

REACH-Info 11

# REACH: Expositionsabschätzung für den Arbeitsplatz

**:helpdesk**  
reach-clp-biozid

Wenn Sie Fragen zu REACH, CLP oder zur Biozid-Verordnung haben, erreichen Sie uns telefonisch von Montag bis Donnerstag von 8.00 bis 16.30 Uhr, Freitag von 8.00 bis 13.00 Uhr.

**Service-Telefon** 0231 9071-2971

**Fax** 0231 9071-2679

**E-Mail** [reach-clp-biozid@baua.bund.de](mailto:reach-clp-biozid@baua.bund.de)

**Internet** [www.reach-clp-biozid-helpdesk.de](http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de)

**:helpdesk**  
reach-clp-biozid

## Inhalt

	<b>Vorwort</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
1.1	Ziel dieser Broschüre	4
1.2	Rechtliche Einordnung	5
<b>2</b>	<b>Grundlagen der Exposition</b>	<b>7</b>
2.1	Was ist Exposition und unter welchen Bedingungen ist Exposition zu erwarten?	7
2.2	Expositionswege	7
2.3	Was ist ein Expositionsszenarium?	8
2.4	Aufbau eines Expositionsszenariums	9
2.5	Pflichten des nachgeschalteten Anwenders	12
<b>3</b>	<b>Expositionsabschätzung: Ziele und Methoden</b>	<b>15</b>
3.1	Exposition und Risikobewertung	15
3.2	Expositionsdaten – Messwerte und Analogieschlüsse	17
3.3	Expositionsmodelle	18
3.3.1	Expositionsmodelle erster Stufe (Tier 1)	19
3.3.2	Modelle höherer Stufen (Tier 2)	38
<b>4</b>	<b>Beispiel: Benzylalkohol</b>	<b>49</b>
4.1	Stoffeigenschaften und Stoffsicherheitsbeurteilung	49
4.2	Expositionsbeurteilung	50
4.2.1	Erfassung der Anwendung im System der Verwendungsdeskriptoren	52

4.2.2	Weitere Randbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen	53
4.2.3	Expositionsabschätzung mit dem ECETOC TRA	53
4.3	Standardformat von Expositionsszenarien	56
4.4	Beispiel Expositionsszenarium	58
4.4.1	Überblick über die Ergebnisse der Expositionsabschätzungen	58
4.4.2	Expositionsszenarium für die Kommunikation in der Lieferkette	61
	<b>Anhang</b>	
	Liste der Deskriptoren für Verfahrenskategorien (PROC)	65
	<b>Glossar</b>	<b>66</b>
	<b>Nützliche Internetadressen</b>	<b>69</b>
	<b>Impressum</b>	<b>72</b>

# Vorwort

Liebe Leserinnen und Leser,

ein Ziel der REACH-Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 ist es, für alle in der EU auf den Markt gelangenden Stoffe eine sichere Verwendung zu gewährleisten. Dies gilt für alle von den Registranten unterstützten Anwendungen sowie für den gesamten Lebenszyklus dieser Stoffe. Die Expositionsabschätzung ist hierbei von großer Bedeutung und Expositionsszenarien stellen ein Kernelement des Stoffsicherheitsberichts für gefährliche Stoffe dar.

Die vorliegende Broschüre soll eine Handlungshilfe für die Expositionsabschätzung für Arbeitsplätze unter REACH sein. Hierbei wird die Abschätzung nach dem „tiered approach“ (gestufter Ansatz) mittels geeigneter Expositionsmodelle, die für die Erstellung von Expositionsszenarien unter REACH verwendet werden, dargestellt.

Die vorliegende Broschüre ist als elfte Veröffentlichung der REACH-Info-Reihe erschienen:

- REACH-Info 1:** Erste Schritte unter der neuen EU-Verordnung REACH
- REACH-Info 2:** Besonderheiten bei Zwischenprodukten und Stoffen in Forschung und Entwicklung
- REACH-Info 3:** Besonderheiten bei Polymeren und Monomeren
- REACH-Info 4:** Neustoffe und REACH
- REACH-Info 5:** Rechte und Pflichten des nachgeschalteten Anwenders unter REACH
- REACH-Info 6:** Erzeugnisse – Anforderungen an Produzenten, Importeure und Händler
- REACH-Info 7:** Die sozioökonomische Analyse
- REACH-Info 8:** Nächste Schritte unter der EU-Verordnung REACH
- REACH-Info 9:** REACH und Recycling
- REACH-Info 10:** Die Zulassung unter REACH
- REACH-Info 11:** REACH: Expositionsabschätzung für den Arbeitsplatz

# 1 Einleitung

## 1.1 Ziel dieser Broschüre

Um den Verpflichtungen, die durch REACH auferlegt werden, nachzukommen, ist es in verschiedenen Verfahren erforderlich, eine Aussage über die Exposition gegenüber Chemikalien zu treffen. Je nach Chemikalie und Anwendung gilt dies für die Umwelt und die menschliche Gesundheit.

Ziel dieser Broschüre ist es, eine Hilfestellung für den Einstieg in die Expositionsabschätzung für Arbeitsplätze unter REACH zu geben.

Grundsätzlich ist es für die Expositionsabschätzung für den Arbeitsplatz wünschenswert, von Arbeitsplatzmesswerten auszugehen. Wenn dies nicht möglich ist, können Analogieschlüsse verwendet werden oder modellhafte Betrachtungen der Exposition durchgeführt werden. Diese Vorgehensweise wird in dieser Broschüre näher beschrieben und es werden die einschlägigen Modelle vorgestellt. Abschließend wird beispielhaft ein Expositionsszenarium entwickelt. Solche Expositionsszenarien haben für REACH und den Arbeitsschutz gegenüber Chemikalien eine besondere Bedeutung. Zum Beispiel sind sie ein Mittel

der Risikokommunikation entlang der Lieferkette. Im erweiterten Sicherheitsdatenblatt werden u. a. in spezifischen Expositionsszenarien Angaben zur sicheren Verwendung gemacht und mögliche Expositionen abgeschätzt. Nachgeschaltete Anwender haben dafür Sorge zu tragen, dass sie diese Vorgaben einhalten.

Die Expositionsabschätzung für Arbeitsplätze hat also sowohl für die Verpflichtungen unter REACH als auch für die sichere Gestaltung von Arbeitsplätzen eine erhebliche Bedeutung und sollte daher mit dem größtmöglichen Sachverstand durchgeführt werden. Mit dieser Broschüre erfolgt ein erster Einstieg. Darüber hinaus ist es u. a. erforderlich, sich intensiv mit den Arbeitsplätzen zu beschäftigen, für die eine Expositionsabschätzung erforderlich ist, die Stärken und Schwächen der einzelnen Methoden zur Expositionsabschätzung zu kennen und die erzeugten Expositionswerte kritisch bewerten zu können. Es ist also eine weitere Einarbeitung in das Thema Expositionsabschätzung und Erfahrung erforderlich, um belastbare Expositionsabschätzungen durchzuführen.

## 1.2 Rechtliche Einordnung

REACH basiert auf dem Grundsatz „Ohne Daten kein Markt“ (Artikel 5). Das bedeutet, dass zukünftig Stoffe in der EU nur noch dann hergestellt, eingeführt oder vermarktet werden dürfen, wenn sie bei der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) registriert wurden. Bis 2018 gelten dabei Übergangsregelungen.

Für Stoffe, die in Mengen von 10 Tonnen und mehr pro Jahr und Registrant registriert werden, muss eine Stoffsicherheitsbeurteilung (Chemical Safety Assessment, CSA) durchgeführt werden. In diesem Rahmen wird vom Registranten geprüft, ob ein Stoff als gefährlich eingestuft werden muss (gemäß der CLP-Verordnung) oder ob der Stoff persistente, bioakkumulierbare und toxische (PBT) Eigenschaften oder sehr persistente und sehr bioakkumulierbare (vPvB) Eigenschaften hat. Die Ergebnisse der Stoffsicherheitsbeurteilung werden vom Registranten im Stoffsicherheitsbericht (Chemical Safety Report, CSR) dokumentiert. Ergibt sich dabei, dass der Stoff entweder

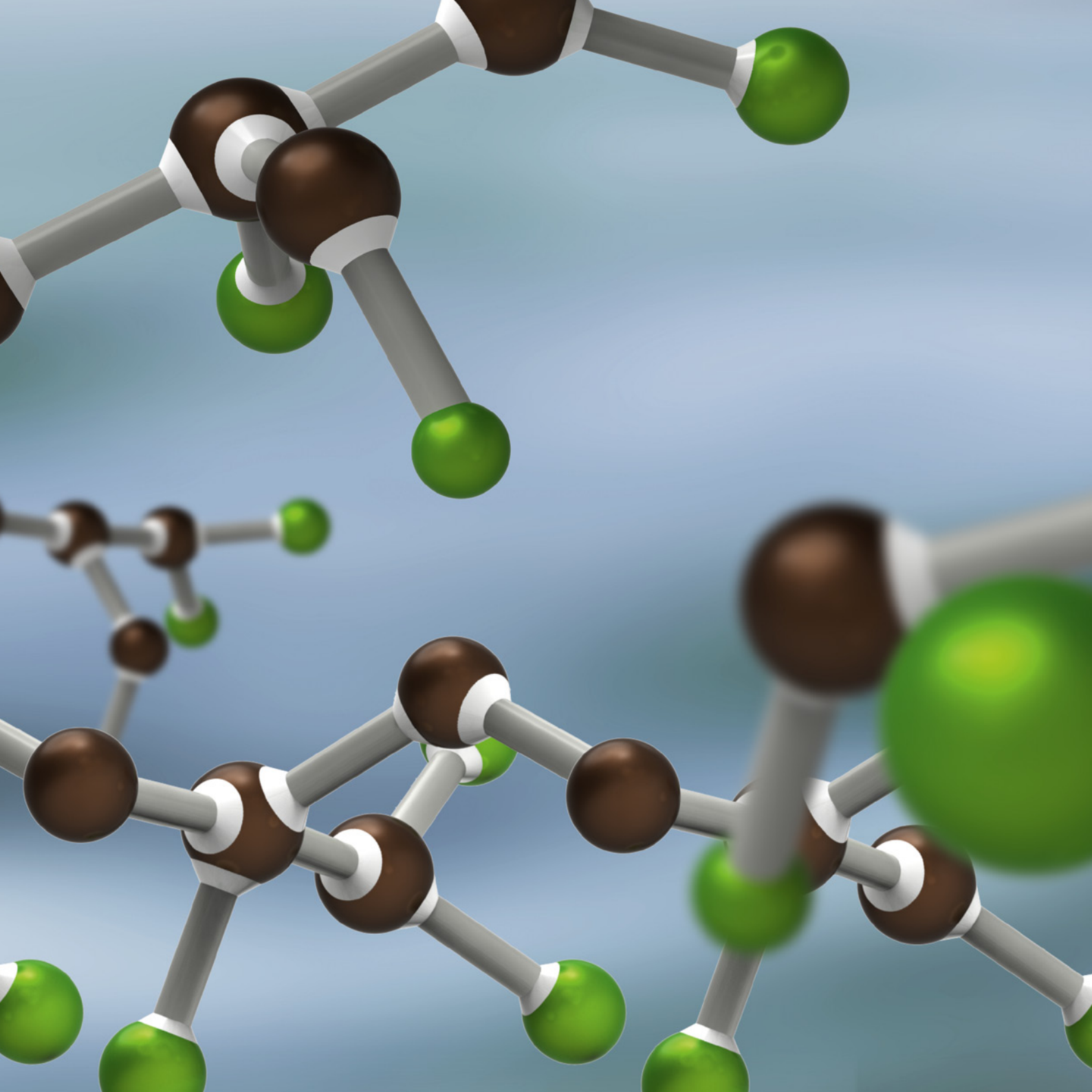
- a) schädliche Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen hat oder
  - b) aufgrund seiner physikalisch-chemischen Eigenschaften gefährlich ist oder
  - c) schädliche Wirkungen auf die Umwelt hat oder dass
  - d) es sich um einen PBT-Stoff oder vPvB-Stoff handelt,
- so müssen eine Expositionsbeurteilung und eine Risikobeschreibung durchgeführt werden.

### Info

Ein Expositionsszenarium ist zu erstellen

1. bei Registrierung eines Stoffes über 10 t/Jahr und Registrant, der gleichzeitig gefährliche bzw. PBT/vPvB-Eigenschaften besitzt. Dies kann auch für nachgeschaltete Anwender gelten, wenn die Verwendung im Expositionsszenarium des Lieferanten nicht abgedeckt ist, und
2. im Rahmen des Zulassungsverfahrens für zulassungspflichtige Stoffe.

Im Stoffsicherheitsbericht ist darzulegen, dass eine sichere Verwendung des Stoffes in reiner Form oder in Gemischen gewährleistet ist. Hierzu müssen die Expositionsabschätzungen für Mensch und Umwelt gegenüber dem Stoff über seinen gesamten Lebenszyklus sowie die Vorgaben für die sichere Verwendung in Expositionsszenarien zusammengefasst werden. Die für die nachgeschalteten Anwender relevanten Expositionsszenarien werden in der Lieferkette zusätzlich als Anhang des Sicherheitsdatenblattes weitergegeben, das mit diesem Anhang auch als erweitertes Sicherheitsdatenblatt (eSDB) bezeichnet wird.





## 2 Grundlagen der Exposition

### 2.1 Was ist Exposition und unter welchen Bedingungen ist Exposition zu erwarten?

Exposition bedeutet allgemein das Ausgesetztsein des Menschen oder der Umwelt gegenüber Einflüssen. Beim Umgang mit Stoffen als solchen oder in Gemischen findet grundsätzlich immer Exposition statt. Diese kann jedoch, z. B. aufgrund der Stoffeigenschaften, nach dem derzeitigen Wissensstand unbedenklich sein. Auch für Stoffe, die unter REACH als gefährlich oder als PBT/vPvB-Stoffe angesehen werden, kann die Exposition von Mensch und Umwelt unterhalb bestimmter Referenzwerte liegen, so dass von einer sicheren Verwendung auszugehen ist.

### 2.2 Expositionswege

Für den Menschen sind drei Expositionswege möglich:

1. **Inhalativ** – durch Einatmen,
2. **Dermal** – durch Hautkontakt oder
3. **Oral** – durch Verschlucken.

Für den Arbeitnehmer ist die **inhalative** Exposition in den meisten Fällen der vorherrschende Expositionsweg. Je nach Art des Stoffes sind unterschiedliche **expositionsbestimmende Größen** für eine Beurteilung heranzuziehen. Flüchtige Stoffe können als Gase oder Dämpfe eingeatmet werden. Für die Expositionsabschätzung sind dann Parameter wie Siedepunkt und Dampfdruck des Stoffes sowie die Prozesstemperatur entscheidend. Weniger flüchtige Stoffe, Lösungen oder Feststoffe können als Aerosole oder Stäube über die Atemwege aufgenommen werden. Hierfür sind dann Staubungsverhalten oder Aerosolbildung entscheidende Größen. In Einzelfällen sind Übergänge zwischen beiden Betrachtungen zu berücksichtigen.

Die **dermale** Exposition findet durch den direkten Kontakt mit dem Stoff selbst, aber auch durch den Kontakt mit kontaminierten Materialien (z. B. Kleidung oder Oberflächen) statt. In einigen Fällen trägt auch die Ablagerung luftgetragener Stoffe auf der Haut zur dermalen Belastung bei. Die dermale Exposition kann einen wesentlichen Beitrag zur Gesamtexposition ausmachen und die inhalative Exposition in einigen Fällen sogar überreffen. Wird z. B. kontaminierte Schutzkleidung über längere Zeiträume getragen, so kann je nach Stoffeigenschaften und Durchdringungsvermögen die dermale Exposition sehr hoch sein.

Eine **orale** Aufnahme von Stoffen ist zwar ebenfalls möglich (z. B. durch kontaminierte Hände oder Kleidung), kann jedoch im Allgemeinen durch gute Arbeitspraxis und Arbeitshygiene verhindert werden. Da im Rahmen einer Stoffsicherheitsbeurteilung die bestimmungsgemäße Verwendung betrachtet wird und nicht Unfallgeschehen, Missbrauch oder Fehlverhalten, ist die orale Exposition von Arbeitnehmern meist vernachlässigbar.

## 2.3 Was ist ein Expositionsszenarium?

Die REACH-Verordnung gibt folgende Definition für das **Expositionsszenarium**: „Zusammenstellung von Bedingungen einschließlich der Verwendungsbedingungen und Risikomanagement-Maßnahmen, mit denen dargestellt wird, wie der Stoff hergestellt oder während seines Lebenszyklus verwendet wird und wie der Hersteller oder Importeur die Exposition von Mensch und Umwelt beherrscht oder den nachgeschalteten Anwendern zu beherrschen empfiehlt. Diese Expositionsszenarien können ein spezifisches Verfahren oder eine spezifische Verwendung oder gegebenenfalls verschiedene Verfahren oder Verwendungen abdecken“ (Artikel 3, Nr. 37).

Die Definition in Artikel 3 der REACH-Verordnung beinhaltet ausdrücklich die **Beherrschung der Exposition** und damit auch die Beherrschung des Risikos. Zu dessen Bewertung ist das Expositionsszenarium mit einer Betrachtung der Wirkung des Stoffes zu verknüpfen. Als Bezugsgröße bietet REACH dem Registranten dazu den DNEL (engl. „Derived No Effect Level“)<sup>1</sup> an. Durch Vergleich der abgeschätzten Exposition mit dem DNEL wird die für das Expositionsszenarium geforderte Bewertung des Risikos und seiner Beherrschung möglich (siehe Kapitel 3.1). In vielen Fällen ist für die Beherrschung des Risikos die Anwendung von **Risikomanagementmaßnahmen (RMM)**

<sup>1</sup> Der DNEL (engl. „Derived No Effect Level“) ist ein spezifischer Richtwert zur Risikobewertung für Stoffe, für die eine Dosis bestimmt werden kann, unterhalb derer keine schädliche Wirkung für den Menschen zu erwarten ist.

notwendig, die dann ebenfalls in der Expositionsabschätzung berücksichtigt werden. Ein solches Expositionsszenarium mit Ergebnissen der Expositionsermittlung, in denen die sichere Verwendung dargelegt wird, ist Teil der abgeschlossenen Stoffsicherheitsbeurteilung.

Im Rahmen dieser Broschüre gilt für „Expositionsszenarium“ die oben zitierte Definition nach REACH. Demgegenüber wird von der „Expositionssituation“ gesprochen, sofern es sich lediglich um die Darstellung der zur Exposition relevanten Parameter handelt. Das Expositionsszenarium enthält alle dem Hersteller bzw. Importeur bekannten Parameter, welche die Freisetzung und die Exposition bestimmen. Die Parameter ergeben sich aus den inhärenten Stoffeigenschaften, den Arbeitsschritten und Prozessen, in denen eine Freisetzung und Exposition stattfinden kann, sowie aus den dabei eingesetzten Risikomanagementmaßnahmen. Die Weitergabe relevanter Informationen im eSDB ist ein wesentliches Kommunikationsinstrument für alle Akteure innerhalb der Lieferkette und stellt die Grundlage zur Verfügung, anhand derer nachgeschaltete Anwender feststellen können, wie Risiken in ihrer Anwendung zu beherrschen sind.

## 2.4 Aufbau eines Expositionsszenariums

Was das Expositionsszenarium leisten muss, ist nach den Ausführungen im vorherigen Kapitel klar definiert. Für die Form, wie die geforderten Informationen geliefert werden sollen, macht die REACH-Verordnung dem Hersteller bzw. Importeur oder dem nachgeschalteten Anwender nur wenige konkrete Vorgaben. Die Verfahren, Bedingungen und abgeleiteten Expositionshöhen können frei formuliert werden, solange die sichere Verwendung des Stoffes oder Gemisches nachvollziehbar dargestellt ist, z. B. durch den Vergleich der Exposition mit einem Referenzwert. Die sichere Verwendung kann durch ein weit gefasstes Expositionsszenarium, eine sogenannte Verwendungs- und Expositionskategorie oder mehrere Einzelszenarien beschrieben werden. In jedem Fall müssen im Stoffsicherheitsbericht alle Abschnitte im Lebenszyklus eines Stoffes betrachtet werden. Dies umfasst die Herstellung, die Verwendung des Stoffes als solchen und die Verwendung in Erzeugnissen. Für Akteure in der Lieferkette sind unter Umständen nur einzelne Abschnitte bzw. Einzelszenarien relevant, die als Expositionsszenarien, z. B. in einem eSDB, weitergegeben werden.

Eine standardisierte Beschreibung der Verwendungen, z. B. für Stoffe mit breiter Anwendung, ermöglicht das für REACH entwickelte **Deskriptorensystem**, das in den „Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilung, Kapitel R.12: System der Verwendungsdeskriptoren“ beschrieben wird. Zusätzlich

wurden von der ECHA auch Standardformate für Expositionsszenarien entworfen, die bevorzugt verwendet werden sollen („Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilung, Teil D: Erstellung von Expositionsszenarien“). Innerhalb des Deskriptorensystems werden den Branchen die **Verwendungssektoren** (engl. „Sector of Use“, kurz „SU“) und den Tätigkeiten die **Verfahrenskategorien** (engl. „Process categories“, kurz „PROC“) zugeordnet. Dazu gehören z. B. das Umfüllen (PROC 8a/8b), die Sprühapplikation (PROC 7 oder PROC 11) oder das Mischen per Hand (PROC 19). Die Verwendung dieses Deskriptorensystems ist nicht zwingend vorgeschrieben, wird allerdings empfohlen. Ein verbal formuliertes Szenarium wird dazu zunächst in diese Kategorien „übersetzt“. Wenn keine der Prozesskategorien anwendbar erscheint, muss der Hersteller, Importeur oder nachgeschaltete Anwender die Art der Verwendung mit eigenen Worten beschreiben, statt ihr eine der definierten Kategorien zuzuordnen.<sup>2</sup>

Zur Entwicklung eines Expositionsszenariums, z. B. für eine spezifische Verwendung eines Stoffes, wird zunächst ein **vorläufiges Expositionsszenarium** erstellt. Darin können nun die

<sup>2</sup> Es kann allerdings nützlich sein, in den Stoffsicherheitsbericht eine Erläuterung aufzunehmen, welche der vorhandenen Kategorien in Anhang R.12-3 in Betracht gezogen wurden und warum diese nicht auf den konkreten Fall zutreffen. Eine solche Erläuterung würde eine Abänderung der vorhandenen Kategorien oder die Definition zusätzlicher Kategorien bei der nächsten Aktualisierung der Leitlinien ermöglichen.

einzelnen Arbeitsschritte und Tätigkeiten innerhalb der Verwendung beschrieben und ihnen zusätzlich Prozesskategorien des Deskriptorensystems zugeordnet werden. Diese einzelnen Arbeitsschritte stellen Segmente des Expositionsszenariums dar und werden üblicherweise als **beitragendes Expositionsszenarium** bezeichnet. Sie enthalten im Allgemeinen spezifische Angaben zu den Verwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen. Das vorläufige Expositionsszenarium ist die Grundlage der Expositionsabschätzung und der anschließenden Risikobewertung. Die beitragenden Szenarien werden in einem iterativen Prozess angepasst, bis eine sichere Verwendung nachgewiesen ist. Erst dann erfüllt das Expositionsszenarium die Definition nach Artikel 3 der REACH-Verordnung.

Es ist prinzipiell möglich, ein sehr weit gefasstes, sogenanntes **generisches Expositionsszenarium** zu erstellen. Ein generisches Expositionsszenarium hat zum Ziel, innerhalb einer Branche die Entwicklung von Expositionsszenarien zu vereinfachen und zu standardisieren. Dieser Ansatz verallgemeinert meist in hohem Maße die vielfältigen Bedingungen verschiedener Hersteller bzw. Verwender eines Stoffes oder mehrerer Stoffe. Es können daher z. B. auch Risikomanagementmaßnahmen enthalten sein, die im Einzelfall vielleicht gar nicht nötig sind. Nach kritischer Prüfung kann ein generisches Expositionsszenarium jedoch ein guter Ausgangspunkt für ein neues vorläufiges Expositionsszenarium eines bestimmten Anwenders sein.

## Beispiel

### Prozesskategorien und möglicher Aufbau eines Expositionsszenariums für Arbeitsplatzexposition:

Ein Stoff wird im industriellen Maßstab im Chargenbetrieb in einer geschlossenen Anlage synthetisiert und anschließend in Tanks oder andere Container überführt. Die Anlagen werden für Wartungszwecke oder Probenentnahme unter kontrollierten Bedingungen geöffnet. Der Stoff wird von Abnehmern in der Farbindustrie eingesetzt (z. B. Additiv, Lösungsmittel, Pigment) und im Gemisch für den Endabnehmer abgefüllt. Endabnehmer sind gewerbliche Lackierereien.

### Expositionsszenarium

#### • Herstellung – Szenarium 1

- **Beitragendes Szenarium:** Synthese in geschlossener Anlage im Chargenbetrieb (PROC 3)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung
- **Beitragendes Szenarium:** Abfüllung (PROC 8a oder 8b)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung

#### • Formulierung – Szenarium 2

- **Beitragendes Szenarium:** Mischen und Vermengen (PROC 5)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung
- **Beitragendes Szenarium:** Abfüllung (PROC 8a oder 8b)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung
- **Beitragendes Szenarium:** Abfüllung in kleine Behälter (PROC 9)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung

#### • Endanwendung – Szenarium 3

- **Beitragendes Szenarium:** Streichen (PROC 10)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung
- **Beitragendes Szenarium:** Sprühen (PROC 7 oder PROC 11)  
Bedingungen und Risikomanagementmaßnahmen  
Expositionsabschätzung

## Info

**Das STOP-Prinzip bei der Ableitung von Schutzmaßnahmen im Arbeitsschutz:**

Bei der Auswahl von Maßnahmen zur Minderung der Exposition bzw. zum Schutz der Verwender ist gemäß der Gefahrstoffverordnung und der „Richtlinie 98/24/EG zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit“ folgende Rangfolge zu beachten:

1. **Substitution:** Verhinderung des Auftretens bzw. der Freisetzung des Gefahrstoffs, Veränderung des Verfahrens oder Produkts (Substitutionsprüfung gemäß TRGS 600).
2. **Technische Maßnahmen:** z. B. Abfangen des Gefahrstoffs am Entstehungsort durch Absaugung oder Einhausung, Verbesserung der Lüftung.
3. **Organisatorische Maßnahmen:** z. B. zeitliche Begrenzung der Expositionsdauer, oder Arbeitsplatzwechsel, Informationsvermittlung.
4. **Persönliche Schutzausrüstung:** Die Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung (PSA) stellt aus Arbeitsschutzsicht die unterste Stufe der Maßnahmen-Hierarchie dar. Da das Tragen von PSA oft anstrengend ist und individuellen Fehlern unterliegt, ist die Wirksamkeit des Schutzes durch PSA schwierig sicherzustellen. Prinzipiell sollte PSA daher nur als ergänzende Maßnahme zu den o. g. Schutzmaßnahmen betrachtet werden. Nur „sofern eine Gefährdung nicht durch Maßnahmen nach den Nummern 1 und 2 verhütet werden kann, [ist die] Anwendung von individuellen Schutzmaßnahmen“ zulässig (§ 7 Abs.4 GefStoffV). Die Verwendung belastender persönlicher Schutzausrüstung „ist für jeden Beschäftigten auf das unbedingt erforderliche Minimum zu beschränken.“ (§ 7 Abs.5 GefStoffV).

Die Rangfolge **Substitution** vor **Technischen Maßnahmen** vor **Organisatorischen Maßnahmen** vor **Persönlicher Schutzausrüstung** wird im Arbeitsschutz als das STOP-Prinzip bezeichnet.

## 2.5 Pflichten des nachgeschalteten Anwenders

Unter REACH hat der nachgeschaltete Anwender (z. B. Formulierer, gewerblicher Endanwender) ebenfalls Pflichten. Dazu gehört die Ermittlung geeigneter Maßnahmen zur Beherrschung der Risiken. Hierfür sind im Wesentlichen die übermittelten Sicherheitsdatenblätter heranzuziehen und ggf. eine eigene Stoffsicherheitsbeurteilung zu erstellen. Dabei ist die Rangfolge verschiedener Schutzmaßnahmen zu beachten (siehe Infobox zum STOP-Prinzip).

Wenn bereits ein Akteur in der Lieferkette einen Stoffsicherheitsbericht erstellen musste, hat der nachgeschaltete Anwender zu prüfen, ob seine Verwendungsbedingungen durch die Expositionsszenarien im erweiterten Sicherheitsdatenblatt abgedeckt sind. Diese Prüfung ist nicht immer einfach, auch wenn der Ersteller des Stoffsicherheitsberichts die Verwendung oder die Anwendungsbedingungen des nachgeschalteten Anwenders kennt und grundsätzlich in seine Expositionsszenarien aufgenommen hat. Es werden für die Expositionsabschätzung immer Annahmen gemacht, die in der realen Situation nicht zutreffend sein müssen. Einfache Beispiele sind die Konzentration des Stoffes oder die Raumgröße. Um die eigenen Verwendungsbedingungen oder Risikomanagementmaßnahmen mit dem Expositionsszenarium vergleichen zu können, gibt es die Möglichkeit des **Scalings**. Um dem nachgeschalteten Anwender das Scaling zu ermöglichen, sollten die Expositionsszenarien spezielle Angaben in Form mathe-

matischer Formeln enthalten, aus denen er durch Einsetzen seiner eigenen Verwendungsparameter ableiten kann, ob das Expositionsszenarium seine Verwendung abdeckt und diese somit als sicher anzusehen ist.

Falls die Verwendung nicht durch die Expositionsszenarien abgedeckt ist, muss der nachgeschaltete Anwender nicht zwangsläufig einen eigenen Stoffsicherheitsbericht erstellen. Voraussetzung dafür ist, dass die eigenen Verwendungsbedingungen und Risikominderungsmaßnahmen an die im Expositionsszenarium beschriebenen Bedingungen angepasst werden können.

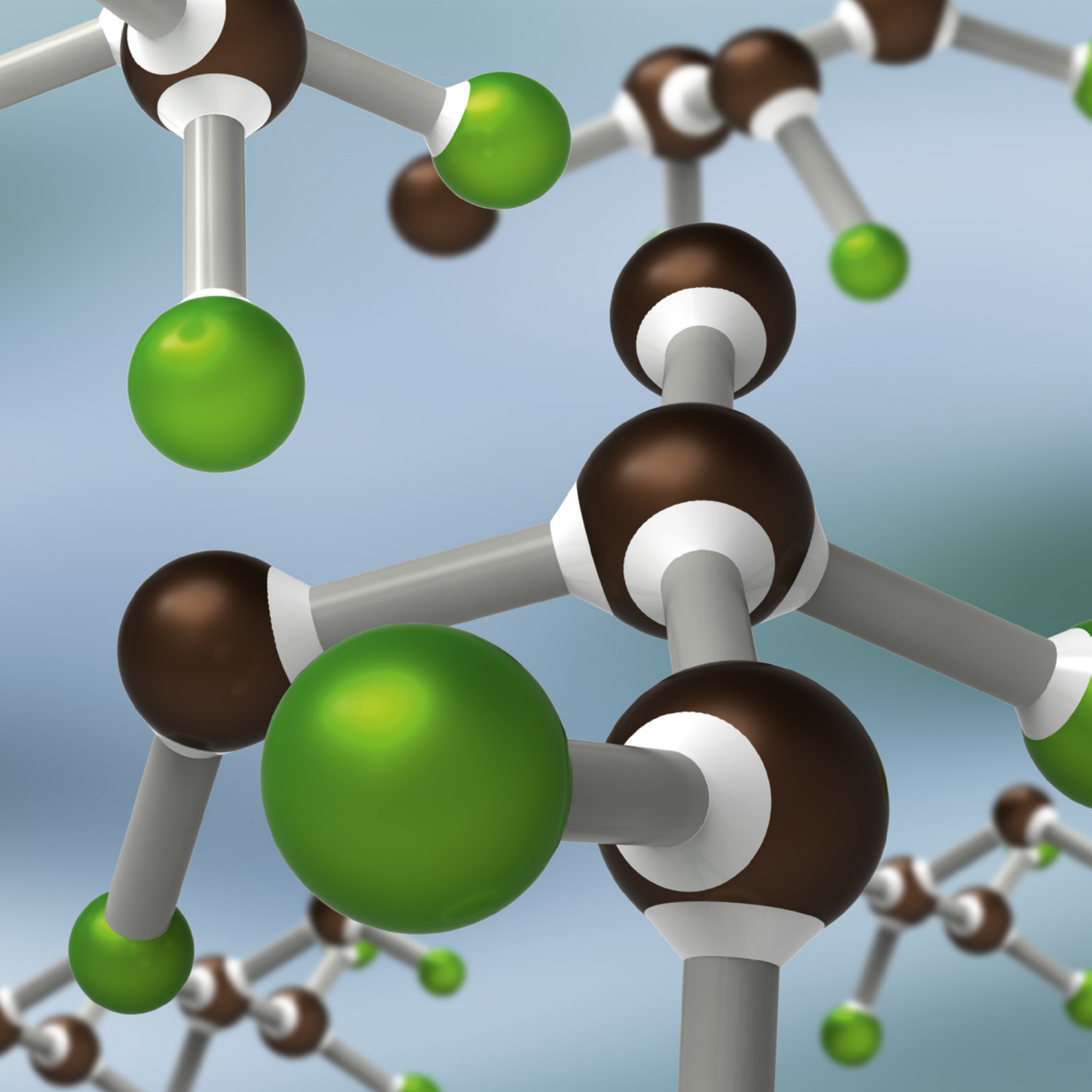
Es kann jedoch auch vorkommen, dass seine Verwendung grundsätzlich nicht abgedeckt ist. In diesem Fall hat ein nachgeschalteter Anwender prinzipiell zwei Möglichkeiten:

1. Er **meldet seine Verwendung** an seinen Lieferanten, damit sie zu einer identifizierten Verwendung wird. Jeder Lieferant innerhalb dieser Lieferkette kann die Information wiederum zu seinem Lieferanten weiterleiten oder selber eine Beurteilung der Verwendung vornehmen, in deren Ergebnis er ein Expositionsszenarium für diese Verwendung ausarbeitet (Artikel 37 Absatz 2) oder von der Verwendung abrät. Wird die Information über diese Verwendung bis zum Hersteller oder Importeur weitergeleitet, so kann dieser die Verwendung einbeziehen und eine Beurteilung vornehmen. Nachdem ein Akteur der Lieferkette die Beurteilung vorgenommen hat, ergänzt er den Stoffsicherheitsbericht und das Sicherheitsdatenblatt entsprechend.

2. Wenn z. B. Betriebsgeheimnisse betroffen sind, kann sich der nachgeschaltete Anwender entscheiden, die Verwendung nicht an seinen Lieferanten zu melden. Er muss dann einen **eigenen Stoffsicherheitsbericht nach Anhang XII der REACH-Verordnung erstellen**, hat jedoch in diesem Fall lediglich die Expositionsabschätzung und Risikobeschreibung der eigenen Verwendung(en) durchzuführen. Die hierfür benötigten Expositionsszenarien können durchaus von den bereits vorliegenden abgeleitet werden, indem beispielsweise die Bedingungen oder Risikomanagementmaßnahmen entsprechend angepasst werden, sodass die Expositionsszenarien sichere Verwendungen beschreiben. Ausnahmen von dieser Verpflichtung werden in Artikel 37 Absatz 4 beschrieben.

Über die betreffende Verwendung, vorgenommene Änderung oder Erstellung des Stoffsicherheitsberichts (oder unter Umständen eine Berufung auf bestimmte Ausnahmen nach Artikel 37 Absatz 4) ist die ECHA zu informieren.

Wenn der Lieferant eines Stoffes ausdrücklich von einer Verwendung auf Grund des Schutzes der menschlichen Gesundheit oder der Umwelt **abrät**, sollte der nachgeschaltete Anwender genau prüfen, ob ein Einsatz dieses Stoffes noch gerechtfertigt ist. Will oder kann er nicht auf den Stoff verzichten, so muss er eine eigene Stoffsicherheitsbeurteilung durchführen und Maßnahmen zur sicheren Verwendung ableiten. Auch in diesem Fall ist er verpflichtet, diese Verwendung der ECHA zu melden.





# 3 Expositionsabschätzung – Ziele und Methoden

## 3.1 Exposition und Risikobewertung

Jedes Expositionsszenarium für einen Arbeitsplatz enthält eine Abschätzung der Belastung mit dem jeweiligen Stoff, dem ein Arbeitnehmer während seiner Tätigkeit ausgesetzt ist und den er potentiell aufnehmen kann. Für die inhalative Exposition wird dies im Allgemeinen in Form einer Luftkonzentration (z. B. in mg/m<sup>3</sup> oder ppm), für die dermale Exposition als Stoffmenge auf der Haut (z. B. µg/cm<sup>2</sup>) angegeben. Üblicherweise bezieht sich die Abschätzung auf den Schichtmittelwert, d. h. die über einen 8-stündigen Arbeitstag gemittelte Exposition. Für kürzere Expositionszeiten werden oft auch Kurzzeitwerte (z. B. für 15 Minuten der entsprechenden Tätigkeit) abgeschätzt.

Eine sichere Verwendung des Stoffes wird dadurch nachgewiesen, dass die Menge des Stoffes, der ein Arbeitnehmer ausgesetzt ist, unterhalb des spezifischen Referenzwert (OEL/IOEL- oder DNEL) liegt. Dies wird durch den Risikoquotienten „Risk Characterization Ratio“ (RCR) ausgedrückt. Der RCR muss kleiner als 1 sein – je kleiner der Wert ist, desto geringer ist das Risiko.

$$RCR = \frac{\text{Exposition (gemessen oder abgeschätzt)}}{\text{Referenzwert (IOEL/OEL, DNEL)}}$$

Sowohl für die dermale als auch für die inhalative Belastung wird je ein RCR berechnet. Beide Werte werden zur Bestimmung des „Gesamt-RCR“ addiert. Dieser „Gesamt-RCR“ wird im Stoff-sicherheitsbericht als „**RCR combined routes**“ aufgeführt und bezieht sich nur auf die Exposition am Arbeitsplatz. In Fällen, in denen Personen einem Stoff sowohl als Arbeitnehmer als auch als Verbraucher, d. h. als Konsument oder über die Umwelt, ausgesetzt sein können, wird ein weiterer RCR berechnet. Dieser wird im Stoffsicherheitsbericht als „**combined RCR**“ bezeichnet.

## Info

**Exposition und DNELs**

Abhängig von den toxikologischen Eigenschaften eines Stoffes werden bestimmte Richtwerte, wie z. B. der DNEL, abgeleitet und mit der Exposition am Arbeitsplatz verglichen. Bei DNEL-Werten wird unterschieden zwischen dem Expositionspfad, der Expositionsdauer und der Wirkweise bzw. dem „Wirkort“ des Stoffes. Die entsprechenden Einordnungen sind in der folgenden Tabelle dargestellt.

<b>Expositionsweg</b>	oral (bei Arbeitnehmersexposition nicht relevant, da durch Hygienemaßnahmen vernachlässigbar)	
	inhalativ	
	dermal	
<b>Expositionsdauer</b>	akut	Effekt tritt bereits nach einmaligem Kontakt mit dem Stoff (innerhalb eines kurzen Zeitraums) auf
	chronisch	Effekt tritt nach mehrmaliger Aufnahme des Stoffes (über einen längeren Zeitraum) auf
<b>„Wirkort“ des Stoffes</b>	lokal	Stoff wirkt am Ort des Erstkontaktes
	systemisch	Stoff wirkt unabhängig vom Aufnahmeweg, z. B. an einem bestimmten Zielorgan

**Beispiel:**

Im Rahmen einer Synthese im industriellen Umfeld muss eine Probe entnommen werden. Dabei kommt es kurzzeitig zu einer erhöhten dermalen und inhalativen Belastung gegenüber einem bestimmten Stoff (eine sogenannte „peak exposure“). Um akute Auswirkungen des Stoffes zu berücksichtigen (z. B. Ätzwirkung von Natronlauge, Giftigkeit von Blausäure), muss diese Belastung im entsprechenden Expositionsszenarium für jeden Expositionsweg quantifiziert und mit den entsprechenden Referenzwerten DNEL akut, dermal und DNEL akut, inhalativ verglichen werden. Dabei werden zunächst die jeweiligen RCR berechnet, die dann wie folgt in den „Gesamt-RCR“ eingehen:  $RCR_{\text{akut, gesamt}} = RCR_{\text{akut, dermal}} + RCR_{\text{akut, inhalativ}}$

### 3.2 Expositionsdaten – Messwerte und Analogieschlüsse

Für die Aussagekraft von Daten, die bei einer Expositionsabschätzung verwendet werden, gilt im Allgemeinen die folgende Hierarchie:

- 1) gemessene Daten von hoher Qualität (d. h. insbesondere repräsentativ und belastbar)
- 2) Analogieschlüsse unter Berücksichtigung von gemessenen Daten
- 3) Modelle

Die tatsächliche Exposition am Arbeitsplatz wird am besten durch Messungen des betreffenden Stoffes am betreffenden Arbeitsplatz wiedergegeben – sofern diese qualitativ hochwertig, d. h. repräsentativ und belastbar sind. Dies ist der Fall, wenn Messungen bei der relevanten Expositionssituation mit anerkannten Methoden<sup>3</sup> und guter Dokumentation durchgeführt wurden. Liegen solche Messungen nicht vor, ist es auch möglich, mit Hilfe von Analogieschlüssen vorzugehen. Als Basis hierfür können z. B. hochwertige Datensätze verwendet werden, die an vergleichbaren Arbeitsplätzen und mit Stoffen, die ähnliche Eigenschaften besitzen, erhoben wurden. Ein Analogieschluss ist insbesondere möglich, wenn die expositionsbestimmenden Größen für Stoffe oder Verfahren näherungsweise gleich sind.

<sup>3</sup> z. B. nach R. Hebisch und U. Poppek, Empfohlene Analysenverfahren für Arbeitsplatzmessungen: Dokumentation, Wirtschaftsverlag N. W. Verlag für neue Wissenschaft, Bremerhaven, 2008.

#### Beispiel

Ein pulverförmiger Stoff A mit hohem Schmelz- und Siedepunkt wird in einem Betrieb in 1-Propanol (Siedepunkt 97 °C) suspendiert. Die maximale Luftkonzentration von Stoff A (als Staub) und von 1-Propanol ist über umfangreiche Messungen an der Person nach anerkannten Methoden dokumentiert und damit für die Abschätzung inhalativer Exposition in diesem Arbeitsschritt geeignet. Für eine andere Rezeptur muss ein ähnlicher Stoff B mit gleichem Staubungsverhalten in Ethanol (Siedepunkt 78 °C) suspendiert werden.

Die inhalative Exposition gegenüber Stoff B über Stäube kann als Analogieschluss aus den oben beschriebenen Messungen abgeleitet werden (mit Dokumentation und Begründung). Die inhalative Exposition gegenüber Ethanol kann jedoch nicht übertragen werden, da der Unterschied der beiden Siedepunkte und damit auch jener der Dampfdrücke (expositionsbestimmende Größe) zu groß ist.

Zusätzlich ist ein älterer Messwert der Ethanolkonzentration in der Luft bekannt, jedoch ohne genauere Angaben zu Methode, Anzahl der Messpunkte und Arbeitsbedingungen. Dieser ist daher ebenfalls ungeeignet. Es müssen entweder neue Messungen oder eine Modellabschätzung durchgeführt werden.

Nach kritischer Betrachtung können auch Messwerte geringerer Qualität die Expositionsabschätzung unterstützen. Die entsprechenden Anforderungen und Normen werden im ECHA-Dokument „Guidance on information requirements and chemical safety assessment: Chapter R.14“ erläutert. Darüber hinaus bieten die TRGS 401 „Gefährdung durch Hautkontakt – Ermittlung, Beurteilung, Maßnahmen“ sowie die TRGS 402 „Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition“ wertvolle Anleitungen, wie die Exposition am Arbeitsplatz bestimmt werden kann.

In der Praxis existieren nur selten ausreichende experimentelle Datensätze, auf deren Basis eine Expositionsbewertung möglich ist. Daher werden häufig Modelle zur Expositionsabschätzung verwendet, die letztendlich auf experimentellen Werten beruhen. Einen Überblick über verfügbare Modelle liefert der nachfolgende Abschnitt dieser Broschüre.

### 3.3 Expositionsmodelle

Liegen für eine Expositionssituation keine Messwerte vor und können auch keine Messwerte durch Analogieschlüsse übertragen werden, so wird in der Regel auf Expositionsmodelle zurückgegriffen. Zu unterscheiden ist hierbei zwischen den **Modellen**, die z. B. verschiedene Annahmen, mathematische Vorgehensweisen und hinterlegte (Mess-)Daten beinhalten und den **Werkzeugen** (Tools), mit deren Hilfe die zugehörigen Modelle für die Expositionsabschätzung verwendet werden können. In der Regel stehen die Werkzeuge als Computerprogramme zur Verfügung.

Zur Expositionsabschätzung mittels Modellen wird meist ein **gestufter Ansatz** (engl. „tiered approach“) verfolgt. Modelle der ersten Stufe (Tier 1) stellen eine deutliche Vereinfachung der realen Expositionssituation dar und sind deshalb grundsätzlich so konzipiert, dass sie ein konservativeres Ergebnis liefern als die anderen Ansätze. Konservativ meint hierbei, dass die Abschätzung einer Expositionssituation bewusst hoch ausfällt und das Risiko daher tendenziell überschätzt wird. Braucht ein Anwender eine realistischere Abschätzung, um die sichere Verwendung nachzuweisen, so kann er hierfür auf Modelle höherer Stufe (Tier 2) zurückgreifen. Die Trennung zwischen Tier 1 und Tier 2 ist nicht immer eindeutig. So werden teilweise auch Modelle, die im nachfolgenden Abschnitt als Modelle erster Stufe aufgeführt sind, für die Berechnung verfeinerter Abschätzungen verwendet, die dann häufig ebenfalls als Tier-2-Abschätzungen bezeichnet werden. Solche

Verfeinerungen betreffen insbesondere die Einbeziehung von Schutzmaßnahmen.

Da mit jeder Stufe die Komplexität der Modelle, die benötigte Expertise und die Anzahl spezifischer Eingabeparameter steigt, wird die Expositionsabschätzung in der Regel mit Modellen der ersten Stufe begonnen und nur soweit verfeinert oder mit Modellen höherer Stufe durchgeführt, bis die sichere Verwendung nachgewiesen werden kann.

### 3.3.1 Expositionsmodelle erster Stufe (Tier 1)

#### 3.3.1.1 EMKG-Expo-Tool

Das EMKG-Expo-Tool als elektronisches Abschätzungsinstrument für Exposition am Arbeitsplatz liegt als eigenständiges Softwaretool vor (Abb. 1) und kann auf der Internetseite der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) heruntergeladen werden. Das Tool ist einfach strukturiert und besonders gut geeignet, um auf schnelle Weise sichere von bedenklichen Arbeitsplatzsituationen zu unterscheiden und um eine konservative, quantitative Abschätzung zu liefern. Das EMKG-Expo-Tool geht auf die „Control of Substances Hazardous to Health (COSHH)-Essentials“ der britischen Health and Safety Executive (HSE) zurück und folgt, wie diese, dem sogenannten Control Banding-Ansatz. „Control Banding“ bedeutet, dass die expositionsbestimmenden Größen in Bereiche und Gruppen (den Bändern) zusammengefasst werden (Abb. 2). Die Grenzen des Modells sind im Tool selbst erläutert und müssen vor der Anwendung beachtet werden.

#### Info

##### Einheiten, Umrechnung

Für die Angabe der inhalativen Exposition bzw. der entsprechenden toxikologischen Richtwerte werden die Einheiten [ppm] oder [mg/m<sup>3</sup>] verwendet. Wird das ideale Gasgesetz als Näherung verwendet, ist die Umrechnung der Werte – zum Beispiel bei der Berechnung einer akuten Exposition bei 25 °C – wie folgt vorzunehmen:

$$C \left[ \frac{\text{mg}}{\text{m}^3} \right] = c [\text{ppm}] \frac{\text{molare Masse}}{24,45}$$

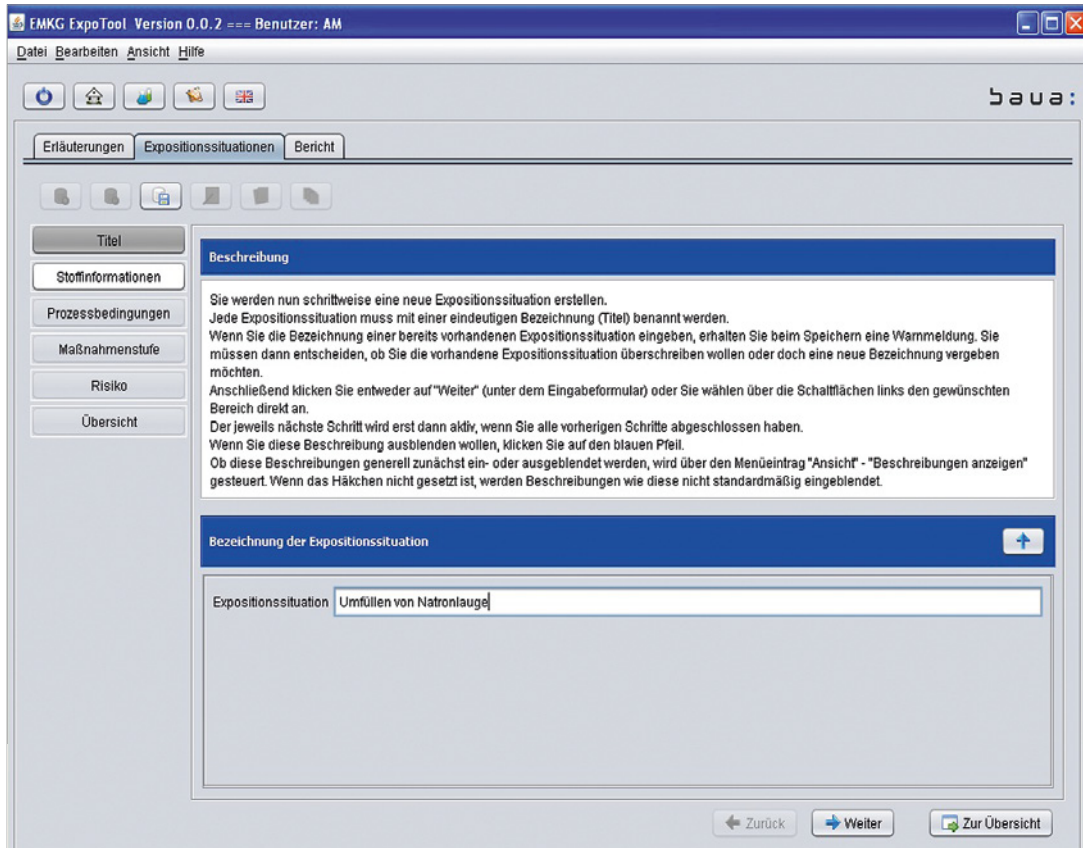
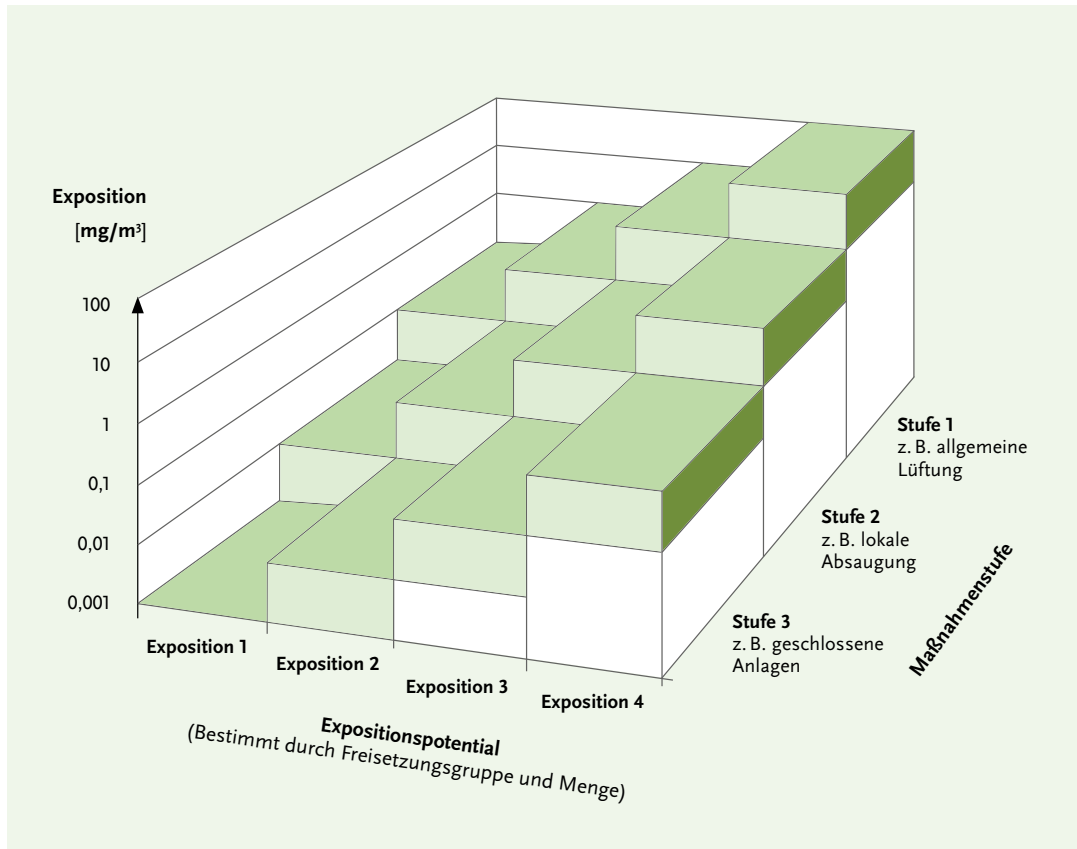


Abb. 1 Beispiel zum Erstellen einer Expositionssituation im EMKG-Expo-Tool

### Anwendung des EMKG-Expo-Tools

Das Tool hat je eine Eingabemaske für Feststoffe und für Flüssigkeiten. Eine Expositionssituation wird bei der Eingabe in das Arbeitsblatt in Form von Bändern der drei Kategorien **Freisetzungsguppe, Menge und Kontrollstrategie** dargestellt. Die Freisetzungsguppe wird entweder über das Staubungsverhalten (für Feststoffe) oder über den

Dampfdruck bei entsprechender Prozesstemperatur (für Flüssigkeiten) definiert und entspricht dem Freisetzungsverhalten „niedrig“, „mittel“ oder „hoch“. Die (manchmal schwierige) Einschätzung des Staubungsverhaltens wird durch einige Hinweise unterstützt. So müssen z. B. Granulate im Allgemeinen in die Freisetzungsguppe „niedrig“ einsortiert werden, feine, leichte Pulver dagegen



**Abb. 2** Expositionsbänder für Stäube und ihr Zusammenhang mit dem Expositionspotential und der Maßnahmenstufe

in die Gruppe „hoch“. Für Flüssigkeiten kann die Freisetzungsguppe automatisch aus dem Siedepunkt bei Normaldruck und der Prozesstemperatur errechnet werden.

Während die eingesetzte Menge des Stoffes, die sich auf die Menge während der Tätigkeit bezieht, meist bekannt ist und in den Bändern „klein“,

„mittel“ und „groß“ angegeben wird, stellt das Band der Maßnahmenstufe unter Umständen eine komplizierte Summe aus vielen Risikomanagementmaßnahmen dar. Um die richtige Auswahl der Maßnahmenstufe zu unterstützen, bezieht das Tool die **Schutzleitfäden** des EMKG direkt ein.

Die Schutzleitfäden sind für viele Standardverfahren in den drei Maßnahmenstufen (100er, 200er und 300er Reihe) verfügbar. Sie beinhalten mit steigender Stufe komplexere Maßnahmenpakete, um Exposition und Risiko zu verringern. In das Expositionsmodell, das dem EMKG-Expo-Tool zugrunde liegt, sind die in diesen Leitfäden gegebenen Maßnahmen integriert, sodass nur bei deren Beachtung eine gute Abschätzung gewährleistet ist. Zusätzlich berücksichtigt das Tool über entsprechende Schaltflächen eine kurze Anwendungsdauer (unter 15 Minuten) und für Flüssigkeiten die Applikation auf großen Flächen (über 1 m<sup>2</sup>).

Nach erfolgter Eingabe aller Parameter ermittelt das Tool zunächst das Expositionspotential und bestimmt daraus unter Einbeziehung der Maßnahmenstufe als Ergebnis ein Band bzw. einen Bereich für die Expositionshöhe (z. B. 0,1–1,0 mg/m<sup>3</sup>, siehe Abb. 2). Die obere Grenze des Expo-

sitionsbandes kann nun direkt mit dem DNEL oder anderen Referenzwerten verglichen werden, sodass daraus abgeleitet werden kann, ob die Verwendung des Stoffes unter diesen Bedingungen als sicher anzusehen ist. Liegt der DNEL unter der oberen Grenze des Expositionsbereiches, ist keine sichere Verwendung nachgewiesen und es muss eine Abschätzung höherer Stufe (Tier 2) durchgeführt werden (Abb. 3).

Ein besonderer Vorteil des Tools ist, dass über die zu wählende Maßnahmenstufe auch der praktische Maßnahmenbedarf ermittelt werden kann, der in den Schutzleitfäden festgehalten ist. Eine verbesserte Abstimmung der in den Schutzleitfäden genutzten Formulierungen mit den Kategorisierungssystemen unter REACH, wie z. B. den PROCs, wird für zukünftige Versionen angestrebt.

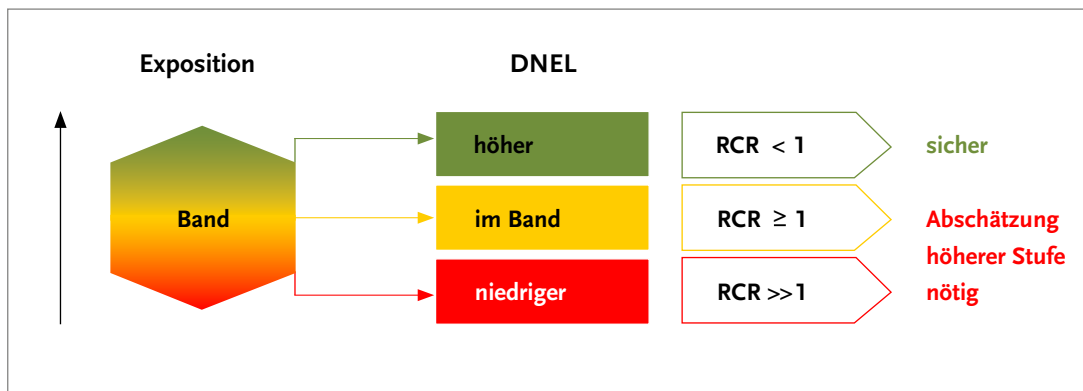


Abb. 3 Zusammenhang zwischen DNEL und den Abschätzungen des EMKG-Expo-Tools



**Stärken des EMKG-Expo-Tools:**

- Sehr einfache, benutzerfreundliche Struktur mit implementierter „Hilfe“-Funktion
- Schnelle, konservative Expositionsabschätzung mit wenigen Eingabeparametern
- Zusatzfunktionen wie Kurzzeitanwendungen und Flächenapplikation
- Schutzleitfäden sind für viele Standardanwendungen verfügbar. Das Tool kann so die Auswahl einer detaillierten Maßnahmenstrategie unterstützen.

**Einschränkungen für das EMKG-Expo-Tool:**

- Nur die inhalative Belastung wird abgeschätzt.
- Nicht zu verwenden für CMR-Stoffe, Gase sowie für Verfahren, bei denen Stäube (z. B. Schleifen) oder Rauch (z. B. Löten, Schweißen) gebildet werden.
- Der Control-Banding-Ansatz erlaubt nur eine sehr begrenzte Zahl an Eingabemöglichkeiten. So geht das Tool von einer Konzentration des Stoffes von 100 % aus, Arbeitszeiten können entweder kurz sein (< 15 Minuten) oder eine ganze Schichtlänge betragen.
- Andere Risikomanagementmaßnahmen als die in den Schutzleitfäden beschriebenen können im Modell nicht berücksichtigt werden.

**Nutzbarkeit und Empfehlung für das EMKG-Expo-Tool:**

Das Tool ist unter REACH insbesondere für ein schnelles Screening zu empfehlen. Es ermöglicht eine gute qualitative Einschätzung, an welcher Stelle der Umgang mit Stoffen problematisch sein kann, und liefert eine quantitative Expositionsab-

schätzung für den Vergleich mit Referenzwerten wie dem DNEL.

**Beispiel für das EMKG-Expo-Tool**

Bei der Herstellung einer Anstrichfarbe werden drei Stoffe als Komponenten verwendet. Die Eigenschaften, welche die Freisetzungsgruppe bestimmen (Siedepunkt, Staubigkeit) und die DNEL-Werte sind in Tabelle 1 zusammengefasst. Für das eingesetzte Pigment sind ein pulverförmiges und ein dauerhaft staubungsfreies Gemisch (Granulat) verfügbar.

**Tabelle 1** Stoffe in der beispielhaften Farbrezeptur

Beispiel	
Komponente	Freisetzungsgruppe und DNEL
<b>Lösungsmittel (flüssig)</b>	Siedepunkt: 60 °C DNEL 100 ppm
<b>Pigment (fest)</b>	1) Pulver (mittlere Staubigkeit) 2) Pellet (geringe Staubigkeit) DNEL 0,5 mg/m <sup>3</sup>
<b>Additiv (flüssig)</b>	Siedepunkt: 200 °C DNEL 1 ppm

Tätigkeiten, für die eine Abschätzung durchgeführt werden muss, sind die Formulierung der Anstrichfarbe, was im Beispiel Wiegen, Befüllen des Kessels, Mischen, Probenahme und das anschließende Abfüllen des Produkts beinhaltet. Zusätzlich sollen Expositionswerte für großflächiges Verstreichen des Produkts auf Oberflächen, wie es von gewerblichen Abnehmern eingesetzt wird, abgeschätzt werden.

Zunächst muss die Maßnahmenstufe festgelegt werden. Eine schnelle Prüfung zeigt, dass bei den eingesetzten Mengen eine allgemeine Lüftung (Maßnahmenstufe 1) schon für den ersten Formulierungsschritt nicht ausreichend ist (Tabelle 2). Da die obere Grenze des Expositionsbereiches, den das EMKG-Expo-Tool als Ergebnis liefert, mit dem DNEL verglichen werden muss, ergeben sich RCR-Werte  $> 1$ , womit eine sichere Verwendung nach REACH nicht nachgewiesen wäre.

Entsprechen die Bedingungen den in den Schutzleitfäden der Maßnahmenstufe 2 beschriebenen Anforderungen, kann eine erneute Abschätzung mit den darin beschriebenen technischen Maßnahmen durchgeführt werden. Da bei den einzelnen Tätigkeiten unterschiedliche Mengen der Stoffe auftreten und die Betriebsbedingungen unterschiedlich sind, werden die Schritte „Wiegen, Befüllen und Mischen“, „Probenahme“ und „Abfüllung“ als beitragende Szenarien getrennt betrachtet. Aus den Ergebnissen (Tabelle 3) kann nun abgeleitet werden, dass eine sichere Verwendung gewährleistet ist, wenn das Pigment in weitgehend staubungsfreier Form (z. B. als Pellet) eingesetzt wird und die in den angegebenen Schutzleitfäden der 200er Reihe beschriebenen Schutzmaßnahmen umgesetzt sind.

Die Expositionsabschätzung für die gewerbliche Endanwendung des Produktes beinhaltet die Applikation auf Oberflächen  $> 1 \text{ m}^2$ . Daher ist anzunehmen, dass die inhalative Exposition erhöht ist. Das EMKG-Expo-Tool liefert in diesem Fall für das Lösungsmittel bei Verwendung über eine ganze

Schicht einen Wert für die Exposition von bis zu 500 ppm. Eine mögliche Lösung ist es, die Tätigkeit auf unter 15 Minuten je Schicht zu begrenzen, was im EMKG-Expo-Tool über die entsprechende Schaltfläche ausgewählt werden kann.

Probleme bereitet in diesem Beispiel außerdem das verwendete Additiv. Da es einen niedrigen DNEL hat, wären Risikomanagementmaßnahmen der Maßnahmenstufe 1 nicht ausreichend. Es muss daher entweder eine Substitution dieses Additivs, die Einbeziehung weiterer technischer Schutzmaßnahmen oder ggf. die Verwendung persönlicher Schutzmaßnahmen wie Atemschutz in Betracht gezogen werden.

**Tabelle 2** Expositionsabschätzung für die Verwendung „Formulierung“ mit Maßnahmenstufe 1 (hier: allgemeine Lüftung)

Expositionsszenarium	Beitragendes Szenarium	Schutzleitfäden	Komponente	Dauer	Menge	Exposition	RCR
Formulierung	Wiegen, Befüllen und Mischen	100 Allgemeine Lüftung – Mindestanforderungen	Lösungsmittel	8 h	> 1 m <sup>3</sup>	5–500 ppm	5
			Pigment (Pulver)	8 h	100 kg	1–10 mg/m <sup>3</sup>	20
			Pigment (Pellets)	8 h	100 kg	0,1–1 mg/m <sup>3</sup>	2
			Additiv	8 h	< 1 L	< 5 ppm	5

**Tabelle 3** Expositionsabschätzung für die Verwendung „Formulierung“ mit Maßnahmenstufe 2 (hier: verschiedene technische Maßnahmen)

Expositionsszenarium	Beitragendes Szenarium	Schutzleitfäden	Komponente	Dauer	Menge	Exposition	RCR
Formulierung	Wiegen, Befüllen und Mischen	200 Örtliche Absaugung	Lösungsmittel	8 h	> 1 m <sup>3</sup>	5–500 ppm	0,5
		208 Entleeren von Säcken					
		210 Beschicken von Kesseln aus Säcken oder Kleingebinden	Pigment (Pulver)	8 h	100 kg	0,1–1 mg/m <sup>3</sup>	2
		213 Entleeren von Fässern mittels Fasspumpe	Pigment (Granulat)	8 h	100 kg	0,01–0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,2
		214 Wiegen von Feststoffen	Additiv	8 h	< 1 L	< 0,5 ppm	< 0,5
		204 Staubentnahme aus Abscheidesystem					
		215 Mischen von Feststoffen mit anderen Feststoffen oder Flüssigkeiten					
	Probenahme	200 örtliche Absaugung	Lösungsmittel	< 15 min	< 1 L	0,5–5 ppm	0,05
			Pigment (feucht)	< 15 min	< 1 kg	0,001–0,01 mg/m <sup>3</sup>	0,02
			Additiv	< 15 min	< 1 L	< 0,5 ppm	< 0,5
	Abfüllen	200 örtliche Absaugung 212 Befüllen von Fässern	Lösungsmittel	8 h	50 L	5–50 ppm	0,5
			Pigment	8 h	50 kg	0,01–0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,2
			Additiv	8 h	< 1 L	< 0,5 ppm	< 0,5

Das Pigment ist im feuchten Zustand wegen seiner dann geringen Staubungsneigung unproblematisch. Wenn es aber nach dem Trocknen nicht auf der Oberfläche gebunden ist (z. B. eingetrocknete Farbreste auf Arbeitsmitteln), könnte es erneut Stäube ausbilden, so dass eine sichere Verwendung dann erneut nicht gegeben wäre (Tabelle 4).

Das obige Beispiel stellt nur ein mögliches Ergebnis der Expositionsabschätzung mit dem EMKG-Expo-Tool dar. Für die formale Erstellung eines REACH-Expositionsszenariums sind detaillierte Angaben zu den Risikomanagementmaßnahmen und Anwendungsbedingungen notwendig. Ein

allgemeiner Verweis auf die Schutzleitfäden ist nicht ausreichend.

### 3.3.1.2 ECETOC TRA 2.0 worker tool

Das „ECETOC TRA worker tool“ ist das bislang am meisten verwendete Modell zur Arbeitnehmer-Expositionsabschätzung unter REACH. Das European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (kurz „ECETOC“) ist eine nicht profitorientierte, wissenschaftliche Körperschaft der chemischen Industrie in Europa, in der alle wichtigen chemischen Industrieunternehmen der EU Mitglied sind. Das Kürzel „TRA“ steht für „Targeted Risk Assessment“; dabei handelt es sich um ein von ECETOC entwickeltes Expositions-

**Tabelle 4** Expositionsabschätzung für die „Verwendung als Anstrichfarbe“ mit Maßnahmestufe 1 (hier: allgemeine Lüftung).

Expositionsszenarium	Beitragendes Szenarium	Schutzleitfäden	Komponente	Dauer	Menge	Exposition	RCR
Verwendung als Anstrichfarbe	Verstreichen	100 Allgemeine Lüftung – Mindestanforderungen	Lösungsmittel	8 h	5 L	5–500 ppm	5
			Lösungsmittel	< 15 min	5 L	0,5–50 ppm	0,5
			Pigment (feucht)	8 h	5 kg	0,01–0,1 mg/m <sup>3</sup>	0,2
			Pigment (trocken)	< 15 min	5 kg	0,1–1 mg/m <sup>3</sup>	2
			Additiv	8 h	< 1 L	5–50 ppm	50
			Additiv	< 15 min	< 1 L	0,5–5 ppm	5

modell erster Stufe (Tier 1). ECETOC hat mit dem TRA drei eigenständige Module zur Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer, Verbraucher und die Umwelt entwickelt. Mit der Version 2.0, die bis zum Jahr 2012 von der Internetseite von ECETOC als eigenständige (Stand-alone-) Version bezogen werden konnte, wurden bereits zahlreiche Abschätzungen in den Expositionsszenarien der bisher eingereichten Registrierungs dossiers erstellt. Seit April 2012 wird die Software ausschliesslich als TRAM Version 3 zur Verfügung gestellt. Diese wird in Kapitel 3.3.1.3 beschrieben.

Bei ECETOC TRA Version 2.0 handelt sich um eine auf MS Excel® basierende Anwendung, die speziell vor dem Hintergrund der Anforderungen an die Registranten unter REACH entwickelt wurde. Die Ausrichtung auf REACH ist besonders an der Integration von Prozesskategorien (sogenannte „PROCs“) als Eingabeparameter erkennbar. Die PROCs decken sich weitgehend mit dem System der Verwendungsdeskriptoren, welches von der ECHA für die Standardisierung von Expositionsszenarien empfohlen wird. Der Ansatz des generischen Modells von ECETOC TRA beruht auf der Zuordnung von realen Messdaten aus Expositionsbändern zu spezifischen Eingangsparametern eines Expositionsszenariums, wie Stoffflüchtigkeit, PROC oder ggf. vorhandenen Risikominderungsmaßnahmen. Das ECETOC TRA-Modell liefert dann eine konservative Expositionsabschätzung („realistic worst case“) auf Grundlage eines Analogieschlusses zu entsprechend zugeordneten Messdaten mit ähnlichen Eingangsparametern.

### **Aufbau des Programms ECETOC TRA**

Das ECETOC TRA Version 2.0 worker tool beinhaltet insgesamt neun Tabellenblätter bzw. Registerkarten, deren Inhalte in Tabelle 5 zusammengefasst werden. Nach dem Öffnen der MS Excel®-Datei und der Zulassung von Makros sieht der Nutzer im Tabellenblatt die Eingabemaske „InputModule“ (Abb. 4). Beim ersten Start sind bereits Daten für einen fiktiven Beispielstoff („demosub1“) in die Eingabemaske eingetragen, um den Zugang zur Arbeitsweise mit dem Programm zu erleichtern.

### **Anwendung von ECETOC TRA**

Anwendungshinweise, die das schrittweise Vorgehen beschreiben, finden sich oben in der Eingabemaske „InputModule“; darüber hinaus befinden sich in den mit Fragezeichen markierten Feldern weitere Kommentare für die jeweiligen Parameter.

Zunächst müssen in den Bereich „Input parameters“ (Abb. 4) einige stoffspezifische Daten eingetragen werden: Name, CAS-Nummer, Molekulargewicht, ggf. Arbeitsplatzgrenzwerte sowie Angaben zur Flüchtigkeit.

Anschließend sollten im Abschnitt „Exposure Scenario Builder“ (Abb. 5) ein Kurztitel für ein Expositionsszenarium gewählt und eine entsprechende Verwendungskategorie (PROC) zugewiesen werden. Als Hilfe kann das Tabellenblatt „PROC“ herangezogen werden. Handelt es sich bei der gewählten Verwendungskategorie um eine nicht von vornherein als industriell oder gewerblich ausgewiesene PROC, so ist zudem

Input parameters			
6			
7	Substance Name	Orange 703-R	[?]
8	CAS Number	100-00-00	[?]
9	Molecular Weight		
10	Indicative Reference Value (Inhalation) mg/m <sup>3</sup>		3.5 [?]
11	Basis of the Inhalation Indicative Reference Value		[?]
12	Indicative Reference Value (Dermal) mg/kg bw/day		[?]
13	Basis of the Dermal Indicative Reference Value		[?]
14	Likelihood to become Airborne		
15	Is this substance Solid?	yes	[?]
16	Dustiness	m [?]	[?]
17	Volatility (Pa)		[?]
18	Exposure Scenario Builder		
19	Step 1 - Select a REACH Process descriptor [?]		
20	Enter a short scenario name	textiledye	[?]
21	Select a Process Category (PROC)	PROC 1	[?]
22	Industrial or Public Domain (Professional) Activity?	<input checked="" type="radio"/> Industrial Activity <input type="radio"/> Public Domain (Professional) Activity	[?]
23	Step 2 - Apply Exposure Modifiers (Operational Conditions)		
24	EM1 Ventilation		
25	Does this activity take place indoors or outdoors?	<input checked="" type="radio"/> Indoors <input type="radio"/> Outdoors	[?]
26	Is Local Exhaust Ventilation present ?	<input type="radio"/> No	[?]
27	EM2 Duration of Activity		
28	What is the Duration of the Activity?	15 mins - 1 hour [?]	[?]
29	EM3 Respiratory Protection		
30	What type of respiratory protection is used?	Respiratory protection is not used [?]	[?]
31	EM4 Use in Preparations		
32	Ora	Yes [?]	[?]
33	Select the concentration range (w/w)	> 25% [?]	Only relevant if the substance is used in a Preparation

Abb. 4 Eingabemaske („InputModule“) des ECETOC TRA Version 2.0

der Verwendungssektor („Industrial Activity“ oder „Public Domain (Professional) Activity“) anzugeben. Diese Option ist für einige Verwendungskategorien, die nur einem Sektor zugeordnet wurden, nicht möglich (z. B. „PROC 7 – Industrial spraying“, „PROC11 – Non industrial spraying“), um Fehleingaben zu verhindern.

Im zweiten Schritt kann die Expositionsabschätzung durch Auswahl verschiedener Faktoren bei den Verwendungsbedingungen weiter modifiziert werden. Die Wahl einer lokalen Absaugung ist allerdings nicht möglich, wenn zuvor die Verwendung im Freien festgelegt wurde; dies soll wiederum Fehleingaben minimieren.

**Tabelle 5** Überblick über die Tabellenblätter des ECETOC TRA Version 2.0

Tabellenblatt	Inhalt
„InputModule“	Eingabemaske
„fugacity“	Enthält Erklärungen zu den wählbaren Flüchtigkeitskategorien.
„Value look up“	Stellt die im Modell hinterlegten Expositionsblätter für die inhalative Belastung dar. Sie werden vom Modell, ausgehend von den in der Eingabemaske eingetragenen Parametern zur Prozesskategorie, dem Flüchtigkeitsband, dem Verwendungssektor (industriell oder gewerblich) und dem eventuellen Vorhandensein einer lokalen Absaugung, ausgewählt.
„PROC“	Listet die einzelnen Prozesskategorien auf.
„Duration of activity“	Hier sind die modifizierenden Faktoren hinterlegt, die aufgrund der angegebenen Tätigkeitsdauer in die Expositionsabschätzung eingehen.
„RPE“	RPE = „Respiratory protection efficiency“; das Tabellenblatt enthält die bei Verwendung persönlicher Atemschutzausrüstung angenommenen Schutzfaktoren.
„Mixtures“	Enthält die modifizierenden Faktoren für Gemische.
„Dermal“	Beinhaltet die im Modell hinterlegten Expositionsblätter für die dermale Exposition; es wird analog zur inhalativen Exposition im Tabellenblatt „Value look up“ verwendet.
„Stoffname (CAS-Nr.)“	Dieses Tabellenblatt, dessen Name sich aus dem Namen und der CAS-Nr. des in der Eingabemaske angegebenen Stoffes zusammensetzt (beim ersten Programmstart ist das „demosub1 (01-02-03)“), wird nach Betätigung der Schaltfläche „Copy Scenario Results to the Linear Report“ in der Eingabemaske erzeugt bzw. ergänzt. Es enthält die Ergebnisse der für den betreffenden Stoff vorgenommenen Expositionsabschätzungen.

Der Klick auf die Schaltfläche „Generate Report“ stellt das Ergebnis der Expositionsabschätzung mit den gewählten Parametern im grünen Kasten (Abb. 6) rechts neben der Eingabemaske auf dem gleichen Tabellenblatt dar. Die Darstellung der Ergebnisse neben dem Eingabefeld kann irritierend wirken, da dieses Ergebnisfeld mit den

Einträgen auch dann neben der Eingabemaske verbleibt, wenn die Schaltfläche „Clear Scenario“ betätigt wurde.

18 Exposure Scenario Builder	
19	<b>Step 1 - Select a REACH Process descriptor</b> <span style="float: right;">?</span>
20	Enter a short scenario name <input type="text" value="textiledye"/> <span style="float: right;">?</span>
21	Select a Process Category (PROC) PROC 1 <span style="float: right;">?</span>
22	Industrial or Public Domain (Professional) Activity? <input checked="" type="radio"/> Industrial Activity <input type="radio"/> Public Domain (Professional) Activity <span style="float: right;">?</span>
23	<b>Step 2 - Apply Exposure Modifiers (Operational Conditions)</b>
24	<b>EM1 Ventilation</b>
25	Does this activity take place indoors or outdoors? <input checked="" type="radio"/> Indoors <input type="radio"/> Outdoors <span style="float: right;">?</span>
26	Is Local Exhaust Ventilation present? <input checked="" type="radio"/> No <span style="float: right;">?</span>
27	<b>EM2 Duration of Activity</b>
28	What is the Duration of the Activity? <input type="text" value="15 mins - 1 hour"/> <span style="float: right;">?</span>
29	<b>EM3 Respiratory Protection</b>
30	What type of respiratory protection is used? <input type="text" value="Respiratory protection is not used"/> <span style="float: right;">?</span>
31	<b>EM4 Use in Preparations</b>
32	Ora <input type="text" value="Yes"/> <span style="float: right;">?</span>
33	Select the concentration range (w/w) <input type="text" value=" &gt; 25%"/> <span style="float: right;">Only relevant if the substance is used in a Preparation</span>
34	
35	<input type="button" value="Clear All"/> <input type="button" value="Clear Scenario"/> <input type="button" value="Generate Report"/> <input type="button" value="Copy Scenario results to the Linear Report"/>
36	
37	
38	
39	
40	

Abb. 5 ECETOC TRA-Eingabefeld „Exposure Scenario Builder“

Erst nachdem die Expositionsabschätzung durch Klick auf „Generate Report“ erstellt wurde, kann die Schaltfläche „Copy Scenario results to the Linear Report“ betätigt werden. Dadurch werden die Eingabeparameter und die berechneten Expositionswerte des Szenarios in ein eigenes, hinteres Tabellenblatt geschrieben. Diese „linearen Reports“ bleiben gespeichert und werden auch dann nicht gelöscht, wenn auf die Fläche „Clear All“ geklickt wird. Auf „Clear All“ sollte nur dann geklickt werden, wenn alle relevanten Expositionsszenarien mit einem Stoff durchmodelliert sind, da dadurch alle Eingaben, auch die Stoffspezifischen, gelöscht werden und nötigenfalls erneut eingegeben wer-

den müssen. Soll lediglich ein neues Szenario für den gleichen Stoff berechnet werden, so sorgt die Wahl der Schaltfläche „Clear Scenario“ dafür, dass nur die Daten im „Exposure Scenario Builder“ gelöscht werden.

#### Diskussion zum ECETOC TRA worker tool

Das ECETOC TRA worker tool soll als Expositionsmodell erster Stufe (Tier 1) eine konservative Abschätzung sowohl der inhalativen als auch der dermalen Belastung am Arbeitsplatz liefern. Es ist aufgrund des übersichtlichen Aufbaus leicht zu bedienen. Die mit dem ECETOC TRA erstellten Ergebnisse können in die Stoffsicherheitsbeurteilung



unter REACH mittels Verwendungsdeskriptoren übernommen werden, was insbesondere durch die Integration der PROCs bei der Wahl der Expositionsbedingungen erleichtert wird.

Allerdings ist die Wahl, ob ein Prozess einer industriellen oder gewerblichen Anwendung zuzuordnen ist, nicht immer eindeutig. In solchen Fällen wird empfohlen, die Eingabe „Public Domain (Professional) Activity“ (gewerblich) zu wählen, um eine hinreichend konservative Abschätzung sicherzustellen. Zudem wird die dermale Belastung bei vorhandener Absaugung (Auswahl von „Yes“ bei „Is Local Exhaust Ventilation present?“) in einigen Fällen deutlich unterschätzt, da das TRA für den Arbeitsplatz durch lokale Absaugungen z. T. eine Reduktion der dermalen Belastung um 90 % annimmt. Die ECHA rät daher für die Abschätzung erster Stufe, die Effektivität von lokalen Absaugungen bei der dermalen Exposition mit 0 (oder einem Wert deutlich unter 90 %) zu bewerten („Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilung“, Kapitel R 14: „Occupational exposure estimation“, S. 21f).

#### Stärken des ECETOC TRA worker tool:

- Das ECETOC TRA worker tool weist eine klare Strukturierung auf.
- Die Prozesskategorien (PROCs) zur standardisierten Beschreibung der Stoff-Verwendungen sind als Eingabeparameter in das ECETOC TRA worker tool integriert.
- Das ECETOC TRA worker tool erlaubt sowohl die Abschätzung der inhalativen als auch der dermalen Belastung für jedes gewählte Szenario.

Worker Exposure report for Substance R1233zd (CAS NO. 102687-66-0) - Version 1.0	
High fugacity	Exposure Estimate (Units ppm)
<b>Exposure scenario (Reinigung in geschlossenen Systemen, industriell)</b>	
Process Category 8a -Transfer of chemicals from/to vessels/ large containers at non dedicated facilities.	
Public Domain (Professional) activity	
Initial Exposure Estimate	500
<b>Exposure modifiers</b>	
The activity takes place <b>Indoors</b>	
<b>Ventilation is present</b> with an assumed <b>efficiency of 80%</b>	100
The maximum duration of the activity is <b>&lt; 15 mins</b>	10
<b>Respiratory protection is not used</b>	10
Is this substance part of a preparation? No	
Assessment factor applied is 1	10
<b>The Inhalative Exposure Estimate for this Exposure Scenario is</b>	<b>10 ppm</b>
Dermal exposures may arise from this Exposure Scenario and assuming a maximal exposed skin area	960 (sq cm)
are estimated at	<b>0,1371 mg/kg/day</b>

Abb. 6 Ergebnisfeld der ECETOC TRA-Expositionsabschätzung

- Die Dauer der jeweiligen Tätigkeit/Verwendung wird als expositionsbeeinflussende Größe einbezogen.
- Die Expositionsszenarien basieren sowohl auf dem EASE-Modell („Estimation and Assessment of Substance Exposure“) der HSE wie auch auf Expertenwissen von industriellen Akteuren.
- Sowohl die Art der jeweiligen Prozesse als auch der Verwendungssektor (industriell oder gewerblich) werden zur Abschätzung der Effektivität einer ggf. vorhandenen lokalen Absaugung mit einbezogen.

- Der prozentuale Anteil eines Stoffes in einem Gemisch kann zur Abschätzung der inhalativen Belastung einbezogen werden.
- Die Effektivität von persönlicher Atemschutz-ausrüstung kann zur Abschätzung der inhalativen Belastung einbezogen werden.
- Die Ergebnisse der Abschätzung können für eine spätere Bearbeitung gespeichert werden.
- Mehrere Szenarien können gleichzeitig berechnet werden.
- Das ECETOC TRA-Modell für Arbeitnehmer liefert eine Expositionsabschätzung erster Stufe (Tier 1). Es ist daher bewusst in Umfang und Detailliertheit begrenzt.
- Es gibt keine Einbindung von persönlicher Schutzausrüstung bei der Abschätzung der dermalen Belastung.
- Die Art der Schutzausrüstung, die ein bestimmtes Maß an Expositionsminde rung liefern soll, wird im Modell nicht beschrieben oder aufgeführt.
- In einigen Fällen wird die dermale Belastung bei Vorhandensein einer lokalen Absaugung unterschätzt (im Vergleich zu Messdaten wie z. B. aus dem RISKOFDERM-Projekt; siehe Kapitel 3.3.2.3). Vor diesem Hintergrund sollte die Abschätzung der dermalen Belastung auf erster Stufe ohne lokale Absaugung vorgenommen werden.

**Schwächen des ECETOC TRA worker tool:**

- Die Unterscheidung zwischen „industrieller“ und „gewerblicher“ Verwendung ist nicht immer klar<sup>4</sup>.
- Die eingesetzte Menge an Produkten kann nicht in die Abschätzung einbezogen werden.
- Die berücksichtigten operationellen Bedingungen und Risikominderungsmaßnahmen sind begrenzt; z. B. besteht keine Möglichkeit, zwischen automatisierten (ferngesteuerten) und manuellen Prozessen zu unterscheiden.
- Der prozentuale Anteil eines Stoffes in einem Gemisch geht nicht in die Berechnung der dermalen Belastung ein. Ebenso wird der Prozentanteil bei Feststoffen nicht berücksichtigt.

Trotz dieser Einschränkungen ist das ECETOC TRA worker tool – unter Beachtung der oben genannten Punkte – geeignet für eine Expositionsabschätzung erster Stufe unter REACH. Zurzeit wird es als das meist verwendete Modell erster Stufe für die Registrierungen unter REACH genannt. Aufgrund seiner Umsetzung in MS Excel® bietet es zudem die Möglichkeit, verschiedene Szenarien in einer Datei zu bearbeiten und zu speichern. Dies kann sehr hilfreich für die anschließende Aufbereitung der Ergebnisse sein.

<sup>4</sup> In vielen Fällen ist die Wahl eindeutig. Es kann jedoch Situationen geben, in denen dieser Unterschied nicht offensichtlich ist, wie z. B. bei Sprühlackierungen in einer Kfz-Karosseriewerkstatt, Reparatur- und Bauarbeiten an einer Industrieanlage oder Arbeiten in einer kleinen Holzverarbeitungsfabrik. Weiterführende Informationen hierzu liefert der ECETOC-Report 107.

### 3.3.1.3 ECETOC TRAM Version 3

Seit April 2012 wird die Software ausschließlich als „TRAM Version 3“ von ECETOC auf deren Internetseite zur Verfügung gestellt. Auch hier erfolgt die Umsetzung in englischer Sprache als eine Anwendung, die unter MS Excel® (unter Zulassen von Makro-Funktionen) geöffnet werden kann. Ein eigenständiges Modul ausschließlich zur Abschätzung der Arbeitnehmerexposition („Worker tool“) wird nicht mehr als eigenständige (Stand-alone-) Variante unterhalten. Stattdessen ist nur eine integrierte Version vorhanden, in der die Module zur Abschätzung der Arbeitnehmer-, Verbraucher- und Umweltexposition gemeinsam zu bedienen sind. Hierdurch wirkt das Programm zunächst unübersichtlicher als das TRA 2.0, was sich nicht zuletzt durch die insgesamt 9 MS Excel®-Dateien zeigt, die automatisch durch das Hauptprogramm in der Datei „ecetocTRAM.xls“ geöffnet werden. Die Eingabemaske (sie wird in der Version 3 als „Interface“ bezeichnet) wurde grundlegend verändert, da vor allem die entsprechenden Eingabebereiche für die Parameter zur Abschätzung der Verbraucher- und Umweltexposition hinzugekommen sind. In seinem logischen Aufbau und dem grundsätzlichen Vorgehen entspricht das Model aber weitestgehend der Vorgängerversion.

Um die Arbeitnehmerexposition abzuschätzen, werden zunächst Daten zur Stoffidentität (Substanzname, CAS-/EC-Nummern, Art der Verwendung, physikalisch-chemische Eigenschaften) eingegeben. Pflichtfelder, deren Eingabe für die Abschätzung notwendig ist, sind gelb hervorgehoben, während Felder, die optionale Eingabe-

möglichkeiten bieten, hellblau markiert sind (Abb. 7 und 8).

Anschließend werden die Parameter für die Expositionsszenarien eingegeben. Inhaltlich entsprechen diese der Eingabe im ECETOC TRA Version 2.0, lediglich die Anordnung der einzelnen Elemente ist unterschiedlich. Das ECETOC TRAM Version 3 erlaubt die parallele Eingabe von bis zu 15 verschiedenen Szenarien (Auswahl verschiedener PROCs bei entsprechenden Modifikationen der Verwendungsbedingungen, wie Stoffkonzentration, Dauer, Risikomanagementmaßnahmen, etc). Im untersten Eingabebereich für Arbeitnehmer können toxikologische Referenzwerte, z. B. inhalative und dermale DNELs, eingetragen werden.

Nach Eingabe der relevanten Parameter können Abschätzungen entweder zu einem der Bereiche „menschliche Gesundheit“ oder „Umwelt“ gesondert oder zusammen durchgeführt werden. Das ECETOC TRAM Version 3 erlaubt dabei die Abschätzung von bis zu 15 Szenarien in einem manuellen Modus („manual mode“), bei dem die Berechnungen jeweils einzeln durchgeführt und gespeichert werden. Diese Vorgehensweise erlaubt die Anpassung aller vorgegebenen Modifizierungsmöglichkeiten für die Arbeitnehmer-, Verbraucher- und Umweltexposition. Oder es können bis zu 60 Szenarien nacheinander im Stapelverarbeitungsmodus („batch mode“) abgeschätzt werden, wobei dieser Modus noch weitergehende Eingabemöglichkeiten zur Abschätzung der Umweltexposition ermöglicht. Die Abschätzung im „manual mode“ wird durch Klick auf eines der

**ECETOC TARGETED RISK ASSESSMENT MODEL**

**General workflow:**

STEP 1: Identification of substance, use and assessment

STEP 2: Input of physical-chemical parameters

STEP 3: Set-up assessments (select one or more):

- a Human Health - Workers
- b Human Health - Consumers
- c Environmental

STEP 4: Safe assessment set-up to database or load from database



[Step 1 - Identification](#)

[Step 2 - PC data](#)

[Step 3a - worker assessment](#)

[Step 3b - consumer assessment](#)

[Step 3c - environmental assessment](#)

---

**DISCLAIMER**

Please note that this tool is provided for your personal use only. It should not be copied or forwarded to third parties. The tool has been subjected to thorough testing. Despite this, ECETOC does not guarantee that the ECETOC TRA tool works error-free. The tool contains SPERC content, which has been provided by third parties. ECETOC is making this tool available for users to aid them in the risk assessment of their materials. ECETOC offers no warranty either to the reliability of the tool and of the provided information or to the conclusions or assumptions made by any user on the basis of the use of this tool or the use of such information. All usage is at the discretion of the user and ECETOC is not liable for any consequences resulting from such use.

---

**Operation mode:**

manual/batch (m/b) automatically set by system:

**Manual:**

Read ECETOC substance from database:

CAS Number:

Ecetoc Substance Number retrieved:

to be saved as Ecetoc Substance Number:

**Batch:**

Ecetoc Substance Number being processed:

Batch mode extends the number of scenarios per substance from 15 to 60. Entries need to be in the datasheets (direct entries on datasheets or from user interface by the Save function). The release estimation for the environment is also extended beyond ERCs and spERCs to three additional "TIER II" approaches.

**Entry guidance:**

**Mandatory entries** (yellow)

**Optional entries** (light blue)

Read substance info from data base (for manual input via interface)

Run model with the input data from the interface (output also on interface)

Save as new substance in database

Run model using batch mode from database. From substance #  to substance #

Select Standard or Advanced version of the batch mode:

Note: Advanced mode shows more detailed results for the assessment (e.g. PECregional) - compare output list on data below. It is also required to derive PNEC by the model based ecotoxicological data inputs in the datasheets (line 188).

---

**Identification of Substance**

<b>SUBSTANCE (USE A UNIQUE NAME FOR EACH SUBSTANCE)</b>	<input type="text" value=""/>	<b>SU</b>	<input type="text" value=""/>	<b>Identification of use</b>	<input type="text" value=""/>
General description/name	<input type="text" value=""/>			Assessment identifier	<input type="text" value=""/>
CAS no.	<input type="text" value=""/>			Assessment date	<input type="text" value=""/>
EC no.	<input type="text" value=""/>			Comments	<input type="text" value=""/>

Abb. 7 Ausschnitt des oberen Teils der TRAM-Eingabemaske „Interface“

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	
<b>Identification of Substance</b>												
28	SUBSTANCE (USE A UNIQUE NAME FOR EACH SUBSTANCE)		<input type="text" value="dehp"/>		Identification of use	<input type="text" value=""/>						
29	General description/name				Assessment identifier	<input type="text" value=""/>						
30	CAS no.		<input type="text" value="117-81-7"/>		Assessment date	<input type="text" value=""/>						
31	EC no.		<input type="text" value=""/>		Comments	<input type="text" value=""/>						
32												
33												
34												
35												
36												
37	<b>Physical-chemical properties - minimum input for Human Health and Environmental Assessment</b>											
38												
39	Molecular weight	<input type="text" value="390.56"/>	g.mol <sup>-1</sup>								comments:	
40	Vapour pressure (Pa OR hPa)	<input type="text" value="0.001"/>	Pa	conversion	<input type="text" value="0.001"/>	VP [Pa]	at °C	<input type="text" value=""/>			-> HH and env	
41	Water solubility	<input type="text" value="0.1"/>	mg.L <sup>-1</sup>	conversion	<input type="text" value=""/>		at °C	<input type="text" value=""/>			-> HH and env	
42	Partition coefficient octanol-water (K <sub>ow</sub> OR Log(K <sub>ow</sub> ))	<input type="text" value=""/>			<input type="text" value="1.00E+08"/>	K <sub>ow</sub> [-]					-> Env	
43	Biodegradability test result	<input type="text" value="readily biodegradable"/>									-> Env	
44	Chemical class for K <sub>oc</sub> -QSAR	<input type="text" value=""/>									-> Env	
45	K <sub>oc</sub> (L.kg <sup>-1</sup> ) OR Log(K <sub>oc</sub> )	<input type="text" value=""/>	K <sub>oc</sub>					<input type="text" value=""/>			-> Env	
46	Partition coefficient K <sub>ow</sub> water	<input type="text" value=""/>	L.kg <sup>-1</sup>	optional - can be estimated by QSAR							-> Env	
47	Partition coefficient K <sub>ow</sub> soilwater	<input type="text" value=""/>	L.kg <sup>-1</sup>	optional - can be estimated by QSAR							-> Env	
48	Partition coefficient to suspended solids	<input type="text" value=""/>	L.kg <sup>-1</sup>	optional							-> Env	
49												
50	Additional physico-chemical parameter input for refined environmental assessment (TIER 2)						<a href="#">Input of additional PC data - go to row 165 of datasheets</a>					

Abb. 8 TRAM-Interface, Ausschnitt für die Eingabe der Stoffeigenschaften

Human Health Assessment - Workers											
No.	Scenario name	Process Category (PROC)	Type of setting (PROC 7 and 22 always industrial, PROC 11 and 20 always professional)	Is substance a solid? (yes/no)	Dustiness of solids OR VP of volatiles (Pa) at process temperature (clear entries if you change column F to "No")	Duration of activity (hours/day)	Use of ventilation? (addresses outdoor use, LEV and general ventilation)	Use of respiratory protection and, if so, minimum efficiency?	Substance in preparation? (applies to inhalation and dermal for volatiles and solids)	Consider Local dermal exc. (conservat) is "No"	
1	CM	PROC 1	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV		5-25%	No	Yes
2	MF	PROC 2	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	90%	5-25%	No	Yes
3	MF	PROC 3	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	No	5-25%	No	Yes
4	Mix	PROC 5	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	95%	5-25%	Gloves APF 10	Yes
5	Mix	PROC 6	Industrial	No		1 - 4 hours	Indoors with LEV and good general ventilation	95%	5-25%	Gloves APF 10	Yes
6	TF	PROC 8b	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	95%	No	Gloves APF 10	Yes
7	Pr	PROC 9	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	95%	No	Gloves APF 10	Yes
8	Pr	PROC 14	Industrial	No		>4 hours (default)	Indoors with LEV and enhanced general ventilation	95%	5-25%	Gloves APF 10	Yes
9	Lab	PROC 15	Industrial	No		1 - 4 hours	Indoors with enhanced general ventilation	No	No	Gloves APF 10	Yes
10	LeM	PROC 21	professional	Yes	low	>4 hours (default)	Indoors with LEV	90%	<1%	No	No
11	HmW	PROC 24a	professional	Yes	low	>4 hours (default)	Indoors with LEV	90%	<1%	No	No
for debugging scenario no.		1									
PROC glossary (text descriptions for reference):			24a - High (mechanical) energy work-up of substances bound in materials and/or articles - ptcmp - Low Fugacity								
Manual entry of indicative reference values			Basis of reference value:			OR					
Reference value long-term inhalation - workers			1.6 mg.kg <sup>-1</sup> .day <sup>-1</sup>			mg.m <sup>-3</sup> (8-hour average)					
Reference value long-term dermal - workers			03 .Appl mg.kg <sup>-1</sup> .day <sup>-1</sup>			mg.m <sup>-2</sup> (15-minute average)					
Reference value short-term inhalation - workers											
Reference value long-term local dermal - workers			µg.cm <sup>-2</sup>								

Abb. 9 TRAM-Interface, Eingabebereich für die Expositionsszenarien für Arbeitnehmer

	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
Consider LEV for dermal exposure? (conservative default is "No")															
54	Long-term Inhalative Exposure Estimate (ppm for volatiles) / (mg/m3 for solids)		Long-term Dermal Exposure Estimate (mg/kg/day)		Short-term Inhalative Exposure Estimate (mg/m3)		Local Dermal Exposure Estimate (µg/cm2)		Risk Characterisation Ratio - Long-term Total Exposure						
55	#WERT!	#WERT!	3.43E-02	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	8,22E-07	8,22E-07	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
56	#WERT!	#WERT!	1,57E-01	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	3,29E-06	3,29E-06	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
57	#WERT!	#WERT!	6,86E-02	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	1,64E-06	1,64E-06	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
58	#WERT!	#WERT!	1,57E+00	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	3,29E-05	3,29E-05	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
59	#WERT!	#WERT!	2,74E+00	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	6,57E-05	6,57E-05	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
60	#WERT!	#WERT!	6,86E-01	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	1,64E-05	1,64E-05	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
61	#WERT!	#WERT!	6,86E-01	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	1,64E-05	1,64E-05	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
62	#WERT!	#WERT!	3,43E-01	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	8,22E-06	8,22E-06	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
63	#WERT!	#WERT!	3,43E-01	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	#WERT!	8,22E-06	8,22E-06	No short-term DNE No Local Dermal DNEL			
64	6,00E-03	6,00E-03	2,83E-01	2,40E-02	1,00E+01	Notes/comments on exposure estimates: LEV efficiency inhalation (%): 80, LEV efficiency dermal (%): 0.				5,38E-04	6,78E-06	5,42E-04	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		
65	7,50E-03	7,50E-03	2,83E-01	3,00E-02	1,00E+01	LEV efficiency inhalation (%): 75, LEV efficiency dermal (%): 0.				6,70E-04	6,78E-06	6,76E-04	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		
66	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#WERT!				#NV	#NV	#NV	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		
67	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#WERT!				#NV	#NV	#NV	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		
68	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#WERT!				#NV	#NV	#NV	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		
69	#NV	#NV	#NV	#NV	#NV	#WERT!				#NV	#NV	#NV	No short-term DNE No Local Dermal DNEL		

Abb. 10 TRAM-Interface, Ausgabebereich für die abgeschätzte Arbeitnehmerexposition und die Risikobeschreibung

Felder „Run batch – Human health“ bzw. „Run batch – Environment“ gestartet, während die komplette Abschätzung im „batch mode“ über das Feld „Run batch“ erfolgt – dies kann auch bei leistungstarken Rechnern eine gewisse Zeit in Anspruch nehmen.

Die Ausgabe der Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer wie auch die der Risikocharakterisierung erfolgt in zwei Tabellen, die neben dem Eingabebereich für die entsprechenden Expositionsszenarien (am „Interface“) angeordnet sind (Abb. 10).

Laut ECETOC sind beim TRAM Version 3 keine wesentlichen inhaltlichen Änderungen gegenüber dem TRA Version 2.0 vorgenommen worden. Es wurden lediglich einige Anpassungen vorgenommen, um bestehende Unstimmigkeiten auszuräumen wie z. B. die im vorherigen Abschnitt erwähnte unverhältnismäßige Reduktion dermalen Belastungen bei Einbezug einer lokalen Absaugung. Die Grundlagen des Modells und mithin die Ergebnisse der Abschätzungen von TRAM Version 3 und TRA Version 2 entsprechen sich weiterhin in den allermeisten Fällen. Stärken und Schwächen des TRAM 3 entsprechen der Vorgängerversion.

### 3.3.1.4 MEASE

Bei dem MEASE-Modell handelt es sich um ein Modell erster Stufe, das speziell für Arbeitsplätze aus der Metallverarbeitung entwickelt wurde. MEASE ist von der EBRC Consulting GmbH, einem privaten Beratungsunternehmen mit Sitz in Hannover, entwickelt worden und kann auf deren Internetseite als Anwendung für MS Excel® heruntergeladen werden. Im Wesentlichen handelt es sich dabei um eine Anpassung des EASE-Modells der britischen Health and Safety Executive, das sowohl die inhalative als auch die dermale Belastung von Arbeitnehmern gegenüber Metallen und anorganischen Stoffen abzuschätzen helfen soll. Die Abkürzung „MEASE“ steht dabei für „the Metals' EASE“.

Die MS Excel®-Anwendung MEASE besteht aus insgesamt drei Tabellenblättern, von denen das erste sowohl die Eingabefelder beinhaltet als auch die Ausgabemaske. Die Eingabefelder sind unterteilt in vier Unterpunkte: Stoff-Charakteristik, Verwendungsbedingungen, Verwendungsbedingungen mit Bezug zur Hautbelastung und Risikomanagementmaßnahmen. Das zweite Tabellenblatt enthält ein Glossar, in dem die verschiedenen Auswahlmöglichkeiten zur Eingabe erläutert werden, gefolgt von einem Blatt, das die Lizenzbedingungen für MEASE beinhaltet. Insgesamt erscheint MEASE sehr übersichtlich.

Bei der Ermittlung der inhalativen Belastung folgt das Modell dem PROC-spezifischen Ansatz (analog zum TRA worker tool); das erste Eingabefeld unter „Operational conditions (OC)“ sieht

die Wahl eines PROC vor. Insbesondere bei der Betrachtung der Risikomanagementmaßnahmen bietet MEASE vergleichsweise differenzierte Auswahlmöglichkeiten.

Die Ergebnisse der Expositionsabschätzung werden automatisch bei der Eingabe der Parameter generiert und basieren laut EBRC-Angaben auf Messwerten aus der metallverarbeitenden Industrie. Die Abschätzung der dermalen Belastung



MEASE 1.02.01 Exposure Assessment Tool For Metals And Inorganic Substances		© 2009, 2010 EBRC Consulting GmbH D. Vetter Hannover, Germany	
<a href="#">Substance characteristics</a>			
Model parameters		R	<a href="#">Exposure modifier</a>
Molecular weight (g/mol)		Very low fugacity (dustiness based)	---
Melting point (°C)			---
Vapour pressure (Pa)			---
Physical form	Massive object		100%
Content in preparation (including alloys)	> 25%		
<a href="#">Operational conditions (OC)</a>			
Model parameters		R	<a href="#">Exposure modifier</a>
Process category	1 - Use in closed process, no likelihood of exposure	Industrial use	---
Process temperature (°C)			---
Scale of operation	Industrial use		100%
Duration of exposure (minutes)	> 240 minutes		
<a href="#">OCs used for dermal exposure assessment</a>			
Model parameters		R	<a href="#">Exposure modifier</a>
Pattern of use	Wide dispersive use	High dermal exposure potential	
Pattern of exposure control	Direct handling		
Contact level	Extensive		
<a href="#">Risk management measures (RMM)</a>			
Model parameters		R	<a href="#">Exposure modifier</a>
Implemented RMMs	No RMMs	100%	---
RMM efficiency based on	Lower confidence limit		---
Respiratory protective equipment (RPE)	No RPE		100%
Use of gloves	No gloves		100%
<a href="#">Exposure estimate</a>		<a href="#">Exposure estimate</a>	
Dermal exposure estimate		500 µg/cm <sup>2</sup> /day	
Exposed skin area		240 cm <sup>2</sup>	
<b>Total dermal loading</b>		<b>120 mg/day</b>	
<b>Inhalation exposure estimate</b>		<b>0,001 mg/m<sup>3</sup></b>	
developed by 		on behalf of 	
		<a href="#">Disclaimer</a> <a href="#">Report bugs to author</a> <a href="#">GNU General Public License</a> <a href="#">Download most recent MEASE-Version</a>	

Abb. 11 Eingabe-Tabellenblatt des MEASE-Modells

folgt weitestgehend dem EASE-Ansatz, basiert aber laut EBRC auf realen Daten, die für verschiedene Metalle erhoben wurden und die im Einklang mit den Kategorien der Risikomanagementmaßnahmen in den Schutzleitfäden der „Health Risk Assessment Guidance for Metals“ (kurz „HERAG“) gruppiert sind. Die Schutzleitfäden wurden ebenfalls von EBRC erarbeitet und veröffentlicht.

#### **Diskussion zu MEASE:**

Im Gegensatz zum ECETOC TRA worker tool, welches generische Expositionsabschätzungen liefern soll und als Modell erster Stufe somit sehr allgemeine Gültigkeit und Anwendbarkeit beansprucht, ist MEASE explizit auf die Expositionsabschätzung an Arbeitsplätzen in metallverarbeitender Industrie und Gewerbe ausgelegt. Gestaltung und Bedienbarkeit der MS Excel®-Anwendung sind sehr einfach gehalten. Allerdings ist das Speichern von Zwischenergebnissen bzw. die Expositionsabschätzung verschiedener Eingangsszenarien nicht möglich.

#### **Stärken von MEASE:**

- Sehr strukturiert, einfache Bedienbarkeit
- PROCs in Eingabe integriert
- Verschiedene, spezifische Risikomanagementmaßnahmen zur Auswahl

#### **Schwächen von MEASE:**

- Bedingte Anwendbarkeit, da auf metallverarbeitende Arbeitsplätze ausgelegt
- Keine Möglichkeit, Ergebnisse und Eingaben zu speichern

### **3.3.2 Modelle höherer Stufen (Tier 2)**

#### **3.3.2.1 Stoffenmanager 5.1**

„Stoffenmanager“ ist ein internetbasiertes Programm, das von einem niederländischen Konsortium entwickelt wurde und nach einer Registrierung frei zur Verfügung steht. Die aktuelle Version ist Stoffenmanager 5.1, die sowohl in niederländischer und finnischer als auch in englischer Sprache verwendet werden kann. Über die Internetseite ist seitdem auch ein sogenanntes „nano-Modul“ zugänglich, das die Risiken beim Umgang mit Nanomaterialien in einem Control Banding-Ansatz qualitativ abschätzt.

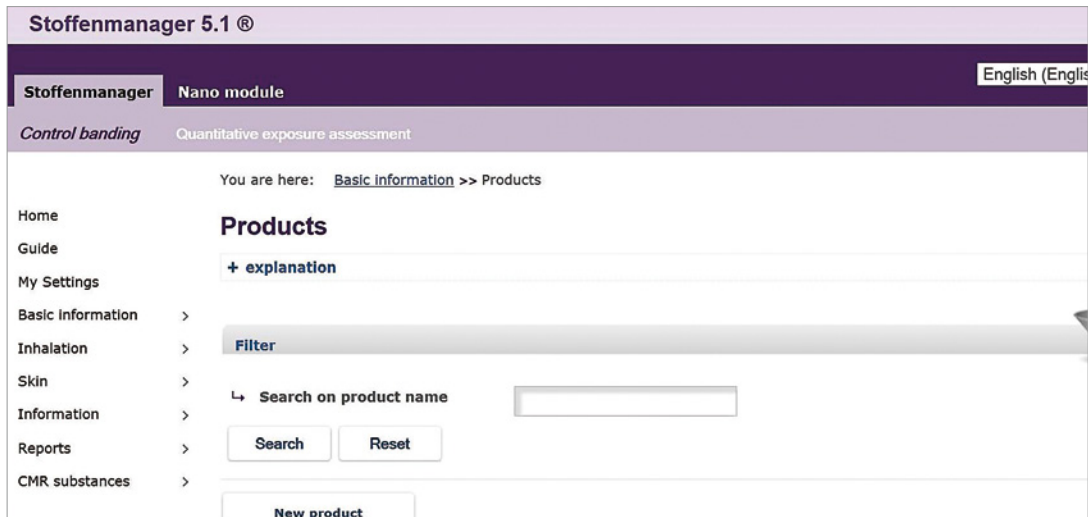
Insgesamt gibt es im Stoffenmanager-Paket zwei Anwendungen:

- I) „Control Banding“  
Dient vor allem zur Abschätzung der Gefährdung/Wirksamkeit von Risikomanagementmaßnahmen an Arbeitsplätzen. Führt zu einer qualitativen Aussage über die dermale und inhalative Belastung.
- II) „Quantitative Exposure Assessment“  
Quantitative Expositionsabschätzung für inhalative Exposition, insbesondere im Hinblick auf die angewandten Risikomanagementmaßnahmen.

Die Abschätzung der inhalativen Exposition in der Anwendung II beruht auf dem von Cherrie entwickelten „Emissionsquelle-Empfänger-Ansatz“.

Im Folgenden wird auf die Benutzeroberfläche dieser Anwendung eingegangen (Abb. 12).





**Abb. 12** Beispiel-Eingabemaske für die Produkteigenschaften in der Anwendung „Quantitative exposure assessment“ des Programms Stoffenmanager 5.1

### Anwendung von Stoffenmanager 5.1

Zunächst sind im Feld „Basic information“ Stoff- und Produkteigenschaften anzugeben, anschließend wird über das Feld „Risk Assessment“ die Verwendung näher spezifiziert. In der folgenden Liste sind die dafür notwendigen Angaben aufgeführt:

#### Schritt 1: Basisinformationen

##### 1a) Komponenten

- Name der Komponente, CAS-Nr., Dampfdruck der Komponente [Pa], Molare Masse der Komponente, Expositionslimit (z. B. DNEL)

##### 1b) Produkt

- Name des Produkts, Erstellungsdatum des Sicherheitsdatenblatts, Lieferant, Aggregatzustand des Produkts (flüssig oder fest), Dampfdruck des Produkts [Pa], R- Sätze, Komponenten des Produkts (werden aus der zuvor editierten Komponentenliste ausgewählt und mit der Konzentration in % ergänzt)

#### Schritt 2: Abschätzung der inhalativen Exposition

- Name des Expositionsszenariums, Ort, Aggregatzustand des Produkts, Produkt (wird aus der zuvor editierten Produktliste gewählt), Verdünnung des Produkts in Wasser (Angabe in %, bei unverdünntem Produkt 100%)

- Dauer und Häufigkeit der Tätigkeit
- Beschreibung des Raums („cleaned“, „machines maintained“, ...)
- Arbeitssituation: Abstand des Arbeiters von der Quelle, Anzahl der Arbeiter, Größe und Belüftungssituation des Raumes, Belüftungssituation am Arbeitsplatz selbst
- Persönliche Schutzausrüstung des Arbeitnehmers

Bei der Beschreibung des Arbeitsplatzes ist hervorzuheben, dass zwischen Emissionsquellen unterschieden wird, die sich in direkter Umgebung und in größerer Entfernung von dem Arbeitnehmer befinden. Die direkte Umgebung („breathing zone“, auch „Nahfeld“) wird als Bereich im Abstand von einem Meter um den Kopf des Arbeitnehmers definiert. Der weiter entfernte Bereich wird als „Fernfeld“ bezeichnet.

Nach der vollständigen Eingabe wird der Wert, der dem 90. Perzentil der berechneten Expositionsverteilung entspricht, für jede Komponente des Produktes in mg/m<sup>3</sup> ausgegeben. Die gesamte Verteilung kann ebenfalls dargestellt werden.

#### **Stärken von Stoffenmanager 5.1:**

- Das quantitative Modell, das von Stoffenmanager verwendet wird, wird permanent weiterentwickelt und mit einer großen Expositionsdatenbank („STEAMbase“) kalibriert. Stoffenmanager wird daher als „Tier 1+“-Modell bezeichnet. Auch das internetbasierte Programm wird überarbeitet.
- Die Berechnung der Exposition gegenüber

mehreren Komponenten eines Gemisches kann simultan vorgenommen werden.

- Stoffenmanager 5.1 deckt eine breite Palette von Tätigkeiten ab, unter anderem auch Sprüh- anwendungen. Die Anwendungsfelder, für die der Stoffenmanager ein geeignetes Instrument zur Abschätzung der inhalativen Exposition darstellt, sind schematisch in Abbildung 13 dargestellt.
- Die persönliche Schutzausrüstung der Arbeitnehmer wird berücksichtigt.
- Die generierte Palette von Stoffen, Produkten und Expositionsrechnungen wird online geschützt gespeichert und kann jederzeit editiert und wiederverwendet werden.
- Stoffenmanager 5.1 bietet unter der Anwendung „Quantitative Exposure Assessment“ den „CLP-converter“, der R-Sätze in H-Sätze übersetzt.
- Stoffenmanager 5.1 ist für Kombinationen von Tätigkeiten und Produktformen anwendbar. Das Modul bietet außerdem die Möglichkeit, einen Schichtmittelwert für die Exposition bei einer Tätigkeit, die nicht die gesamte Schicht in Anspruch nimmt, zu berechnen.

#### **Einschränkungen, Nutzbarkeit und Empfehlungen zu Stoffenmanager 5.1:**

- Die Anwendung „Quantitative Exposure Assessment“ berechnet ausschließlich die inhalative Belastung; die dermale Exposition wird nicht berücksichtigt. Diese Abschätzung kann in der Anwendung „Control Banding“ vorgenommen werden.
- Die Tätigkeiten („tasks“) werden zwar anhand von Beispielen erklärt, sind aber nicht direkt auf

**grün:** anwendbar;  
**rot:** nicht anwendbar  
**orange:** keine genügende Datenbasis

Product	Gas	Volatile liquids	Non-volatile liquids	Powders	Fibers	Objects
Activity						
Moving and agitating	rot	grün	grün	grün	rot	n. a.
Gravitational transfer	rot	grün	grün	grün	rot	n. a.
Spreading and immersion	rot	grün	grün	grün	rot	n. a.
Air dispersive techniques	rot	grün	grün	grün	rot	n. a.
Hot work techniques	rot	rot	rot	rot	rot	n. a.
Abrasion and impact	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	n. a.	orange

Abb. 13 Anwendungsfelder von Stoffenmanager 5.1 und ausgeschlossene Tätigkeiten

- die unter REACH geforderten PROCs übertragbar. Hier ist Expertenwissen notwendig.
- Einige Abfragen bzw. Eingaben der Benutzeroberfläche sind obligatorisch, haben jedoch keinen Einfluss auf das Ergebnis (z. B. CAS-Nr., R-Sätze).
- Die Dampfdrücke von Komponenten und Produkten können einzeln bzw. unabhängig geändert werden, auch wenn das Produkt als Reinstoff definiert wird. Für die Berechnung wird grundsätzlich nur der Dampfdruck der Komponente verwendet. Entsprechend sollte z. B. bei Reinstoffen nur der Dampfdruck der Komponente angegeben werden.
- Die Berechnungen sind nur für Tätigkeiten, die bei Raumtemperatur durchgeführt werden, geeignet. Gegebenenfalls kann der Dampfdruck bei der jeweiligen Arbeitstemperatur eingetragen werden, hier ist jedoch wiederum Expertenwissen notwendig.

Eine deutschsprachige Version von Stoffenmanager wird vom Institut für Arbeitssicherheit der deutschen gesetzlichen Unfallversicherer (IFA) unterhalten. Diese enthält die Anwendungen „Gefährdungen ermitteln – Gefährdungen reduzieren“, „Quantitative Abschätzung der inhalativen Exposition“ und „Quantitative Abschätzung der inhalativen arbeitsbedingten Exposition gemäß REACH“.

### 3.3.2.2 ART (Advanced REACH Tool)

Das „Advanced REACH Tool“ (kurz „ART“) ist ein Expositionsmodell, das als webbasiertes Werkzeug zur Verfügung steht. Während Modelle erster Stufe die Arbeitsplatzexposition im Allgemeinen überschätzen sollen, um Ungenauigkeiten oder Vereinfachungen des Modells auszugleichen, soll ART eine wissenschaftlich fundierte, möglichst wirklichkeitsnahe Abschätzung liefern. Hierzu baut ART auf zwei Säulen auf: einem mechanistischen Expositionsmodell und einer Datenbank mit Expositionsmessungen. Auch die Aufnahme zusätzlicher Messdaten und die Verwendung von Daten aus analogen Szenarien sind möglich. Durch statistische Verfahren (Bayes'sche Statistik) kombiniert ART diese Quellen zu einer umfangreichen Expositionsabschätzung, die auch Informationen zur Variabilität und Genauigkeit enthält. Für diese umfangreiche Abschätzung sind jedoch auch detaillierte Eingaben nötig, die in vielen Fällen Expertenwissen verlangen. ART kann aktuell in der Version 1.0 verwendet werden, die Abschätzung der dermalen Exposition ist allerdings noch nicht möglich. Die Bedienung ist im bereits erwähnten ECHA-Leitfaden R.14 und auf der ART-Website genauer beschrieben.

Das Programm kann nach einer Registrierung genutzt werden. Die Daten, die zum Erstellen eines Expositionsszenariums abgefragt werden, sind vergleichbar mit der Abfrage bei Stoffenmanager 5.1. Auch bei ART wird z. B. zwischen Emissionsquellen in direkter Umgebung und weiterer Entfernung des Arbeiters unterschieden. Nach der vollständigen Eingabe der Daten wird im letzten

Schritt die Dauer der Tätigkeit abgefragt. Im Gegensatz zu Stoffenmanager 5.1 wird hier keine „tätigkeitsspezifische Expositionskonzentration“ berechnet, sondern es wird ein Schichtmittelwert („full shift“) als Ergebnis ausgegeben. Dabei können bis zu vier Tätigkeiten, die z. B. an einem Tag mit einer Gesamtdauer von 480 Minuten ausgeführt werden, zur Berechnung eines kombinierten Schichtmittelwertes herangezogen werden.

Nach der ersten, auf dem mechanistischen Modell beruhenden Abschätzung besteht die Möglichkeit, die Berechnung mit dem oben erwähnten statistischen Verfahren weiter auszuwerten. Dazu können ggf. auch eigene Daten in die Datenbank eingespeist werden.

#### **Stärken von ART:**

- ART bietet die Möglichkeit, sowohl kurzzeitige, als auch langfristige Expositionen abzuschätzen. Dabei können auch mehrere Tätigkeiten kombiniert werden.
- Die vollständige Abschätzung kann als „report“ (PDF-Datei) gespeichert werden. Das Szenario selbst wird online gespeichert und kann so jederzeit editiert und neu berechnet werden.

#### **Einschränkungen, Nutzbarkeit und Empfehlungen zu ART:**

- Die Tätigkeit wird nicht als Prozesskategorie (PROC) angegeben, die entsprechende Übersetzung erfordert Expertenwissen.
- Die Angabe der „Aktivität“ eines Stoffes ist notwendig. Hier ist ebenfalls Expertenwissen erforderlich.

- Es wird ausschließlich die inhalative Exposition abgeschätzt.
- Persönliche Schutzausrüstung (PSA) wird nicht einbezogen, es wird nur eine „potentielle Exposition“ [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ] angegeben. Die Einberechnung der Schutzwirkung von PSA erfordert wiederum Expertenwissen.
- Bei der Berechnung der akuten Belastung ist zu beachten, dass das Ergebnis nur für Tätigkeitsdauern  $> 60$  Minuten verlässlich ist.
- Die Eingabemaske ist teilweise unübersichtlich, eine Zusammenstellung aller Eingabedaten kann nur als PDF-Datei „report“ abgerufen werden.

#### **3.3.2.3 RISKOFDERM**

Das RISKOFDERM-Modell ist ein Ergebnis des gleichnamigen Projektes, das in den Jahren 1999–2003 auf EU-Ebene unter Beteiligung vieler europäischer Institutionen durchgeführt worden ist. Von den Entwicklern wurden viele unterschiedliche Branchen und Arbeitsplätze besucht und anschließend sechs universelle Tätigkeitsklassen (engl. „Dermal Exposure Operation Unit“, kurz „DEO unit“ oder „DEO“) definiert, denen Tätigkeiten mit (möglicher) dermalen Exposition zugeordnet werden konnten. Für diese Tätigkeitsklassen wurden anschließend in Modellsituationen Messungen durchgeführt. RISKOFDERM liefert eine auf diesen Daten aufbauende Abschätzung der dermalen Exposition am Arbeitsplatz. Bei der Entwicklung von RISKOFDERM lag der Schwerpunkt auch auf der Erstellung eines Bausatzes für kleine und mittlere Unternehmen, was sich in den DEOs widerspiegelt.

### Verwendung von RISKOFDERM

Das RISKOFDERM-Modell in der aktuellen Version 2.1 liegt als MS Excel®-Anwendung vor. Beim Programmstart zeigt die Anwendung zunächst die drei Tabellenblätter „Start“, „Changes and validity“, sowie „Explanation“. Die beiden letzteren Tabellenblätter enthalten einige Informationen über das Modell. Im Tabellenblatt „Start“ kann die Expositionsabschätzung durch Anklicken der Schaltfläche „Go to the choice of process“ begonnen werden.

Das erste Tabellenblatt, das sich daraufhin öffnet, fordert bereits zur Wahl der Tätigkeitsklasse (DEO) auf. Die einzelnen DEOs sind nachfolgend aufgeführt:

DEO 1: Ein-/Umfüllen, Mischen und Beladen („filling, mixing and loading“)  
z. B. Entleeren von Säcken, Mischen von Stoffen, Befüllen von Gefäßen

Filling, mixing or loading (DEO unit 1)			
<i>You can move the input messages with the input fields by dragging and dropping</i>		<i>Scroll down to see the remainder!</i>	
Question	Answer	Additional explanation	Measured range as basis for model
What is the quality of the ventilation related to the task done?	Normal or good ventilation	Good (mechanical) ventilation and/or proper local exhaust ventilation	0,56-225 kg/min for powders; 0,008-257 L/min for liquids
What is the frequency of (skin) contact with the contaminant?	Rare contact	It happens sometimes, but on average less than once per scenario	
What kind of (skin) contact with the contaminant occurs?	Light contact	Touching of contaminated surfaces and/or limited deposition of dust or aerosols	
What type of product is handled?	Liquid	The product handled is a liquid	
Are significant amounts of aerosols or splashes generated in the task?	No	Task does not lead to substantial interaction between product and air, nor to dropping of product on a hard surface	
What is the level of automation of the task done by the worker?	Automated or semi-automated task	The task is largely done by a machine and the interaction of the worker with either package, contaminated installation or product is limited	
What is the use rate of the product?	0,1	L/min	
Percentile for the exposure rate distribution to be assessed	90	percentile	
		median	percentile distribution
Resulting exposure rate hands	,647		5,62
Resulting exposure rate body	only hand exposure is estimated with this model		
What is the cumulative duration of the scenario during a shift?	3	minutes	1-20 min for powders; 0,33-125 for liquids

Overview results

Back

*Scroll up or down  
The sheet "Fillmixload\_results" provides an overview of the results of this assessment*

Abb. 14 Eingabemaske von RISKOFDERM, hier für die Prozesskategorie (DEO) 1: Filling, Mixing or loading

- DEO 2: Wischen („wiping“),  
z. B. Auftragen eines Stoffes mittels Schwamm/Tuch auf eine Oberfläche
- DEO 3: Verteilen mit einem Hand-Werkzeug („dispersion hand-held tools“),  
z. B. Rühren eines Stoffes mit einem Werkzeug mit Griff, Streichen mit Rolle oder Pinsel
- DEO 4: Sprühen („spraying“),  
z. B. Sprühen von Farbe
- DEO 5: Eintauchen von Objekten („immersion“),  
Situationen, in denen eine Exposition gegenüber den für das Eintauchen verwendeten Chemikalien stattfindet.
- DEO 6: Mechanische Bearbeitung („mechanical treatment“), z. B. Schleifen, mechanisches Schneiden, Metallbearbeitung mit Kühlschmierstoffen.

Nach Auswahl der DEO öffnet das Tool ein weiteres Arbeitsblatt. Dieses Arbeitsblatt, das für jede DEO etwas unterschiedlich ist, fragt weitere, für die jeweilige DEO spezifische Angaben ab. So muss z. B. für die ersten vier DEOs die Menge des pro Zeiteinheit eingesetzten Stoffes angegeben werden. Die Eingabemöglichkeiten sind im Vergleich zu ART begrenzt, dadurch aber übersichtlicher. So kann oftmals nur eine grobe Unterscheidung wie „häufig/selten“ oder „gute Lüftung/mäßige Lüftung“ vorgenommen werden. Nach dem Klick auf die Schaltfläche „Overview Results“ öffnet sich ein weiteres Tabellenblatt mit einer Darstellung der Ergebnisse.

### 3.3.2.4 SprayExpo

Ein weiteres Modell, das sich für spezielle Situationen eignet, ist SprayExpo. Es wurde ursprünglich zur Abschätzung der inhalativen und dermalen Exposition bei der Sprühanwendung von Biozid-Produkten vom Fraunhofer Institut für Toxikologie und experimentelle Medizin im Auftrag der BAuA entwickelt. Das Modell berechnet die Luftkonzentrationen für Aerosole, die in Innenräumen aus Sprühnebeln freigesetzt werden. Es wird angenommen, dass das Produkt aus einem nichtflüchtigen, aktiven Stoff und einem Lösungsmittel besteht. Das Modell simuliert die Bewegung der freigesetzten Tropfen. Dabei wird die räumliche Verteilung der Aerosolkonzentration explizit modelliert. Ergebnisse des Modells sind die inhalative und dermale Exposition gegenüber dem Wirkstoff, akkumuliert über den Arbeitszeitraum. Der simulierte Arbeitszeitraum schließt den Zeitraum der Ausbringung und eventuell einen zusätzlichen Verweilzeitraum innerhalb des Raumes ein. Das Modell berechnet nicht die Exposition gegenüber Dämpfen (z. B. dem Lösungsmittel).

### Verwendung von SprayExpo

SprayExpo ist in der Version 2.01 als Anwendung für MS Excel® in den Sprachen deutsch und englisch auf der Website der BAuA verfügbar. Nach dem Programmstart, bei dem die Ausführung von Makros erlaubt werden sollte, öffnet sich zunächst das Arbeitsblatt „Start“. Von hier aus sind über die entsprechenden Schaltflächen eine kurze Beschreibung des Modells und ein Text bezüglich des Haftungsausschlusses erreichbar. Die Expositionsabschätzung beginnt mit der Auswahl eines der

The screenshot shows the Microsoft Excel interface for SprayExpo 2.01. The main input area is divided into several sections:

- Application pattern:** Wall line
- Room size and ventilation:** Length [m] 10, Width [m] 20, Height [m] 6.75, Ventilation rate [1/h] 1, Turbulent Diffusion [m<sup>2</sup>/s] 0.1
- Droplet spectrum:** Size range [µm] and Fraction [%] table:
 

0-5	0
5-10	0
10-20	0.02
20-40	0.2
40-80	1.65
80-160	12.06
160-320	43.92
- Product characterization:** non evaporation fraction [%], Vapor press. of solvent [hPa]
- Spray nozzle characterization:** Diameter [mm], Spray angle [°] 55
- Release data - Application pattern Wall line:** Table with columns: Begin [m], End [m], Height [m], Time [s], Release rate [ml/s]. Rows W1, W2, W3, W4.
- Calculation:** Time resolution, Inhalation exposure (total), Inhalable fraction, Thoracic fraction, Respirable fraction, Dermal exposure.

At the bottom, there is a 3D diagram of a room with dimensions Length, Height, and Width. Below the diagram are 'Calculate' and 'Return' buttons.

**Abb. 15** Eingabemaske zur Beschreibung des Anwendungsmusters in SprayExpo Version 2.01

drei Szenarien „Versprühen von Antifouling-Farben“, „Versprühen entlang einer Linie an der Wand (Zellenspeicher)“ und „Raumbesprühung durch Vernebeln (Zellenspeicher)“. Nach der Auswahl eines Szenarios öffnet sich ein weiteres Arbeitsblatt, in dem Charakteristiken des Raumes und der Sprühapparatur einzugeben sind (Abb. 15).

Das Modell erfordert auch die Angabe der Tröpfchengrößenverteilung; da diese in vielen Fällen nicht bekannt sein wird, hilft das Programm hier mit der Möglichkeit, typische Verteilungen für einige häufig verwendete Sprühapparaturen aus einer eingebauten Datenbank zu laden oder eine Lognormal-Verteilung berechnen zu lassen. Über die Schaltfläche „Weiter“ wird ein weiteres Arbeitsblatt geöffnet, in dem Angaben zum Anwendungsmuster gemacht und die Art der zu berechnenden Exposition ausgewählt werden. Über die Schaltfläche „Berechnen“ wird die Simulation gestartet. Die Berechnungen können einige Minuten in Anspruch nehmen, nach ihrem Abschluss werden die Ergebnisse in einem weiteren Tabellenblatt angezeigt (Abb. 16).

#### Stärken von Spray Expo Version 2.01:

- Physikalische Simulation einer Sprühanwendung
- Für die inhalative Exposition zeigte sich bei Vergleichen von berechneten Werten mit Arbeitsplatzmessungen eine gute Übereinstimmung, wobei das Modell die Expositionskonzentrationen im Mittel etwas überschätzt.



### Einschränkungen, Nutzbarkeit und

#### Empfehlungen zu Spray Expo Version 2.01:

- Die Annahme, dass ein nicht-flüchtiger Stoff in einem Lösungsmittel vorliegt, muss erfüllt sein.
- Die Exposition gegenüber dem Lösungsmittel wird nicht erfasst.
- Während der Anwendung auftretende Spritzer werden ebenfalls nicht erfasst, daher wird die dermale Exposition im Mittel erheblich unterbewertet. Diese Einschränkung gilt jedoch nicht für alle Szenarien, da z. B. bei Raumbesprühungen Spritzer in der Regel eine untergeordnete Rolle für die Exposition spielen.

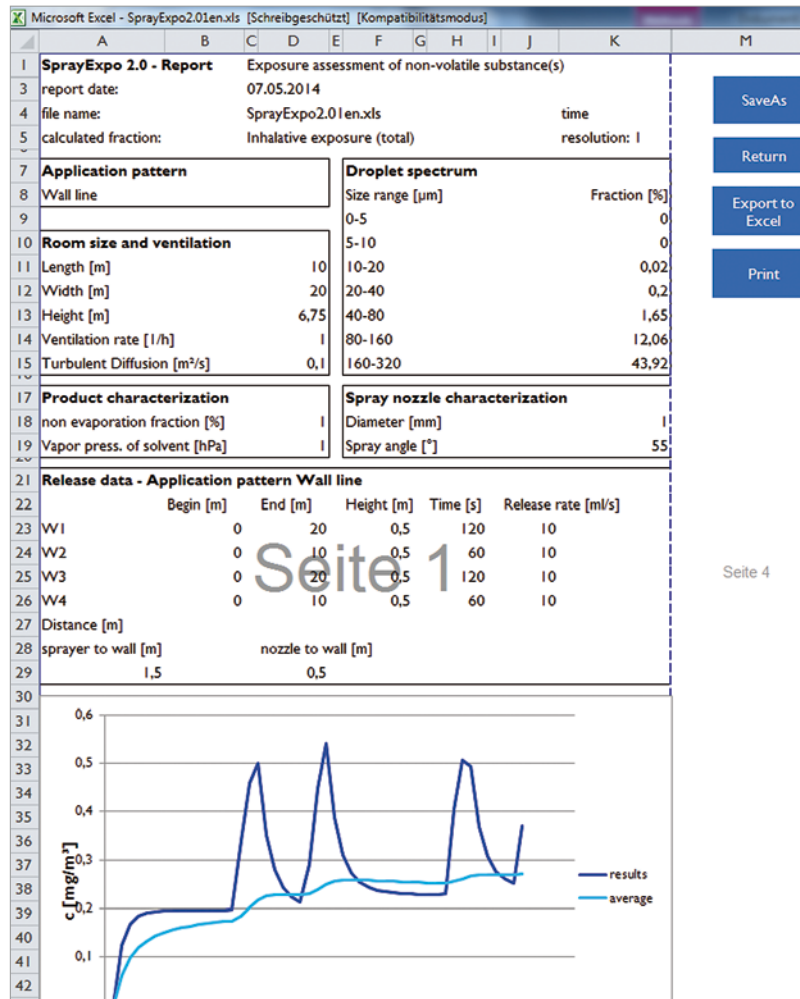
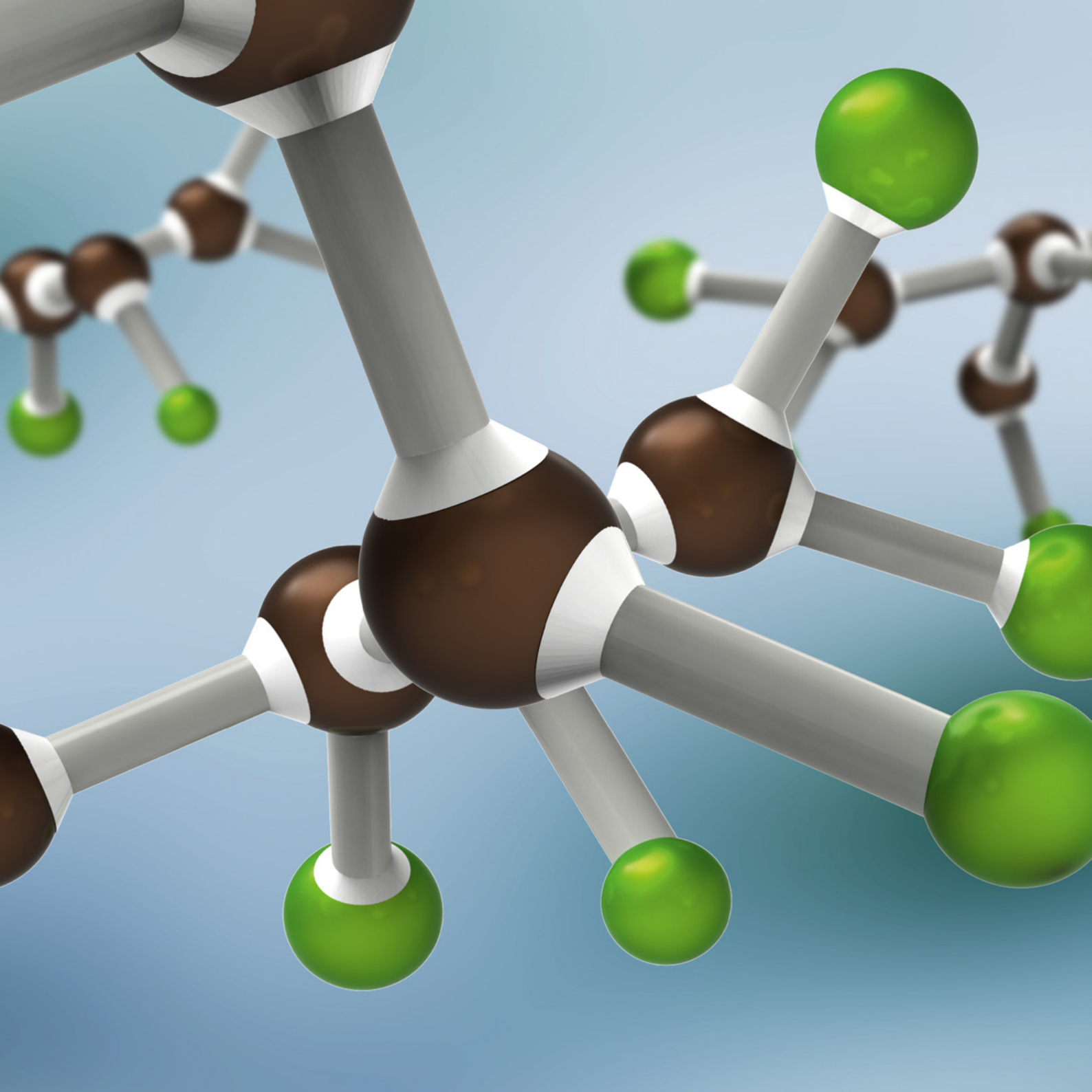


Abb. 16 Ausgabe der Ergebnisse von Spray Expo Version 2.01



## 4 Beispiel: Benzylalkohol

In diesem Kapitel sollen anhand eines Beispiels Expositionsberechnungen durchgeführt und die Ergebnisse in einem Expositionsszenarium für die Kommunikation dargestellt werden. Als Beispiel dient die gewerbliche Verwendung des Stoffs Benzylalkohol als Lösungsmittel-Bestandteil für Bodenbeschichtungen.

### 4.1 Stoffeigenschaften und Stoffsicherheitsbeurteilung

Bei dem in diesem Beispiel ausgewählten Stoff handelt es sich um ein organisches Lösungsmittel mit geringer Flüchtigkeit. Benzylalkohol (CAS-Nr. 100-51-6) ist gemäß CLP-Verordnung als „gesundheitsschädlich bei Einatmen“ (H332) und „gesundheitsschädlich bei Verschlucken“ (H302) eingestuft und hat damit die Gefahrenklasse „Akute Toxizität, Kategorie 4“. Der Stoff ist biologisch abbaubar und nicht als umweltgefährdend eingestuft.

Die Exposition kann einmalig, in einer Folge sich wiederholender Vorgänge, oder dauerhaft auftreten, was bei der Risikoabschätzung durch die Wahl entsprechender Referenzwerte berücksichtigt werden sollte. Hierfür wird zwischen sogenannten **akuten** und **Langzeit-DNELs** unterschieden, welche die Referenzwerte für die zulässige Belastung bei kurzzeitig-akuter Exposition oder bei andauernder Belastung sind. Die relevanten Stoffeigenschaften sind in Tabelle 6 zusammengefasst.

## 4.2 Expositionsbeurteilung

Da Benzylalkohol als gefährlicher Stoff eingestuft ist, muss im Rahmen der Stoffsicherheitsbeurteilung eine Expositionsbeurteilung durchgeführt werden. Hierfür sind eine quantitative Expositionsabschätzung und eine Risikobeschreibung notwendig, um sowohl die dermale als auch inhalative Belastung von exponierten Arbeitnehmern abzuschätzen.

Die Expositionsbeurteilung beginnt zunächst mit der Entwicklung der einschlägigen Expositionsszenarien. Im Anhang I der REACH-Verordnung steht hierzu unter Punkt 5.1 „Entwicklung von Expositionsszenarien“:

Insbesondere umfasst ein Expositionsszenarium gegebenenfalls eine Beschreibung folgender Elemente:

- Verwendungsbedingungen
  - Eingesetzte Verfahren einschließlich des Aggregatzustands, in dem der Stoff hergestellt, verarbeitet und/oder verwendet wird;
  - die Tätigkeiten der Arbeitnehmer im Zusammenhang mit den Verfahren sowie die Dauer und Häufigkeit ihrer Exposition gegenüber dem Stoff;
  - die Tätigkeiten der Verbraucher sowie die Dauer und Häufigkeit ihrer Exposition gegenüber dem Stoff;

- die Dauer und Häufigkeit der Emission des Stoffes in die verschiedenen Umweltkompartimente und in Kläranlagen sowie die Verdünnung im aufnehmenden Umweltkompartiment.

- Risikomanagementmaßnahmen
  - Risikomanagementmaßnahmen zur Verringerung oder Vermeidung einer direkten oder indirekten Exposition von Menschen (insbesondere von Arbeitnehmern und Verbrauchern) und der verschiedenen Umweltkompartimente gegenüber dem Stoff;
  - Maßnahmen zur Abfallbehandlung zur Verringerung oder Vermeidung der Exposition von Menschen und Umwelt gegenüber dem Stoff während der Abfallentsorgung und/oder -verwertung.“

Dies sollte in Anlehnung an die Leitlinie R.12 im „System der Verwendungsdeskriptoren“ geschehen und alle relevanten Verwendungen sollten berücksichtigt werden. In dem hier behandelten Kontext wird lediglich die Exposition am Arbeitsplatz betrachtet.

Tabelle 6 Stoffeigenschaften von Benzylalkohol

Stoffinformationen		
Allgemeine Eigenschaften		
1	Stoffbezeichnung	Benzylalkohol
2	CAS-Nummer	100–51–6
3	EC-Nummer	202–859–9
4	Summenformel	C <sub>7</sub> H <sub>8</sub> O
5	Molare Masse	108,14 g·mol <sup>-1</sup>
6	Aggregatzustand	flüssig
7	Schmelzpunkt	–15,3 °C
8	Siedepunkt	205,4 °C (1013 hPa)
9	Flammpunkt	101 °C
10	Dampfdruck	2,7 Pa (20 °C)
11	relative Dichte	1,05 (20 °C)
12	Wasserlöslichkeit	40 g/l (20 °C)
13	Verteilungskoeffizient: Oktanol/Wasser	log Pow: 1,1
Einstufung und Kennzeichnung (CLP-Verordnung)		
14	Akute Toxizität, Kategorie 4	H332: Gesundheitsschädlich bei Einatmen
15	Akute Toxizität, Kategorie 4	H302: Gesundheitsschädlich bei Verschlucken
16	sonstige Gefahren	keine bekannt
Toxikologische Angaben		
17	LD <sub>50</sub> Ratte-oral	1230 mg/kg
18	LC <sub>50</sub> Ratte-inhalativ	8,8 mg/l, 4 h
19	Langzeit-DNEL inhalativ (Arbeitnehmer)	90 mg/m <sup>3</sup>
20	Langzeit-DNEL dermal (Arbeitnehmer)	9,5 mg/kg bw/day
21	Kurzzeit-DNEL inhalativ (Arbeitnehmer)	450 mg/m <sup>3</sup>
22	Kurzzeit-DNEL dermal (Arbeitnehmer)	47 mg/kg bw/day

#### 4.2.1 Erfassung der Anwendung im System der Verwendungsdeskriptoren

Im Folgenden soll die Verwendung von Benzylalkohol als Bestandteil von Bodenbeschichtungen im System der Verwendungsdeskriptoren erfasst werden. Die Bodenbeschichtungen mit dem Lösungsmittel werden in diesem Beispiel im gewerblichen Rahmen verwendet, sodass der entsprechende „Hauptdeskriptor“ (Hauptanwender) anzugeben ist mit:

- SU 22 – Gewerbliche Verwendungen: Öffentlicher Bereich (Verwaltung, Bildung, Unterhaltung, Dienstleistungen, Handwerk).

Diese Zuweisung zur Hauptanwendergruppe wird dann mittels eines sogenannten „Ergänzungsdeskriptors“, der die Wahl zwischen verschiedenen Endverwendensektoren erlaubt, ergänzt:

- SU 19 – Bauwirtschaft.  
Die Verwendung des Lösungsmittels für Bodenbeschichtungen kann dabei sowohl in Innenräumen als auch im Freien stattfinden.

Die hauptsächlichen Aufbringarten sind Sprüh- anwendungen

- [PROC<sub>11</sub> – Nicht-industrielles Sprühen]

sowie das Auftragen mit Hilfe von Hand-Arbeitsmitteln, wie Pinseln oder Rollen

- [PROC<sub>10</sub> – Auftragen durch Rollen oder Streichen].

Da Benzylalkohol auch in größeren Gebinden in Umlauf gebracht wird, kann das Umfüllen vor Ort notwendig sein

- [PROC 8a – Transfer des Stoffes oder des Gemischs (Beschickung/Entleerung) aus/in Gefäße/große Behälter in nicht speziell für nur ein Produkt vorgesehenen Anlagen].

Anschließend werden weitere Stoffe zugesetzt und mit einem handbetriebenen Rührgerät vermischt

- [PROC 5 – Mischen oder Vermengen in Chargenverfahren zur Formulierung von Gemischen und Erzeugnissen (mehrfacher und/oder erheblicher Kontakt)].

Die Dauer der Tätigkeiten reichen von „bis zu einer Stunde“ (PROC 8a), über „4 Stunden“ für Sprühen (PROC 11), bis zu „8 Stunden“ (PROC 10 und PROC 5).

#### 4.2.2 Weitere Randbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen

Üblicherweise wird Benzylalkohol in Konzentrationen zwischen 5 % und 25 % in Bodenbeschichtungen eingesetzt. Bei den Ausgangsprodukten, die für die Herstellung der eigentlichen Anstriche eingesetzt werden, kann die Konzentration jedoch höher als 25 % sein.

Alle Anwendungen finden bei Umgebungstemperatur statt.

Es wird davon ausgegangen, dass bei allen Anwendungen

- den ganzen Körper bedeckende Arbeitskleidung,
- Augenschutz (Schutz-Brille) und
- geeignete Chemikalien-Schutzhandschuhe getragen werden.

Zusätzlich wird bei Sprühanwendungen noch die Verwendung einer

- persönlichen Atemschutzausrüstung (Halbmaske mit geeigneten Filterkartuschen) angenommen. Die Modellabschätzungen gehen davon aus, dass die persönliche Schutzausrüstung entsprechend der Herstellerangaben verwendet und gewartet wird. Weitere technische Risikomanagementmaßnahmen, wie die Installation von lokalen Absaugungen, sind typischerweise nicht für Baumaßnahmen anwendbar.

#### 4.2.3 Expositionsabschätzung mit dem ECETOC TRA

Die mit dem ECETOC TRA durchgeführte Expositionsabschätzung der ersten Stufe liefert für dieses Szenario die in Tabelle 7 gezeigten Werte. Aus der Expositionsabschätzung ergeben sich durch den Vergleich mit den Referenzwerten die für die Risikobewertung benötigten Risikoverhältnisse (RCR), die ebenfalls in Tabelle 7 angegeben werden. An diesen Daten ist erkennbar, dass die inhalative Belastung entsprechend der Expositionsabschätzung mittels dem ECETOC TRA für alle betrachteten Tätigkeiten als kontrolliert angesehen werden kann ( $RCR < 1$ ).

Die dermale Expositionsabschätzung auf erster Stufe liefert jedoch für jeden der untersuchten Fälle Werte über dem zulässigen Referenzwert (DNEL dermal), führt also zu RCR-Werten  $> 1$ . In diesem Fall ist somit eine weitere, höherstufige Expositionsabschätzung nötig. Die Verfeinerung kann durch Einbeziehung folgender Modifikationen geschehen:

- Die Konzentration an Benzylalkohol im verwendeten Produkt liegt in einem Konzentrationsbereich zwischen 5–25 %. Im ECETOC TRA-Modell kann dafür ein reduzierender Faktor von 40 %<sup>5</sup> angenommen werden.

<sup>5</sup> Das ECETOC TRA geht von einem nicht-linearen Zusammenhang zwischen Exposition und Konzentration eines Stoffes in einem Gemisch aus. Aus Konsistenzgründen wird diese Modifikation hier auch auf die dermale Expositions-betrachtung angewendet.

**Tabelle 7** Ergebnisse der mit dem ECETOC TRA durchgeführten Expositionsabschätzung für das Szenario „Verwendung von Benzylalkohol für Bodenbeschichtungen“

Prozesskategorie (Tätigkeit)	Verwendungsbedingungen und expositionsmodifizierende Faktoren	Expositionsabschätzung (ECETOC TRA)	RCR
PROC 8a (Umfüllen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewerblich (professional use)</li> <li>– Innenraum (indoors)</li> <li>– ohne lokale Absaugung</li> <li>– Dauer: &lt; 1 h</li> <li>– ohne persönlichen Atemschutz</li> <li>– Konzentration: &gt; 25%</li> </ul>	Inhalativ: 5 ppm $\Delta$ 22,5 mg/m <sup>3</sup>	Inhalativ: 0,25
		Derma: 13,71 mg/kg/Tag	Derma: 1,44
PROC 5 (Mischen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewerblich</li> <li>– Innenraum</li> <li>– ohne lokale Absaugung</li> <li>– Dauer: &gt; 4 h</li> <li>– ohne persönlichen Atemschutz</li> <li>– Konzentration: 5–25%</li> </ul>	Inhalativ: 6 ppm $\Delta$ 27 mg/m <sup>3</sup>	Inhalativ 0,30
		Derma: 13,71 mg/kg/Tag	Derma: 1,44
PROC 10 (Streichen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewerblich</li> <li>– Innenraum</li> <li>– ohne lokale Absaugung</li> <li>– Dauer: &gt; 4 h</li> <li>– ohne persönlichen Atemschutz</li> <li>– Konzentration: 5–25%</li> </ul>	Inhalativ: 15 ppm $\Delta$ 67,5 mg/m <sup>3</sup>	Inhalativ: 0,75
		Derma: 27,43 mg/kg/Tag	Derma: 2,89
PROC 11 (Sprühen)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Gewerblich</li> <li>– Innenraum</li> <li>– ohne lokale Absaugung</li> <li>– Dauer: &lt; 4 h</li> <li>– persönlichen Atemschutz mit 90% Wirksamkeit</li> <li>– Konzentration: 5–25%</li> </ul>	Inhalativ: 3,6 ppm $\Delta$ 27 mg/m <sup>3</sup>	Inhalativ: 0,30
		Derma: 107,14 mg/kg/Tag	Derma: 11,28



- Zusätzlich zur normalen Arbeitskleidung wird geeignete persönliche Schutzausrüstung zur Reduktion der dermalen Belastung getragen; die Wirksamkeit dieser persönlichen Schutzausrüstung wird mit 90 % angenommen.

Werten < 1. Das Gleiche gilt bei gemeinsamer Betrachtung von inhalativer und dermalen Exposition ( $RCR_{gesamt}$ ), womit die entsprechenden Tätigkeiten jetzt als sichere Anwendungen angesehen werden können.

Damit verändern sich die dermalen Expositionsabschätzungen und folglich auch die entsprechenden Risikoverhältnisse um den Faktor  $0,4 \times 0,1 = 0,04$ . Die Ergebnisse dieser verfeinerten Abschätzungen werden in Tabelle 8 wiedergegeben. Nach Einbezug dieser Modifikationen liegen auch die dermalen Belastungen unterhalb des entsprechenden DNEL und führen somit zu RCR-

**Tabelle 8** Verfeinerung der Expositionsabschätzung durch Einbezug von Risikomanagementmaßnahmen (Darstellung von Exposition und Risikoverhältnis).

Prozesskategorie (Tätigkeit)	Verfeinerte Expositionsabschätzung dermal	Risikoverhältnis dermale Exposition $RCR_{dermal}$	Risikoverhältnis inhalative + dermale Exposition $RCR_{gesamt}$
PROC 8a (Transfer des Gemischs aus/in Gefäße)	1,37 mg/kg/Tag	0,15	0,4
PROC 5 (Mischen)	0,55 mg/kg/Tag	0,06	0,36
PROC 10 (Streichen)	1,10 mg/kg/Tag	0,12	0,87
PROC 11 (Sprühen)	4,29 mg/kg/Tag	0,45	0,75

### 4.3 Standardformat von Expositionsszenarien

Expositionsszenarien sind unter REACH ein Bestandteil des Stoffsicherheitsberichts und sollen einem standardisierten Format entsprechen. Hierzu stellt die ECHA auf ihrer Internetseite als Hilfestellung die „Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbeurteilung –

Expositionsszenariumsformat“ sowie die „Leitlinien in Kürze – Stoffsicherheitsbeurteilung“ zur Verfügung. Zudem kann dort eine Formatvorlage als Word-Dokument bezogen werden. Tabelle 9 zeigt ein solches Standardformat für Expositionsszenarien.

**Tabelle 9** Standardformat eines Expositionsszenariums für die Kommunikation.

<b>1</b>	<b>Kurztitel des Expositionsszenariums</b>
<b>2</b>	<b>Verfahren und Tätigkeiten, die vom Expositionsszenarium abgedeckt werden</b>
<b>Verwendungsbedingungen</b>	
<b>3</b>	<b>Dauer und Häufigkeit der Verwendung</b> Einzelnen aufgeführt für Arbeitnehmer, Verbraucher, Umwelt (falls relevant)
<b>4.1</b>	<b>Aggregatzustand des Stoffes oder des Gemischs; Verhältnis von Oberfläche zu Volumen von Erzeugnissen</b> Gas, Flüssigkeit, Pulver, Granulatkörner, massive Festkörper; Oberfläche pro Menge an Erzeugnis, das den Stoff enthält (falls zutreffend)
<b>4.2</b>	Konzentration des Stoffes in einem Gemisch oder einem Erzeugnis
<b>4.3</b>	Menge, die pro Zeiteinheit oder Tätigkeit verwendet wird Einzelnen aufgeführt für Arbeitnehmer, Verbraucher, Umwelt (falls relevant)
<b>5</b>	<b>Andere relevante Verwendungsbedingungen</b> Beispielsweise: – Temperatur, pH-Wert, Einsatz mechanischer Energie; – Aufnahmekapazität der Umwelt (beispielsweise Wasserstrom im Abwasser/Fluss; Raumvolumen x Lüftungsrate) – Verschleiß von Erzeugnissen (falls zutreffend); Bedingungen hinsichtlich Nutzungsdauer von Erzeugnissen (falls zutreffend)

## Risikomanagementmaßnahmen

### 6.1 Risikomanagementmaßnahmen mit Bezug auf die menschliche Gesundheit (Arbeitnehmer und Verbraucher)

Art und Auswirkungen einzelner Optionen oder Kombinationen von Optionen auf die Exposition werden quantifiziert [die Optionen werden als instruierende Leitlinien formuliert]; einzeln aufgeführt für den oralen, inhalativen und dermalen Weg

### 6.2 Risikomanagementmaßnahmen mit Bezug auf die Umwelt

Art und Auswirkungen einzelner Optionen oder Kombinationen von Optionen werden quantifiziert [die Optionen werden als instruierende Leitlinien formuliert]; einzeln aufgeführt für

Abwasser,

Abgas,

Bodenschutz

### 7 Abfallmanagementmaßnahmen

Zu den verschiedenen Lebenszyklusstadien der Stoffe (einschließlich Gemischen und Erzeugnissen am Ende der Nutzungsdauer)

## Informationen über die Expositionsabschätzung und Leitlinien für nachgeschaltete Anwender

### 8 Expositionsabschätzung und Verweis auf ihre Quelle

Expositionsabschätzung aus den oben beschriebenen Bedingungen (Punkte 3–7 und Stoffeigenschaften; Verweis auf das verwendete Werkzeug für die Expositionsbeurteilung; einzeln aufgeführt für Expositionswege; einzeln aufgeführt für Arbeitnehmer, Verbraucher, Umwelt)

### 9 Leitlinien für den nachgeschalteten Anwender, um zu bewerten, ob er in den vom Expositionsszenarium vorgegebenen Grenzen arbeitet.

Leitlinien, anhand derer der nachgeschaltete Anwender bewerten kann, ob er innerhalb der vom Expositionsszenarium gesetzten Bedingungen arbeitet. Dies kann sich auf einen Satz von Variablen (und einen geeigneten Algorithmus) stützen, die gemeinsam die Beherrschung des Risikos anzeigen, aber über eine gewisse Flexibilität der entsprechenden Werte jeder Variable verfügen. Anmerkung: Dies sind gewöhnlich bestimmte Bedingungen für einen bestimmten Produkttyp; dieser Abschnitt kann auch einen Link zu einem geeigneten (beispielsweise einfach verwendbaren) Berechnungswerkzeug enthalten. Falls relevant: Es können auch andere Verfahren für den nachgeschalteten Anwender zur Überprüfung, ob er innerhalb der vom Expositionsszenarium vorgegebenen Grenzen arbeitet, angegeben werden.

## 4.4 Beispiel Expositionsszenarium

Im Folgenden wird ein Expositionsszenarium für die Kommunikation in der Lieferkette dargestellt, wie es vom Hersteller oder Importeur entwickelt werden sollte. Adressat ist der erste nachgeschaltete Anwender in der Lieferkette, zum Beispiel ein Formulierer von Bodenbeschichtungen.

### 4.4.1 Überblick über die Ergebnisse der Expositionsabschätzungen

**Szenario: Gewerbliche Verwendung von Benzylalkohol als Lösungsmittel in Bodenbeschichtungen**

#### Verwendungssektor:

SU 19 – Bauwirtschaft

SU 22 – Gewerbliche Verwendungen: Öffentlicher Bereich

(Verwaltung, Bildung, Unterhaltung, Dienstleistungen, Handwerk)

#### Arbeitnehmer

Transfer des Gemischs aus/in Gefäße	PROC 8a
Mischen zur Formulierung von Gemischen	PROC 5
Auftragen durch Rollen oder Streichen	PROC 10
Nicht-industrielles Sprühen	PROC 11

#### 4.4.1.1 Expositionsabschätzungen für Arbeitnehmer

**[PROC 8a]:** Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer bei „Transfer des Stoffes oder des Gemischs (Beschickung/Entleerung) aus/in Gefäße/große Behälter in nicht speziell für nur ein Produkt vorgesehenen Anlagen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	22,5 mg/m <sup>3</sup>	ECETOC TRA worker tool
Dermal: langfristig, systemisch	1,37 mg/kg/Tag	ECETOC TRA worker tool mit nachträglicher Verfeinerung

**[PROC 5]:** Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer bei „Mischen oder Vermengen in Chargenverfahren zur Formulierung von Gemischen und Erzeugnissen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	27 mg/m <sup>3</sup>	ECETOC TRA worker tool
Dermal: langfristig, systemisch	0,55 mg/kg/Tag	ECETOC TRA worker tool mit nachträglicher Verfeinerung

[PROC 10]: Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer bei „Auftragen durch Rollen oder Streichen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	67,5 mg/m <sup>3</sup>	ECETOC TRA worker tool
Dermal: langfristig, systemisch	1,10 mg/kg/Tag	ECETOC TRA worker tool mit nachträglicher Verfeinerung

[PROC 11]: Expositionsabschätzung für Arbeitnehmer bei „Nicht-industriellem Sprühen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	27 mg/m <sup>3</sup>	ECETOC TRA worker tool
Dermal: langfristig, systemisch	4,29 mg/kg/Tag	ECETOC TRA worker tool mit nachträglicher Verfeinerung

#### 4.4.1.2 Risikobewertungen für Arbeitnehmer

[PROC 8a]: Risikobewertung für Arbeitnehmer bei „Transfer des Stoffes oder des Gemischs (Beschickung/Entleerung) aus/in Gefäße/große Behälter in nicht speziell für nur ein Produkt vorgesehenen Anlagen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	RCR = 0,25	
Dermal: langfristig, systemisch	RCR = 0,15	Geeignete Schutzkleidung verwenden
Gesamt: langfristig, systemisch	RCR = 0,4	

[PROC 5]: Risikobewertung für Arbeitnehmer bei „Mischen oder Vermengen in Chargenverfahren zur Formulierung von Gemischen und Erzeugnissen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	RCR = 0,3	
Dermal: langfristig, systemisch	RCR = 0,06	Geeignete Schutzkleidung verwenden
Gesamt: langfristig, systemisch	RCR = 0,36	

**[PROC 10]:** Risikobewertung für Arbeitnehmer bei „Auftragen durch Rollen oder Streichen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	RCR = 0,75	
Dermal: langfristig, systemisch	RCR = 0,12	Geeignete Schutzkleidung verwenden
Gesamt: langfristig, systemisch	RCR = 0,87	

**[PROC 11]:** Risikobewertung für Arbeitnehmer bei „Nicht-industriellem Sprühen“

Expositionsweg	Expositionswert	Methode/Bezeichnung der Expositionsabschätzung
Inhalativ: langfristig, systemisch	RCR = 0,3	Geeigneten Atemschutz verwenden
Dermal: langfristig, systemisch	RCR = 0,45	Geeignete Schutzkleidung verwenden
Gesamt: langfristig, systemisch	RCR = 0,75	

#### 4.4.2 Expositionsszenarium für die Kommunikation in der Lieferkette

##### ES 1: Gewerbliche Verwendung [SU 22] – Bodenbeschichtung

1. Kurztitel des Expositionsszenariums	
Beschichtungen und Farben, Verdünner, Farbentferner PC 9a SU 19: Bauwirtschaft	
Arbeitnehmer	
Verdünnen des konzentrierten Produkts – Transfer zum Vermischen	PROC 8a
Mischen des Stoffs zu einem gebrauchsfertigen Gemisch	PROC 5
Auftragen mit Hand-Arbeitsmitteln – Pinzel oder Rollen	PROC 10
Sprühanwendung	PROC 11
2. Verwendungsbedingungen	
Kontrolle der Arbeitnehmersexposition für Verdünnen des konzentrierten Produkts – Transfer zum Vermischen (PROC 8a)	
Dauer und Häufigkeit der Verwendung	Betriebsdauer ≤ 1 Stunde
Konzentration des Stoffes in einem Gemisch	Bis zu 100 %
Andere relevante Verwendungsbedingungen	Verwendung bei Raumtemperatur; gute allgemeine Belüftung angenommen; Verwendung in Räumen angenommen
Risikomanagementmaßnahmen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tragen eines Gesichtsschutzvisiers; Tragen einer Sicherheitsbrille.</li> <li>– Tragen von Nitril-, Chlorpropen-, Butylkautschuk oder anderer geeigneter Handschuhe, die in Einklang mit EN374 eine Durchbruchzeit von 480 min und eine Effektivität von ≥ 90 % aufweisen.</li> <li>– Unterweisung zu Gebrauch und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung muss gegeben werden, um die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen sicherzustellen.</li> <li>– Einhalten allgemeiner arbeitshygienischer Maßnahmen.</li> </ul>	

**Kontrolle der Arbeitnehmersexposition beim Mischen des Stoffs zu einem gebrauchsfertigen Gemisch (PROC 5)**

Dauer und Häufigkeit der Verwendung	Betriebsdauer $\leq$ 8 Stunden
Konzentration des Stoffes in einem Gemisch	5–25 %
Andere relevante Verwendungsbedingungen	Verwendung bei Raumtemperatur; gute allgemeine Belüftung angenommen; Verwendung in Räumen angenommen

**Risikomanagementmaßnahmen**

- Tragen eines Gesichtsschutzvisiers; Tragen einer Sicherheitsbrille.
- Tragen von Nitril-, Chlorpropen-, Butylkautschuk oder anderer geeigneter Handschuhe, die in Einklang mit EN374 eine Durchbruchzeit von 480 min und eine Effektivität von  $\geq$  90 % aufweisen.
- Unterweisung zu Gebrauch und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung muss gegeben werden, um die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen sicherzustellen.
- Einhalten allgemeiner arbeitshygienischer Maßnahmen.

**Kontrolle der Arbeitnehmersexposition beim Auftragen mit Hand-Arbeitsmitteln – Pinsel oder Rollen (PROC 10)**

Dauer und Häufigkeit der Verwendung	Betriebsdauer $\leq$ 8 Stunden
Konzentration des Stoffes in einem Gemisch	5–25 %
Andere relevante Verwendungsbedingungen	Verwendung bei Raumtemperatur; gute allgemeine Belüftung angenommen; Verwendung in Räumen angenommen

**Risikomanagementmaßnahmen**

- Tragen eines Gesichtsschutzvisiers; Tragen einer Sicherheitsbrille.
- Tragen von Nitril-, Chlorpropen-, Butylkautschuk oder anderer geeigneter Handschuhe, die in Einklang mit EN374 eine Durchbruchzeit von 480 min und eine Effektivität von  $\geq$  90 % aufweisen.
- Unterweisung zu Gebrauch und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung muss gegeben werden, um die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen sicherzustellen.
- Einhalten allgemeiner arbeitshygienischer Maßnahmen.



Kontrolle der Arbeitnehmersexposition bei Sprühanwendungen (PROC 11)	
Dauer und Häufigkeit der Verwendung	Betriebsdauer $\leq$ 4 Stunden
Konzentration des Stoffes in einem Gemisch	5–25 %
Andere relevante Verwendungsbedingungen	Verwendung bei Raumtemperatur; gute allgemeine Belüftung angenommen; Verwendung in Räumen angenommen
Risikomanagementmaßnahmen	
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Tragen eines Gesichtsschutzvisiers; Tragen einer Sicherheitsbrille.</li> <li>– Tragen von Nitril-, Chlorpropen-, Butylkautschuk oder anderer geeigneter Handschuhe, die in Einklang mit EN374 eine Durchbruchzeit von 480 min und eine Effektivität von <math>\geq</math> 90 % aufweisen.</li> <li>– Tragen von persönlicher Atemschutzausrüstung (Halbmaske mit geeigneten Filterkartuschen).</li> <li>– Unterweisung zu Gebrauch und Wartung der persönlichen Schutzausrüstung muss gegeben werden, um die Wirksamkeit der Risikomanagementmaßnahmen sicherzustellen.</li> <li>– Einhalten allgemeiner arbeitshygienischer Maßnahmen.</li> </ul>	

Informationen über die Expositionsabschätzung und Leitlinien für nachgeschaltete Anwender				
Arbeitnehmersexposition; langfristig, systemisch				
Betrachtetes Szenario	Inhalativ	Dermal	RCR kombiniert	angewandte Expositions-Abschätzung
Verdünnen des konzentrierten Produkts – Transfer zum Vermischen (PROC 8a)	Exposition: 22,5 mg/m <sup>3</sup> RCR: 0,25	Exposition: 1,37 mg/kg/Tag RCR: 0,15	RCR: 0,4	Inhalativ: ECETOC TRA worker tool Dermal: erweitertes ECETOC TRA worker tool
Mischen des Stoffs zu einem gebrauchsfertigen Gemisch (PROC 5)	Exposition: 27 mg/m <sup>3</sup> RCR: 0,3	Exposition: 0,55 mg/kg/Tag RCR: 0,06	RCR: 0,36	Inhalativ: ECETOC TRA worker tool Dermal: erweitertes ECETOC TRA worker tool
Auftragen mit Hand-Arbeitsmitteln – Pinsel oder Rollen (PROC 10)	Exposition: 67,5 mg/m <sup>3</sup> RCR: 0,75	Exposition: 1,10 mg/kg/Tag RCR: 0,12	RCR: 0,87	Inhalativ: ECETOC TRA worker tool Dermal: erweitertes ECETOC TRA worker tool
Sprühanwendung (PROC 11)	Exposition: 27 mg/m <sup>3</sup> RCR: 0,3	Exposition: 4,29 mg/kg/Tag RCR: 0,45	RCR: 0,75	Inhalativ: ECETOC TRA worker tool Dermal: erweitertes ECETOC TRA worker tool

### Leitlinien für den nachgeschalteten Anwender, um zu bewerten, ob er in den vom Expositionsszenarium vorgegebenen Grenzen arbeitet

ECETOC TRA Version 2.0 (erweitert) wurde verwendet, um die Arbeitnehmer-Exposition abzuschätzen.

Modifikationen wurden vorgenommen, um das Tragen von geeigneten Schutzhandschuhen zur Reduktion der Hautbelastung zu berücksichtigen (90 % Effektivität). Zudem wurde die dermale Expositionsabschätzung bei Tätigkeiten mit geringer Stoff-Konzentration (5–25 %) um einen Faktor von 0,4 reduziert (40 % Effektivität).

### Eingangsparameter für die Expositionsabschätzung

Betrachtetes Szenario	PROC	Expositions- weg	Dauer	Konzentration Stoff	Absaugung (LEV)	Atemschutz (Effektivität)	Hautschutz (Effektivität)
Verdünnen des konzentrierten Produkts –Transfer zum Vermischen	PROC 8a	Dermal Inhalativ	bis zu 1 Stunde	bis zu 100 %	N/A	N/A	90 %
Mischen des Stoffs zu einem gebrauchsfertigen Gemisch	PROC 5	Dermal Inhalativ	bis zu 8 Stunden	Bis zu 25 %	N/A	N/A	90 %
Auftragen mit Hand – Arbeitsmitteln – Pinsel oder Rollen	PROC 10	Dermal Inhalativ	bis zu 8 Stunden	Bis zu 25 %	N/A	N/A	90 %
Sprühanwendung	PROC 11	Dermal Inhalativ	bis zu 4 Stunden	Bis zu 25 %	N/A	90 %	90 %

## Anhang

### Liste der Deskriptoren für Verfahrenskategorien (PROC)

<b>PROC 1</b>	Verwendung in geschlossenem Verfahren, keine Expositions Wahrscheinlichkeit	<b>PROC 13</b>	Behandlung von Erzeugnissen durch Tauchen und Gießen
<b>PROC 2</b>	Verwendung in geschlossenem, kontinuierlichem Verfahren mit gelegentlicher kontrollierter Exposition	<b>PROC 14</b>	Produktion von Zubereitungen oder Erzeugnissen durch Tablettieren, Pressen, Extrudieren, Pelettieren
<b>PROC 3</b>	Verwendung in geschlossenem Chargenverfahren (Synthese o. Formulierung)	<b>PROC 15</b>	Verwendung als Laborreagenz
<b>PROC 4</b>	Verwendung in Chargen- und anderen Verfahren (Synthese), bei denen die Möglichkeit einer Exposition besteht	<b>PROC 16</b>	Verwendung von Material als Brennstoffquelle, begrenzte Exposition gegenüber unverbranntem Produkt ist zu erwarten
<b>PROC 5</b>	Mischen oder Vermengen in Chargenverfahren zur Formulierung von Zubereitungen* und Erzeugnissen (mehrfacher und/oder erheblicher Kontakt)	<b>PROC 17</b>	Schmierung unter Hochleistungsbedingungen und in teilweise offenem Verfahren
<b>PROC 6</b>	Kalandriervorgänge	<b>PROC 18</b>	Schmieren unter Hochleistungsbedingungen
<b>PROC 7</b>	Industrielles Sprühen	<b>PROC 19</b>	Handmischen mit engem Kontakt und nur persönlicher Schutzausrüstung
<b>PROC 8a</b>	Transfer des Stoffes oder der Zubereitung (Beschickung/Entleerung) aus/in Gefäße/große Behälter in nicht speziell für nur ein Produkt vorgesehenen Anlagen	<b>PROC 20</b>	Wärme- und Druckübertragungsflüssigkeiten in dispersiver, gewerblicher Verwendung, jedoch in geschlossenen Systemen
<b>PROC 8b</b>	Transfer des Stoffes oder der Zubereitung (Beschickung/Entleerung) aus/in Gefäße/große Behälter in speziell für nur ein Produkt vorgesehenen Anlagen	<b>PROC 21</b>	Energiearme Handhabung von Stoffen, die in Materialien und/oder Erzeugnissen gebunden sind
<b>PROC 9</b>	Transfer des Stoffes oder der Zubereitung in kleine Behälter (spezielle Abfüllanlage, einschließlich Wägung)	<b>PROC 22</b>	Potenziell geschlossene Verarbeitung mit Mineralien/Metallen bei erhöhter Temperatur, Industrieller Bereich
<b>PROC 10</b>	Auftragen durch Rollen oder Streichen	<b>PROC 23</b>	Offene Verarbeitung und Transfer mit Mineralien/Metallen bei erhöhter Temperatur
<b>PROC 11</b>	Nicht-industrielles Sprühen	<b>PROC 24</b>	(Mechanische) Hochleistungsbearbeitung von Stoffen, die in Materialien und/oder Erzeugnissen gebunden sind
<b>PROC 12</b>	Verwendung von Blähmitteln bei der Herstellung von Schaumstoff	<b>PROC 25</b>	Sonstige Warmbearbeitung mit Metallen
		<b>PROC 26</b>	Handhabung von anorganischen Feststoffen bei Umgebungstemperatur
		<b>PROC 27a</b>	Produktion von Metallpulvern (Warmverfahren)
		<b>PROC 27b</b>	Produktion von Metallpulvern (Nassverfahren)

## Glossar

**ART:** (advanced REACH tool) Modell zur Expositionsabschätzung höherer Stufe.

**CMR:** („Substances that are carcinogenic, mutagenic or toxic for reproduction“): Kanzerogene (krebserzeugende), mutagene (erbgutverändernde) oder reproduktionstoxische (fortpflanzungsgefährdende) Stoffe.

**CSR:** Siehe „Stoffsicherheitsbericht“.

**COSHH Essentials:** (Control of Substances Hazardous to Health Essentials) Bewertungsmethode, die das Britische Amt für Gesundheit und Sicherheit (HSE) entwickelt hat, um Firmen dabei zu unterstützen, Gesetzeskonformität mit dem Gesetz zur Kontrolle von gesundheitsgefährlichen Stoffen (Control of Substances Hazardous to Health Regulations, COSHH) zu erreichen.

**DEO:** (Dermal Exposure Operation Units) Tätigkeitsklasse im RISKOFDERM-Modell.

**DNEL:** (Derived No Effect Level) Der DNEL-Wert berechnet sich aus dem niedrigsten validen Wirkwert in Kombination mit bestimmten Sicherheitsfaktoren. Aus gesundheitlichen Gründen sollten Menschen oberhalb dieser Konzentration einem Stoff nicht ausgesetzt werden.

**DMEL:** (Derived Minimal Effect Level) DMEL werden als risikobasierte Expositionsreferenzwerte für genotoxische Stoffe in Leitlinien zur REACH-Anwendung vorgeschlagen. Für Stoffe, bei denen eine Dosis, ab der keine schädliche Wirkung für den Menschen zu erwarten ist, nicht bestimmt werden kann, wird der DMEL für die Risikobewertung genutzt. Um einen DMEL sinnvoll für eine Risikobewertung nutzen zu können, ist es daher zwingend erforderlich auch zu definieren, welches Risiko bei Einhaltung des DMEL noch besteht.

**EASE:** (Estimation and Assessment of Substance Exposure) erstes, Anfang der 90er Jahre von der britischen Health and Safety Executive (HSE) entwickeltes Modell (Tier 1) zur Abschätzung beruflicher Exposition.

**ECETOC:** (European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals); ECETOC ist eine nicht profitorientierte, wissenschaftliche Körperschaft der chemischen Industrie in Europa, in der alle wichtigen chemischen Industrieunternehmen der EU Mitglied sind

**ECETOC TRA worker tool:** Modell zur Expositionsabschätzung erster Stufe. TRA steht für „Targeted Risk Assessment“.

**EMKG:** (Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe) Handlungshilfe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin für die Gefährdungsbeurteilung bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen.

**Erweitertes Sicherheitsdatenblatt (eSDB):** Ein Sicherheitsdatenblatt enthält u. a. Sicherheitshinweise für den Umgang mit gefährlichen Stoffen. Ein erweitertes Sicherheitsdatenblatt enthält zusätzlich Expositionsszenarien, die ihrerseits Teil des Stoffsicherheitsberichts sind.

**Exposition:** Im Sinne des Arbeits- und Verbraucherschutzes bedeutet es, dass Menschen mit einem Stoff in Kontakt kommen. Umweltexposition bedeutet, dass Stoffe in die Umweltmedien Luft, Oberflächenwasser, Boden und Grundwasser gelangen und die dort lebenden Organismen ihnen ausgesetzt sind.

**Expositionsszenarium:** Nach REACH (Artikel 3 Nr. 37) „Zusammenstellung von Bedingungen, einschließlich der Verwendungsbedingungen und Risikomanagementmaßnahmen, mit denen dargestellt wird, wie der Stoff hergestellt oder während seines Lebenszyklus verwendet wird und wie der Hersteller oder Importeur die Exposition von Mensch und Umwelt beherrscht oder den nachgeschalteten Anwendern zu beherrschen empfiehlt. Diese Expositionsszenarien können ein spezifisches Verfahren oder eine spezifische Verwendung oder gegebenenfalls verschiedene Verfahren oder Verwendungen abdecken“.

**HSE:** (Health and Safety Executive) Britisches Amt für Gesundheit und Sicherheit.

**HERAG:** (Health Risk Assessment Guidance for Metals) Schutzleitfaden für Metalle, erarbeitet von der ERBC GmbH.

**IOEL:** (Indicative Occupational Exposure Limit) Richtgrenzwert für berufliche Exposition.

**Nachgeschalteter Anwender:** Nach REACH Artikel 3 „natürliche oder juristische Person mit Sitz in der Gemeinschaft, die im Rahmen ihrer industriellen oder gewerblichen Tätigkeit einen Stoff als solchen oder in einem Gemisch verwendet, mit Ausnahme des Herstellers oder Importeurs. Händler oder Verbraucher sind keine nachgeschalteten Anwender. Ein [...] Reimporteur gilt als nachgeschalteter Anwender“.

**OEL:** (Occupational exposure limit) Grenzwert für berufliche Exposition

**PBT:** (engl. „Substances that are persistent, bioaccumulative and toxic“) Stoffe mit persistenten, bioakkumulierbaren und toxischen Eigenschaften. Persistent bedeutet dabei, dass ein Stoff in der Umwelt stabil ist und nur langsam abgebaut werden kann. Bioakkumulierbar bedeutet, dass sich ein Stoff in Lebewesen anreichern kann (und dadurch Konzentrationen in einem Gewebe erreicht werden, die wiederum toxische Effekte auslösen können). Toxisch bedeutet, dass ein Stoff schädlich für Lebewesen ist.

**PSA:** Persönliche Schutzausrüstung.

**vPvB:** („Substances that are very persistent and very bioaccumulative“) Stoffe, die zwar nicht als toxisch bekannt, aber besonders persistent und besonders stark bioakkumulierbar sind.

**Perzentil:** (lat. „Hundertstelwert“) Perzentile sind die Zerlegung von Verteilungen in 1%-Segmente. „95-Perzentil“ bedeutet demnach, dass unterhalb dieses Punktes 95% aller Fälle der Verteilung liegen (z. B. 95% der gemessenen Werte einer Messreihe).

**PROC:** Prozesskategorie. Unter REACH können industriellen und gewerblichen Prozessen nummerierte Kategorien zugeordnet werden.

**RISKOFDERM:** Expositionsmodell, das im Rahmen des gleichnamigen Projektes auf EU-Ebene unter Beteiligung vieler europäischer Institutionen entwickelt wurde. Es ist beschränkt auf Tätigkeiten, bei denen dermale Exposition auftreten kann.

**Stoffsicherheitsbericht:** (auch „CSR“, Chemical Safety Report) Der von REACH vorgesehene Stoffsicherheitsbericht enthält die Stoffsicherheitsbeurteilung, die für alle registrierten Stoffe durchzuführen ist, die der Registrierungspflichtige in Mengen von 10 Tonnen oder mehr pro Jahr herstellt oder einführt.

**Stoffsicherheitsbeurteilung:** Für alle Stoffe, die registrierungspflichtig sind, ist eine Stoffsicherheitsbeurteilung durchzuführen und ein Stoffsicherheitsbericht zu erstellen, wenn der Registrierungspflichtige diese Stoffe in Mengen von 10 Tonnen oder mehr pro Jahr herstellt oder einführt. Die Stoffsicherheitsbeurteilung ist entweder für jeden Stoff als solchen oder in einem Gemisch oder für eine Stoffgruppe durchzuführen.

**Tier:** Englisch für „Stufe“.

**Tiered approach:** Gestufter Ansatz.

**TNO:** (Nederlandse Organisatie voor Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek) Niederländische Organisation für Angewandte Naturwissenschaftliche Forschung.

## Nützliche Internetadressen

EMKG Expo Tool

[www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG.html](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/EMKG.html)

Schutzleitfaden des EMKG

[www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/Schutzleitfaeden.htm](http://www.baua.de/de/Themen-von-A-Z/Gefahrstoffe/EMKG/Schutzleitfaeden.htm)

„Control guidance sheets“ der COSHH Essentials

[www.hse.gov.uk/pubns/guidance](http://www.hse.gov.uk/pubns/guidance)

ECETOC TRA

[www.ecetoc.org/tra](http://www.ecetoc.org/tra)

MEASE

[www.ebrc.de/industrial-chemicals-reach/projects-and-references/mease.php](http://www.ebrc.de/industrial-chemicals-reach/projects-and-references/mease.php)

Stoffenmanager

[www.stoffenmanager.nl/Public/Explanation.aspx](http://www.stoffenmanager.nl/Public/Explanation.aspx)

Deutschsprachige Version des Stoffenmanager

<https://gestis-stoffmanager.dguv.de>

ART (Advanced REACH Tool)

[www.advancedreachtool.com](http://www.advancedreachtool.com)

RISKOFDERM

[www.tno.nl/downloads/RISKOFDERM%20potential%20dermal%20exposure%20model%20vs%202.1t.xls](http://www.tno.nl/downloads/RISKOFDERM%20potential%20dermal%20exposure%20model%20vs%202.1t.xls)

Spray Expo

[www.baua.de/dok/688394](http://www.baua.de/dok/688394)

Technische Regeln Gefahrstoffe (TRGS)

[www.baua.de/trgs](http://www.baua.de/trgs)

Europäische Chemikalienagentur

<http://echa.europa.eu/de/>

Nationale Auskunftsstelle REACH-CLP-Biozid Helpdesk

[www.reach-clp-biozid-helpdesk.de](http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de)

Leitlinien zu Informationsanforderungen und Stoffsicherheitsbericht

<http://echa.europa.eu/de/guidance-documents/guidance-on-reach>

[www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Rechtstexte/Leitlinien/RIP.html](http://www.reach-clp-biozid-helpdesk.de/de/Rechtstexte/Leitlinien/RIP.html)

Leitlinien in Kürze – Stoffsicherheitsbeurteilung

[http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/nutshell\\_guidance\\_csa\\_de.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/nutshell_guidance_csa_de.pdf)





## Impressum

### REACH-Info 11

REACH: Expositionsabschätzung für den Arbeitsschutz

Text:

Dr. Anna Gutberlet, Dr. Dag Rother, Dr. Michal Wiecko, Dr. Michael Roitzsch  
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Herausgeber:

Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA)

Friedrich-Henkel-Weg 1–25, 44149 Dortmund

Telefon 0231 9071-2071

Fax 0231 9071-2070

info-zentrum@baua.bund.de

**www.baua.de**

Gestaltung: eckedesign, Berlin

Herstellung: Bonifatius GmbH, Paderborn

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vorheriger Zustimmung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin

Haftungsansprüche materieller oder ideeller Art gegen die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, die durch die Nutzung oder Nichtnutzung der angebotenen Informationen beziehungsweise durch die Nutzung fehlerhafter und unvollständiger Informationen verursacht werden, sind grundsätzlich ausgeschlossen, es sei denn, sie sind nachweislich auf vorsätzliches oder grob fahrlässiges Verschulden unseres Hauses

1. Auflage, Juli 2014

ISBN 978-3-88261-018-5



[www.baua.de/dok/5301438](http://www.baua.de/dok/5301438)

ISBN 978-3-88261-018-5

  
reach-clp-biozid