin u.ä.)		<input type="checkbox"/> Nicht wassergefährdende Stoffe/Zubereitungen (nwg)	<input type="checkbox"/> unbrennbare oder nur sehr schwer entzündliche Stoffe/Zubereitungen (bei Flüssigkeiten Flammpunkt $> 100$ °C)	<input type="checkbox"/> Flüssigkeiten mit einem Dampfdruck $< 2$ hPa (mbar) (z.B. Glykol) <input type="checkbox"/> nichtstaubende Feststoffe	<input type="checkbox"/> geschlossene, dichte Anlage <input type="checkbox"/> geschlossene Anlage mit Absaugung an den Austrittsstellen
<b>Beurteilung:</b> Dieses Produkt kann als Ersatzstoff für <input type="checkbox"/> verwendet werden / <input type="checkbox"/> nicht verwendet werden						
<b>Datum:</b>		<b>Name:</b>		<b>Unterschrift:</b>		

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

<sup>2)</sup> Explosionsfähige Stäube sind aufgrund ihrer spezifischen Problematik im Einzelfall fachkundig zu prüfen und daher keiner u.a. Gefährdungsstufe zugeordnet

(Treten in der Spalte „akute Gesundheitsgefahren“ die R-Sätze 20, 21, 22, 23, 24 und 25 in Kombination mit dem R-Satz 48 auf, so werden die betreffenden Stoffe / Produkte eine Gefährdungsstufe höher bewertet. Es handelt sich dann um chronische Gesundheitsgefahren.)

## 2 Das Wirkfaktoren-Modell

(1) Das folgende Verfahren erlaubt eine vergleichende Gefährdungsabschätzung, allerdings nur hinsichtlich der gesundheitsschädlichen Eigenschaften, bei Stoffen und Zubereitungen, für die weder eine ausführliche und aktuelle toxikologische Bewertung noch Hilfen durch branchenspezifische Lösungen verfügbar sind. Es geht im Gegensatz zum Spaltenmodell nicht von der Einstufung der Zubereitung aus, sondern berücksichtigt anteilig alle (aus dem Sicherheitsdatenblatt ersichtlichen) Inhaltsstoffe.

(2) Auch zur Anwendung des Wirkfaktoren-Modells sollten zumindest Angaben zu folgenden gesundheitsschädigenden Eigenschaften der Stoffe bzw. der Inhaltsstoffe der Zubereitungen vorliegen: akute Toxizität, Hautreizung, Schleimhautreizung, erbgutveränderndem Potenzial und Hautsensibilisierung. Zusätzlich ist die Toxizität bei wiederholter Applikation (Verabreichung) zu beurteilen. Fehlende Angaben zu diesen Endpunkten werden mit dem entsprechenden W-Faktor bewertet:

1. Liegen keine Daten oder Erfahrungen zu akuter Toxizität, Hautreizung, Schleimhautreizung oder erbgutveränderndem Potenzial vor und ist auch kein Luftgrenzwert festgesetzt, ist für diese Eigenschaften der W-Faktor 100 anzunehmen.
2. Liegen keine Daten oder Erfahrungen zur Hautsensibilisierung vor und ist auch kein Luftgrenzwert festgesetzt, ist für diese Eigenschaften ein W-Faktor von 500 anzunehmen
3. Liegen keine Daten oder Erfahrungen zur Toxizität bei wiederholter Verabreichung vor und ist auch kein Luftgrenzwert festgesetzt, ist für diese Eigenschaft ein W-Faktor von 100 anzunehmen.

(3) Damit ist die Anwendung des Wirkfaktoren-Modells auch dann möglich, wenn nicht zu allen gesundheitsschädigenden Eigenschaften Angaben vorliegen.

(4) Das Wirkfaktoren-Modell bezieht sich ausschließlich auf toxische Eigenschaften. Physikalisch-chemische Eigenschaften, Umweltgefahren sowie Expositions- und Anwendungsbedingungen sind nicht berücksichtigt. Diese müssen in der Entscheidung zu einem Ersatzstoff getrennt beurteilt werden (zum Beispiel mit dem Spaltenmodell).

### 2.1 Der Wirkfaktor (W) für Stoffe

(1) W wird beschrieben durch die entsprechenden Gefahrenhinweise (R-Sätze) sowie durch Gesundheitsgefahren, die noch nicht in einem R-Satz ihren Niederschlag gefunden haben (z.B. Hautresorptivität, pH-Wert, K3).

(2) Es sind jeweils alle bei der bestehenden Lösung und bei der Ersatzlösung eingesetzten, entstehenden oder freigesetzten Stoffe zu berücksichtigen.

(3) Der W-Faktor eines Stoffes kann sinnvoll nur im Vergleich mit dem W-Faktor eines anderen Stoffes verwendet werden. Die W-Faktoren sind abgeleitet worden aus den Einstufungskriterien sowie der Höhe der Luftgrenzwerte in gleicher Weise eingestufte Stoffe (F. Kalberlah, H. Wriedt: Bewertung und Fortentwicklung der Regelsetzung: Anwendbarkeit der TRGS 440; Schriftenreihe der BAuA, Fb 784, Dortmund/Berlin, 1998).

Wirkfaktoren (W)	
R45, R46, R49, M1, M2, K1, K2	50.000
R26, R27, R28, Luftgrenzwert <sup>3)</sup> <0,1 mg/m <sup>3</sup>	1.000
R32, R60, R61, R <sub>E</sub> 1, R <sub>E</sub> 2, R <sub>F</sub> 1, R <sub>F</sub> 2	
R35, R48/23, R48/24, R48/25, R42, R43, Sh, Sa, Sah <sup>4)</sup>	500
R23, R24, R25, R29, R31, R34, R41, H <sup>2)</sup>	
R33, R40, R 68, K3, M3, pH<2 bzw. >11,5 <sup>1)</sup>	100
R48/20, R48/21, R48/ 22, R62, R63, R <sub>E</sub> 3, R <sub>F</sub> 3	50
R20, R21, R22	10
R36, R37, R38, R65, R67	5
R66, Eingestuft (aber keines der genannten Kriterien) oder mit AGW >100 mg/m <sup>3</sup>	1
Stoffe mit bekanntermaßen geringer Gesundheitsgefährdung	0
Luftgrenzwert zwischen 0,1 und 100 mg/m <sup>3</sup>	100/GW <sup>3)</sup>

- 1) Wenn für die Zubereitung  $W_Z < 100$  ist das Wirkpotenzial bei einem pH-Wert der Zubereitung  $< 2$  bzw.  $> 11,5$  mit  $W = 100$  anzunehmen, sofern nicht aufgrund von Prüfungen der pH-Wert als nicht bewertungsrelevant beurteilt wurde
- 2) Bei einer H-Einstufung in der MAK-Liste oder der TRGS 900 ohne entsprechenden R-Satz liegt einer der R-Sätze 20, 21 oder 22 vor, ist das Wirkpotenzial entsprechend diesem R-Satz zu wählen
- 3) Verwende jeweils den höchsten Wert für W (aus kritischstem R-Satz bzw. 100/GW). Soweit Wirkungen, die einem R-Satz zu Grunde liegen, maßgeblich die Höhe des Luftgrenzwertes begründen, braucht dieser R-Satz nicht berücksichtigt zu werden. Dies kann den Begründungen zu den Luftgrenzwerten entnommen werden.
- 4) Bei einer Einstufung als Sh, Sa oder Sah in der MAK Werte Liste oder TRGS 900 ohne entsprechenden R-Satz, liegt einer der R-Sätze R 42, R 43 oder R42/43 vor und es das Wirkpotential entsprechend diesem R-Satz zu wählen.

(4) Wenn für den zu ersetzenden Stoff und für den Ersatzstoff zur Hautsensibilisierung oder der chronischen Toxizität keine Daten oder Erfahrungen vorliegen und beide den Wirkfaktor nur aufgrund der fehlenden Daten oder der Erfahrungen erhalten haben, wird dieser Endpunkt und der entsprechende Wirkfaktor nicht berücksichtigt.

(5) Bei Stoffen mit mehreren der aufgeführten Eigenschaften ist die Eigenschaft mit dem höchsten Wert heranzuziehen. Kombinationssätze – soweit nicht in der Tabelle aufgeführt – sind als Zusammensetzung aus einzelnen R-Sätzen zu betrachten, z.B. R39/26 als R39 und R26. Der R68 wird nur dann zur Bewertung herangezogen, wenn er nicht in einem Kombinationssatz auftritt.

## 2.2 Der Wirkfaktor ( $W_Z$ ) für Zubereitungen

(1)  $W_Z$  erhält man grundsätzlich durch Addition der W-Faktoren der Inhaltsstoffe entsprechend deren Anteil in der Zubereitung.  $W_Z$  für Zubereitungen mit den Inhaltsstoffen A, B, C, ... wird in idealer Weise berechnet nach der Formel

$$W_Z = W_A \times P_A + W_B \times P_B + W_C \times P_C + \dots$$

wobei  $P_A, P_B, P_C, \dots =$  Prozentsatz/100.

(2) Die Ermittlung von  $W_Z$  darf nicht anhand der Kennzeichnung der Zubereitung erfolgen. Es ist sinnvoll, dass der W-Faktor von Zubereitungen vom Lieferanten oder Hersteller ermittelt wird, da dieser genauere Kenntnisse über die Zusammensetzung der Zubereitung hat. Die Höhe des W-Faktors sollte aus den Angaben des Sicherheitsdatenblattes nachvollziehbar sein.

- (3) Muss der Verwender  $W_z$  doch aus den Angaben im Sicherheitsdatenblatt berechnen, ist bei Konzentrationsspannen (z. B. 10–25%) der höchste Wert (hier 25%) für die Berechnung heranzuziehen. Auch wenn sich dabei ggf. ein Gesamtgehalt über 100% ergibt (z.B. Stoff A 10–25%, Stoff B 75–90%), ist nicht auf 100% zurückzurechnen. Liegt der Gesamtgehalt der im Sicherheitsdatenblatt angegebenen Stoffe unter 100%, muss entsprechend hochgerechnet werden.
- (4) Bei Mehr-Komponenten-Produkten sind zum Vergleich mit einer Ersatzlösung die Wirkfaktoren der Komponente mit den höheren W-Faktoren heranzuziehen (bei Gebinden, mit denen eine Zwangsmischung erfolgt, ist der Mittelwert der Wirkfaktoren der Komponenten zu verwenden).

### **2.3 Bewertung der W-Faktoren**

- (1) Das Wirkfaktoren-Modell bezieht sich auf toxische Eigenschaften. Daher sind bei Entscheidungen über Ersatzstoffe die physikalisch-chemischen Eigenschaften, Umweltgefahren, Expositions- und Anwendungsbedingungen getrennt zu beurteilen.
- (2) Der Einsatz einer Ersatzlösung ist umso eindringlicher zu prüfen, je größer der Quotient aus den Wirkfaktoren der bestehenden Lösung und der Ersatzlösung ist.
- (3) Grundsätzlich sind geringe Unterschiede bei den Wirkfaktoren nur dann ein Argument für einen Ersatzstoff, wenn die Datenlage bei dem Ersatzstoff ähnlich gut ist wie bei dem zu ersetzenden Stoff.
- (4) Bei einem Verhältnis der Wirkfaktoren von eingesetztem Stoff zum Ersatzstoff unter 10 sollten weitere Gründe für den Einsatz des Ersatzstoffes geprüft werden. Ist der Wirkfaktor des verwendeten Produktes mindestens zehnmal so groß wie der Wirkfaktor des Ersatzproduktes, müssen wichtige Gründe vorliegen, wenn der Ersatzstoff nicht eingesetzt wird.

## **Anlage 3 zu TRGS 600**

### **Kriterien für die Realisierung der Substitution:**

### **Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen und zur erweiterten Bewertung**

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

(1) Die folgenden Ausführungen sollen insbesondere Arbeitgebern Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen an die Hand geben (siehe Nummer 5.3 der TRGS). Die Prüfung erfolgt, wenn festgestellt wurde, dass die ins Auge gefassten Änderungen

1. die stoffliche Gefährdung tatsächlich verringern (siehe Nummer 5.2) und
2. technisch geeignet sind (siehe Nummer 5.1).

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

(3) Kosten werden bei betriebswirtschaftlicher Betrachtung typischerweise nach variablen und fixen Kosten unterschieden. Die Tabelle gibt dem Anwender Hinweise, welche Kosten ggf. durch die Ersatzlösung 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. So können fixe Kosten, beispielsweise ein veränderter Personalbedarf durch den Einsatz von Subunternehmen u.ä. unter Umständen variabilisiert werden, während Lagerkosten ggf. durch eine Investition in eine neue Lagerhalle fixe Kosten darstellen können.

(5) Neben den Kosten enthält die Tabelle weitere Faktoren, die kostenmäßig schwer zur erfassen sind, für langfristig wirksame Entscheidungen aber sehr wohl relevant sein können. Ob, in welcher Richtung und in welchem Ausmaß Einflussfaktoren durch die vorgesehene Ersatzlösung beeinflusst werden, hängt wesentlich von den individuellen Randbedingungen der Betriebe ab (z.B. Umgang mit weiteren Gefahrstoffen, Arbeitsorganisation, technischer Standard, etc.).

(6) Die dargestellten Einflussfaktoren sind grundsätzlich auf alle Arten von Ersatzlösungen anwendbar, das heißt, für den Einsatz

1. von Ersatzstoffen und/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 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 typischerweise nicht ausreichend.

Tabelle: Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen

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

Einflussfaktoren		Veränderung durch die Ersatzlösung ++/+/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 F&amp;E</b> Entwicklung und Anpassung der Ersatzlösung 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, Gefahrstoffkataster, Registrierungen, Genehmigungen, etc.		
13.	<b>Vertriebskosten</b> etc.		
<b>weitere Einflussfaktoren</b> (ggf. nicht in Kosten zu beschreibende, betriebsbezogene Faktoren):			
	a. öffentliche Wahrnehmung, Firmenimage, etc.		
	b. Mitarbeiterzufriedenheit, Motivation, etc.		
	c. vorteilhafte Produktkennzeichnung, Gütesiegel, etc.		
	etc.		
<b>weitere relevante Faktoren</b> (falls erforderlich betriebs- und fallbezogen ergänzen)			

<b>abschließende Bewertung:</b>	
–	Ersatzlösung betrieblich nicht geeignet, weil, ...
–	Ersatzlösung eingeleitet, ....
–	erneute Prüfung bis ....
–	oder Freitext

(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 Ersatzlösung offensichtlich. Die ins Auge gefassten Veränderungen sind unverzüglich in die Wege zu leiten.

(10) Auch wenn einzelne Einflussfaktoren negativ beeinflusst werden, kann die Ersatzlösung 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) Es ist jedoch hervorzuheben, dass höhere Kosten einer Ersatzlösung nicht automatisch zur Beurteilung „nicht anzuwenden“ führen können. 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 (schwarze Listen)) reichen die oben beschriebenen betriebsbezogenen Kriterien nicht aus.

(2) Außer der Beurteilung der gesundheitlichen und physikalisch-chemischen Gefährdungen sowie der technischen Eignung der Ersatzlösung sind ebenfalls die umweltbezogenen, sozialen und ökonomischen Auswirkungen über den gesamten Lebenszyklus eines Produktes von Bedeutung.

(3) Die Ergebnisse einer erweiterten Bewertung sollten bei weitreichenden Entscheidungen die Entwicklung von Produkt- oder Verfahrensalternativen begleiten. Erweiterte Bewertungen sollen lebenswegbilanziert eine Vielzahl von Kriterien betrachten und auf diese Weise mögliche Konsequenzen einer Produktsubstitution ganzheitlich bewerten. Sie können auch bislang nicht berücksichtigte negative oder positive Auswirkungen der bestehenden Verfahren entlang der gesamten Wertschöpfungskette analysieren.

(4) Um möglichst viele relevante Aspekte systematisch und in vergleichbarer Weise zu berücksichtigen, sind eine Vielzahl von Parametern zu erfassen und in Kennzahlen zu überführen. Hierzu kann inzwischen auf leistungsfähige und erprobte Expertenmethoden zurückgegriffen werden, die soziale und volkswirtschaftliche Konsequenzen im Vorfeld analysieren können.

(5) 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.

(6) 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.

(7) 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 viele weitere und spezifischere Kriterien. Die sozialen Auswirkungen, die für die erweiterte Bewertung mit betrachtet werden, können je nach Problematik auch durch mehrere Kriterien beschrieben werden. Relevant können beispielsweise sein: die Anzahl der mit dem Produkt oder Stoff verbundenen Arbeitsplätze, die Qualität der Arbeit oder die mit dieser Arbeit typischerweise verknüpften Gesundheitsgefahren.

(8) 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

(9) Expertenmodelle können Entscheidungen zur Substitution oder zum Aufbau einer Produktlinie auf den Feldern Marketing, Forschung, Strategie und auch Politik unterstützen, Dazu müssen sie ihre Ergebnisse transparent, aber auch eingängig präsentieren können.

(10) Ein Beispiel für eine solches Expertenmodell ist SEEBalance®. Dieses Modell visualisiert seine Ergebnisse in einer speziellen dreidimensionalen Darstellung, einem SEECube® genannten Würfel. Im dreidimensionalen Raum werden auf der ersten Achse die ökonomische Bewertung, auf der zweiten die Umweltbewertung und auf der dritten Achse die soziale Bewertung abgebildet. Insgesamt vorteilhafte Alternativen werden dann im rechten oberen Quadranten abgebildet und stellen die bevorzugten Alternativen für die Substitutionsentscheidung dar. Auf diese Weise lassen sich unterschiedliche Alternativen auf einen Blick sortieren und priorisieren. Im Laufe der nächsten Jahre werden solche Expertenmodelle vermutlich verstärkt im Rahmen von REACH weiter entwickelt und angewendet werden. Es wäre zu prüfen, inwieweit solche Modelle dann auch für die Anforderungen dieser TRGS einsetzbar sind (s. z.B. [http://www.baua.de/nn\\_54910/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Tagungen/Substitution/pdf/Vortrag-04.pdf](http://www.baua.de/nn_54910/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/Tagungen/Substitution/pdf/Vortrag-04.pdf))

## **Anlage 4 zu TRGS 600**

### **Vorgehensweise bei der Erarbeitung von Substitutionsempfehlungen für Gefahrstoffe, Tätigkeiten oder Verfahren**

Bei der Erarbeitung von Substitutionsempfehlungen sind die Inhalte dieser TRGS zu beachten. Diese Anlage enthält zusätzlich zu den konkreten Vorgehensweisen, die in den anderen Anlagen beschrieben wurden, grundsätzliche Gesichtspunkte und Hilfestellungen zum Auffinden von Wissensquellen für spezifische Substitutionslösungen für Gefahrstoffe.

#### **1 Analyse der Substitutionsaufgabe**

Es gibt drei unterschiedliche Typen von Substitution.

##### **1.1 Ersatz**

Im einfachsten Fall erfolgt Substitution als 1:1 Ersatz eines bereits verwendeten Stoffes durch einen anderen nicht oder weniger gefährlichen Stoff oder durch ein bekanntes Verfahren, in dem nicht oder weniger gefährliche Stoffe eingesetzt werden. Hier ist es oft lediglich erforderlich die betroffenen Betriebe zu informieren, damit bereits existierende Lösungen zur allgemein üblichen Praxis werden.

##### **1.2 Anpassung**

Im zweiten Fall ist ein 1:1 Ersatz nicht möglich, es liegen aber bereits Referenzprozesse und Anwendungsverfahren für die Substitutionslösung aus einzelnen Betrieben der Branche oder übertragbare Lösungen aus anderen Branchen vor. Die Substitution ist in diesen Fällen sowohl ein Informationsproblem als auch ein Akzeptanzproblem bei denjenigen Betrieben, die sich noch nicht hinreichend mit dieser Substitutionslösung auseinandergesetzt haben. Oft sind Anpassungsentwicklungen notwendig um Referenzprozesse erfolgreich auf die Mehrzahl der betroffenen Betriebe der Branche übertragen zu können. Dazu ist eine vertiefte technische Recherche nötig ebenso wie die Durchführung von Arbeiten zum Transfer von Technologien und Erkenntnissen. Substitution kann hier oft nicht kurzfristig, umfassend und abschließend erfolgen. Sie kann aber durch Teilaufgaben eingeleitet werden und meist in einem mittelfristigen Prozess (Orientierung 3–7 Jahre) abgeschlossen werden.

##### **1.3 Forschung und Entwicklung**

Der schwierigste Fall ergibt sich dann, wenn überhaupt keine Substitutionslösungen oder entsprechende Verfahren vorhanden sind. Dann sind mehr oder weniger grundlegende aufwendige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf chemischem und technischem Gebiet notwendig. Allerdings können die Vorgehensweisen und Beurteilungskriterien, die in dieser TRGS und ihren Anlagen beschrieben werden auch bei der Bearbeitung von sol-

chen grundlegenden Fragestellungen nutzbringend angewendet werden.

## **2 Problemdefinition – Abwägung von Chancen und Risiken von Substitutionsmöglichkeiten**

(1) Eine wesentliche Voraussetzung für eine erfolgreiche Arbeit ist eine konkrete Aufgabenstellung. Wenn unterschiedliche Substitutionsmöglichkeiten vorliegen, müssen deren erkennbare Vorteile und Risiken systematisch und transparent gegeneinander abgewogen werden. Zusätzlich zur Anwendung der Kriterien aus Nummer 5 dieser TRGS ist es sinnvoll, weitere mögliche treibende und hemmende Einflüsse für oder gegen einzelne Lösungen zu identifizieren (z. B. Verbraucherakzeptanz, Normung, Patente). Unerlässlich ist in der Phase der Problemdefinition auch die Verständigung über die Bedeutung der in der weiteren Diskussion verwendeten Begriffe

(2) Der große Vorteil der Substitution liegt in der Möglichkeit, das Gesamtgefährdungspotential von chemischen Stoffen oder Verfahren grundlegend zu reduzieren. Dies kann gegebenenfalls den Aufwand zur Einhaltung einer Vielzahl gesetzlich vorgeschriebener und kostenaufwendiger Schutzmaßnahmen verringern, die ansonsten die Tätigkeiten mit gefährlichen Stoffen regeln.

(3) Risiken der Substitution können sich ergeben, wenn die möglichen Auswirkungen von Substitutionslösungen nicht ausreichend geprüft wurden. Dies gilt für die technischen Auswirkungen, die eine Substitution als Veränderung der stofflichen Grundlage eines Verfahrens immer auslösen kann oder für den Wechsel im Gefährdungsspektrum, die mit Substitutionslösungen verbunden sein können (z.B. Arbeitsschutz, Klimaschutz, Verbraucherschutz).

(4) Ein grundsätzliches Problem besteht darin, dass über den neuen Stoff bzw. das neue Verfahren typischerweise weniger Informationen zur Verfügung stehen als über die hergebrachte Lösung. Dies kann die Beurteilung der Gefährdung bei ggf. fehlenden Prüfdaten (dies wird durch REACH verbessert werden) betreffen und auch die Beurteilung der technischen Leistungsfähigkeit der Substitutionslösung in der Praxis. Während die Auswirkungen der meisten Arbeitsschutzmaßnahmen auf den Betrieb beschränkt bleiben, kann der Ersatz eines Stoffes Auswirkungen auf das gesamte Produkt bzw. die gesamte Wertschöpfungskette haben und sich somit auch auf Zulieferer oder Kunden auswirken.

(5) Hemmnisse in der Anfangsphase der Einführung von Substitutionslösungen können auch ein höherer Preis und der Aufwand für betriebliche Anpassungen sein. Die Betrachtung der mittelfristigen Gesamtkosten für das betroffene Produkt oder den betroffenen Prozess ist aber oft geeignet, dieses Problem zu relativieren.

## **3 Beteiligung von Fachleuten**

(1) Für die Analyse und Bearbeitung unterschiedlicher Aspekte ist es gegebenenfalls nötig, Fachleute mit ausreichenden Kenntnissen zu unterschiedlichen Aspekten der Substitutionsprüfung und bei der Erarbeitung der Substitutionslösungen zu beteiligen. Relevante Qualifikationen sind zum Beispiel Kenntnisse über

1. Gefährdung durch Stoffe – gesundheitliche, sicherheitstechnische und umweltbezogene Eigenschaften,
2. Verfahrenstechnik und praktische Produktionserfahrung,

3. Gefährdungsbeurteilung und Aufwand für Schutzmaßnahmen,
  4. Auswirkungen der Substitution auf die Wertschöpfungskette (z. B. Kundenakzeptanz) und
  5. Kenntnisse im Regelwerk.
- (2) Zusätzlich sollten Informationen, die in der gesamten Prozesskette (z.B. Hersteller von Maschinen, Abnehmer der Produkte, Vorlieferanten) vorhanden sind, genutzt werden.

#### **4 Ablauf bei der Erarbeitung von Substitutionsempfehlungen**

- (1) Eine Orientierung zum Ablauf der Projektschritte bei der Erarbeitung von Substitutionslösungen bietet Anlage 1 „Ablaufschema“. Bewertungs- und Entscheidungshilfen zur Festlegung von Arbeitspaketen und zur Strukturierung der Diskussion enthalten die Anlagen 2 (Vergleichende Bewertung der gesundheitlichen und sicherheitstechnischen Gefährdungen) und 3 (Kriterien für die Realisierung der Substitution – Abwägungsgründe für den betrieblichen Einsatz von Ersatzlösungen und zur erweiterten Bewertung. Bei der Zielfindung sollten, so vorhanden, unterschiedliche Lösungsansätze ergebnisoffen nebeneinander diskutiert werden. Teilaufgaben, wie z. B. die gesundheitliche oder umweltbezogene Bewertung sollten frühzeitig identifiziert, mit Ressourcen hinterlegt und terminiert werden.
- (2) Für die Erarbeitung von Substitutionslösungen ist es besonders wichtig, die Fachöffentlichkeit frühzeitig zu informieren, da von der bloßen Thematisierung der Fragestellung bereits Innovationsimpulse ausgehen können und sich in der Diskussion oftmals auch die Informationsbasis noch einmal verbreitert.

#### **5 Hinweise auf Wissensquellen**

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 1/2008).

##### **5.1 Datenbanken zu Ersatzstoffen und Ersatzverfahren**

1. Gefahrstoffe im Griff <http://www.gefahrstoffe-im-griff.de/8.htm> Strukturiertes Portal mit Datenquellen zu allen Fragen des Gefahrstoffmanagements; empfehlenswerter Einstieg für die Recherche; spezifisches Fenster "Ersatzstoffe/Ersatzverfahren" vorhanden; verlinkt und beschreibt die meisten relevanten Datenbanken, enthält auch konkrete Ersatzempfehlungen
2. Gisbau <http://www.gisbau.de/giscodes/Liste/INDEX.HTM> Einstieg über Produktgruppen für Bau- und Bau-Nebenprodukte; enthält spezifischen Abschnitt Ersatzstoffe-Ersatzprodukte-Ersatzverfahren
3. BG-Druck und Papier <http://www.bgdp.de/pages/service/download/arbeitsicherheit.htm> jährlich aktualisier-

te Liste mit empfohlenen und zulässigen Wasch- und Reinigungsmitteln für den Offsetdruck und Liste der Druckbestäubungspuder

4. Portal Bauteilreinigung <http://129.217.206.133/rc1/index.php> Einstieg über Schlüsselwörter: Auflistung von Verfahren etc., hilfreich bei Substitution durch Verfahrensänderung (federführend: Fachgebiet Maschinenelemente, Uni Dortmund)
5. Cleantool [http://www.cleantool.org/de/teilereinigung\\_prozesse.php](http://www.cleantool.org/de/teilereinigung_prozesse.php) Einstieg nach den Kriterien Bauteil-Material, -Masse, -Abmessungen, -Geometrie, -Jahresdurchsatz, -Schmutzart und -Weiterbehandlung. Die Metallreinigungsprozesse können mit einem integrierten Beurteilungsinstrument miteinander verglichen werden.
6. OEKOpro-Chemikaliendatenbank <http://www.oekopro.de/search.php?l=DE> Einstieg über Verwendungen möglich – man kann unterschiedliche Stoffe für einen Verwendungszweck finden, auch mit Angaben zu Branchen
7. Kühlschmierstoff-Komponenten Online-Informationssystem <http://www.fobig.de/arbeitsfelder/KSS.html> Einstieg über Stoff; ein Arbeitskreis bestehend aus Vertretern des Verbraucherkreises Industrieschmierstoffe (VKIS), des Verbands Schmierstoffindustrie (VSI) und der IG Metall (IGM) hat die Entwicklung des Online-Informationssystems begleitet
8. „CatSub“ – Katalog mit Beispielen zur Substitution (in Dänisch) <http://www.catsub.dk/> nach Branchen sortiert; mehr als 230 Beispiele durchgeführter Substitutionen, Mitfinanziert von European Agency of Occupational Safety and Health in Bilbao
9. „Branchenregelungen“ [http://www.arbeitsschutz-center.net/branchenregelungen/brachenregelungen\\_nach\\_produkten/branchenregelungen-branchen\\_produkte.html](http://www.arbeitsschutz-center.net/branchenregelungen/brachenregelungen_nach_produkten/branchenregelungen-branchen_produkte.html) Empfehlungen zu Gefahrstoffmanagement und guter Praxis, nach Branchen geordnet
10. Hat-Map Information on Hazardous Chemicals and Occupational Diseases <http://hazmap.nlm.nih.gov/> toxikologische Informationen, aber Einstieg über Stoffgruppen möglich, so dass man mögliche alternative Stoffe angeboten bekommt

## 5.2 Datenbanken mit Stoff- Informationen

1. GESTIS – Stoffdatenbank <http://biade.itrust.de/biade/lpext.dll?f=templates&fn=main-h.htm> Einstieg über den Stoff; Stoffinformationen; Hinweise auf „gute Praxis, einige konkreten Hinweise auf Verwendungsbeschränkungen und Ersatzlösungen
2. GSBL – Gemeinsamer Stoffdatenpool von Bund und Ländern <http://www.gsbl.de/> Einstieg über den Stoff; Stoffinformationen in der Struktur des Sicherheitsdatenblattes; Hinweise auf Verwendungen, aber keine Hinweise auf Ersatzlösungen
3. Stoffdatenbanken der Bundesrepublik Deutschland <http://www.stoffdaten-deutschland.de/> Portal für Datenbanken; Einstieg über den Stoff; IGS-Publik enthält Stoffdaten, Verwendungen, Beschränkungen, aber keine konkreten Empfehlungen für Ersatzlösungen
4. BG Chemie – GisChem Gefahrstoffinformationssystem <http://www.gischem.de/> Einstieg über den Stoff oder einige Tätigkeiten, Produktgruppen, Branchen; Stoffinformationen; wenige Hinweise auf „gute Praxis, keine konkreten Hinweise auf Ersatzlösungen

5. GDL – Gefahrstoffdatenbank der Länder <http://www.gefahrstoff-info.de/> Einstieg über den Stoff; verlinkt auf GESTIS; Stoffinformationen; einige Handlungshilfen zur Hinweise auf „gute Praxis“ auf [http://lasi.osha.de/de/gfx/publications/lasi\\_publications.php](http://lasi.osha.de/de/gfx/publications/lasi_publications.php) keine konkreten Hinweise auf Ersatzlösungen
6. euSDB Sicherheitsdatenblätter – Suche <http://www.eusdb.de/> Einstieg über Produktname (exakt oder Wortteil), Stoff oder CAS: Die Datenbank enthält einen Suchindex zu ca. 190 000 Sicherheitsdatenblättern verschiedener Hersteller vorwiegend aus dem Bereich Laborchemikalien und – gase, eine gute Ergänzung für vertiefende Suche, bzw. bei fehlendem oder überaltertem SDB

### 5.3 Internationale Datenbanken (meist zur Wirkung von Stoffen)

1. Chemicals | Human Health | Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) | OPPT | US EPA <http://www.epa.gov/oppt/aegl/pubs/chemlist.htm> Stoffinformationen; Einstieg über den Stoff
2. ECB – ESIS (European chemical Substances Information System) <http://ecb.jrc.it/ESIS/> Stoffinformationen; Einstieg über den Stoff; verschiedene Datenbanken zu Stoffeigenschaften und Vorkommen in Europäischen Regelwerken
3. IPCS INCHEM <http://www.inchem.org/> 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.)
4. Kemi PRIO [http://www.kemi.se/templates/PRIOEngframes\\_\\_\\_4144.aspx](http://www.kemi.se/templates/PRIOEngframes___4144.aspx) Stoffeigenschaften; Listen unerwünschter Stoffe; Strategien zum Ersatz aber keine konkreten Empfehlungen
5. <http://toxnet.nlm.nih.gov/> Datenbankportal meist Toxikologische Informationen mit Einstieg über den Stoffnamen, aber auch einzelne Datenbanken zur Verwendung von Stoffen
6. KEMI Riskline <http://apps.kemi.se/riskline/index.htm> Stoffinformationen; Einstieg über den Stoff; Only bibliographic database with exclusively peer reviewed information on environment and health
7. TOXNET <http://toxnet.nlm.nih.gov/> Databases on toxicology, hazardous chemicals, environmental health, and toxic releases (HSDB, Toxline u.a.) 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 die National Library of Medicine der USA, engl.)
8. Pubmed <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/entrez> 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.
9. OECD HPV-Database <http://cs3-hq.oecd.org/scripts/hpv/> DB tracks all High Production Volume chemicals through the process of investigation in the programme on the Investigation of Existing Chemicals)