

Deutsche Fassung des Beitrags:

*Nies, E.; Musanke, U.; Püringer, J.; Rühl, R.; Arnone, M.: DNELs for workplaces – observations from an inspection of the DGUV DNEL list. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 73 (2013) Nr. 11/12, S. 455-462.*

## **DNEL-Werte für Arbeitsplätze – Beobachtungen beim Sichten der DNEL-Liste der DGUV**

*E. Nies, U. Musanke, J. Püringer, R. Rühl, M. Arnone*

### **Zusammenfassung**

DNEL-Werte (Derived No-Effect Levels) werden im Rahmen des EU-Chemikalienprogramms REACH von den Inverkehrbringern aufgestellt und liefern dem Gesundheitsschutz bei der Arbeit neue Beurteilungsmaßstäbe. Mit der DNEL-Liste der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung wurde der Zugang zu vielen arbeitsplatzrelevanten DNEL-Werten über das Internet erleichtert. Eine erste Sichtung der DNEL-Liste brachte einige Widersprüche und Mängel zutage, z. B. DNEL-Werte für Stoffe ohne bekannte toxikologische Wirkschwelle oder eine überhäufige Anzahl von identischen DNEL-Werten für die systemische und lokale Wirkung eines Stoffes. Solche einfachen Auswertungen könnten dazu beitragen, ein grundsätzlich willkommenes Instrument der Expositionsbewertung zu optimieren.

### **1 DNEL-Werte**

Zu den nach der EU-Chemikalienverordnung REACH [1] geforderten stoffspezifischen Informationen zählen auch Derived No-Effect Levels (DNEL-Werte). Diese Expositionsgrenzwerte für Tätigkeiten mit dem registrierungspflichtigen gefährlichen Stoff müssen die Hersteller oder Importeure bei Produktions- bzw. Einfuhrmengen von zehn oder mehr Jahrestonnen (jato) aufstellen und im Stoffsicherheitsbericht und Sicherheitsdatenblatt aufführen. Obwohl die Ausweisung von DNEL-Werten auf der Internetseite der Europäischen Chemikalienagentur (ECHA) nicht verpflichtend ist, stehen dort, integriert in der Datenbank registrierter Stoffe [2], schon jetzt DNEL-Werte in großer Zahl zur Verfügung.

Diese sind wichtige Beurteilungsmaßstäbe bei der Bewertung der Exposition, falls keine verbindlichen nationalen Grenzwerte für den betreffenden Stoff existieren. So sind in Deutschland die Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW) aus der Technischen Regel für Gefahrstoffe (TRGS) 900 [3] weiterhin die für den Arbeitgeber verbindlichen Luftgrenzwerte am Arbeits-

platz. Die DNEL für Arbeitnehmer sind aber bei der Gefährdungsbeurteilung zu berücksichtigen [4 bis 6].

Gemäß den Vorgaben der REACH-Verordnung müssen DNEL-Werte für die wahrscheinlichsten Expositionswege (inhalativ, dermal und oral) für jede relevante Bevölkerungsgruppe (z. B. Arbeitnehmer, Verbraucher und Menschen, bei denen es indirekt über die Umwelt zu einer Exposition kommen könnte) und gegebenenfalls für bestimmte Untergruppen (z. B. Kinder, Schwangere) abgeleitet werden. Die ECHA-Leitlinie R.8 [7] nennt als Hilfe zur Umsetzung von REACH 15 verschiedene Arten von DNEL-Werten (das für die Registrierung etablierte Softwareprogramm IUCLID sieht sogar 18 DNEL-Typen vor), von denen vier besonders wichtig für den Arbeitsplatz sind:

- Arbeitnehmer: Langzeit – inhalativ, systemische Wirkungen,
- Arbeitnehmer: Langzeit – inhalativ, lokale Wirkungen,
- Arbeitnehmer: Langzeit – dermal, systemische Wirkungen,
- Arbeitnehmer: Langzeit – dermal, lokale Wirkungen.

## **2 Die DNEL-Liste der DGUV**

Seit Anfang 2013 steht die DNEL-Datenbank [8] des Gefahrstoffinformationssystems GESTIS der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV) allen Interessierten im Internet zur Verfügung. Kernstück ist eine Liste arbeitsplatzrelevanter DNEL-Werte, also solche für Arbeitnehmer bei inhalativer Langzeitexposition (lokale und systemische Wirkungen), die von der Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU) zusammengestellt wurden. Der durch die DGUV koordinierte Arbeitskreis „DNEL-Liste“ gestaltet und begleitet den Internetauftritt.

Die überwiegende Zahl der DNEL-Werte in der DGUV-Liste wurde Mitte 2012 aus den stoffspezifischen Registrierungseinträgen entnommen, die auf der Internetseite der Europäischen Chemikalienagentur hinterlegt sind [2]. Es handelt sich somit zumeist um „Großstoffe“, die Hersteller und Importeure in der ersten REACH-Registrierungsperiode bearbeiteten: Bis zum 1. Dezember 2010 waren Stoffe, von denen mindestens ein Inverkehrbringer mindestens 1 000 jato produziert oder einführt, sowie umweltgefährliche Substanzen ab 100 jato und krebserzeugende, erbgutverändernde oder fortpflanzungsgefährdende Stoffe ab 1 jato zu registrieren. Knapp 75 % der Substanzen in der DNEL-Liste der DGUV gehören zu den Stoffen  $\geq 1\,000$  jato, ca. 10 % zu den Stoffen  $\geq 100$  jato und ca. 5 % zu den Stoffen  $\geq 1$  jato. Bei 7 % der Substanzen ist die Produktionsmenge vertraulich und 2 % wurden nur als Zwischenprodukte registriert. Einige wenige DNEL-Werte der DGUV-Liste stammen aus Sicherheitsdatenblättern.

Zweifellos kann am Arbeitsplatz auch die Hautexposition eine bedeutende Rolle spielen. Da zur Ermittlung von Grenzwerten für die dermale Belastung erst spärliche Erfahrungen vorliegen, standardisierte Messverfahren für Einzelstoffe fehlen und man nur auf wenige Referenzmesswerte zurückgreifen kann, beschränkt sich die DNEL-Liste der DGUV vorerst auf arbeitsplatzrelevante Grenzwerte für die Langzeitinhalation.

Insgesamt enthält die DNEL-Liste der DGUV derzeit (Stand: August 2013) für 1 781 Stoffeinträge mindestens einen arbeitsplatzrelevanten Langzeit-DNEL-Wert. Für eine Teilmenge von 1 290 Substanzen, die chemisch eindeutig charakterisierbar sind, hält die GESTIS-DNEL-Datenbank zusätzliche spezifische Informationen bereit, wie Synonyme, Strukturformel sowie gegebenenfalls den deutschen Arbeitsplatzgrenzwert (AGW) und einen Hinweis, falls eine Einstufung als eindeutig krebserzeugend vorliegt. Bei den verbleibenden knapp 500 Stoffen mit DNEL-Wert handelt es sich häufig um Reaktionsgemische und chemisch nicht eindeutig identifizierbare Einträge (z. B. „Rosin, fumarated, reaction products with formaldehyde“) aus der ECHA-Internetseite. Auch Bezeichnungen wie „Z-44“, „Renewable hydrocarbons (Diesel type fraction)“, „Ashes (residues), rice husk“ oder schlicht „none available“ kommen als Stoffnamen vor.

Dem Zeitplan der REACH-Verordnung gehorchend mussten Chemikalien, die jährlich in Mengen von 100 bis 1 000 t in EU-Staaten produziert oder importiert werden, bis zum 1. Juni 2013 bei der ECHA registriert werden. Nach Angaben der ECHA [9] wurden in dieser zweiten Phase über 9 000 Registrierungen zu rund 2 900 Stoffen eingereicht. Diese sind bereits zu einem großen Teil auf den ECHA-Internetseiten eingestellt. Wie schon während der ersten Periode haben sich deutsche Unternehmen überproportional beteiligt.

Die folgenden Ausführungen beschränken sich auf diejenigen Substanzen, die bis Mitte 2012 zur Registrierung gemeldet wurden. Es handelt sich dabei um etwa 5 300 Stoffe, davon ca. 1 800 mit einem inhalativen Langzeit-DNEL für den Arbeitsplatz, die derzeit die Grundlage der DNEL-Liste der DGUV bilden.

### **3 Arbeitsplatz-DNEL auf der ECHA-Internetseite**

Die Angaben aus den Registrierungseinträgen der Hersteller und Importeure, darunter die stoffspezifischen DNEL-Werte, publiziert die ECHA ungeprüft auf ihren Internetseiten [10]. Der letzte Fortschrittsbericht der ECHA [11] beklagt allerdings erhebliche Mängel in den eingegangenen Dossiers, speziell hinsichtlich der Stoffidentität, Expositionsermittlung, Risikobeschreibung und bei bestimmten toxikologischen Tests. Eine ECHA-Mitteilung [12] spricht von Nachbesserungsbedarf bei mehr als der Hälfte der Registrierungsdossiers. Die Chemikalienagentur selbst hat in Form der „Dossier Evaluations“ 5 % der Registrierungsdossiers auf Erfüllung der Anforderungen zu kontrollieren (REACH-Verordnung, Artikel 41).

Dabei ist die Prüfung eines DNEL-Wertes möglich, findet sich jedoch nicht in den Prioritäten, nach denen Dossiers auszuwählen sind.

Nach einem „Rolling Action Plan“ [13] sollen die EU-Mitgliedstaaten „Substance Evaluations“ für problematische Stoffe durchführen. Bei der Auswahl wird der Schwerpunkt auf persistente, bioakkumulierbare und ökotoxische Stoffe sowie auf solche mit krebserzeugenden, erbgutverändernden und fortpflanzungsgefährdenden (CMR) sowie sensibilisierenden Eigenschaften gelegt. Die „Substance Evaluation“ soll die eingereichte Risikobewertung eingehend prüfen, die Nachforderung fehlender Daten veranlassen und erforderlichenfalls Beschränkungen oder Zulassungspflichten vorschlagen. DNEL-Korrekturen könnten verlangt werden [14].

Die meisten DNEL-Werte dürften bislang keiner unabhängigen Qualitätskontrolle unterzogen worden sein. Begründungspapiere, die den Ableitungsweg nachvollziehbar machen, sind der wissenschaftlichen Öffentlichkeit nicht zugänglich. In mehreren Fällen wird ein „Overall Assessment Factor“ offengelegt, mit dem der DNEL berechnet wurde, wobei überwiegend die höchste Dosis oder Konzentration ohne schädlichen Effekt auf die Gesundheit (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) als Ausgangspunkt dient.

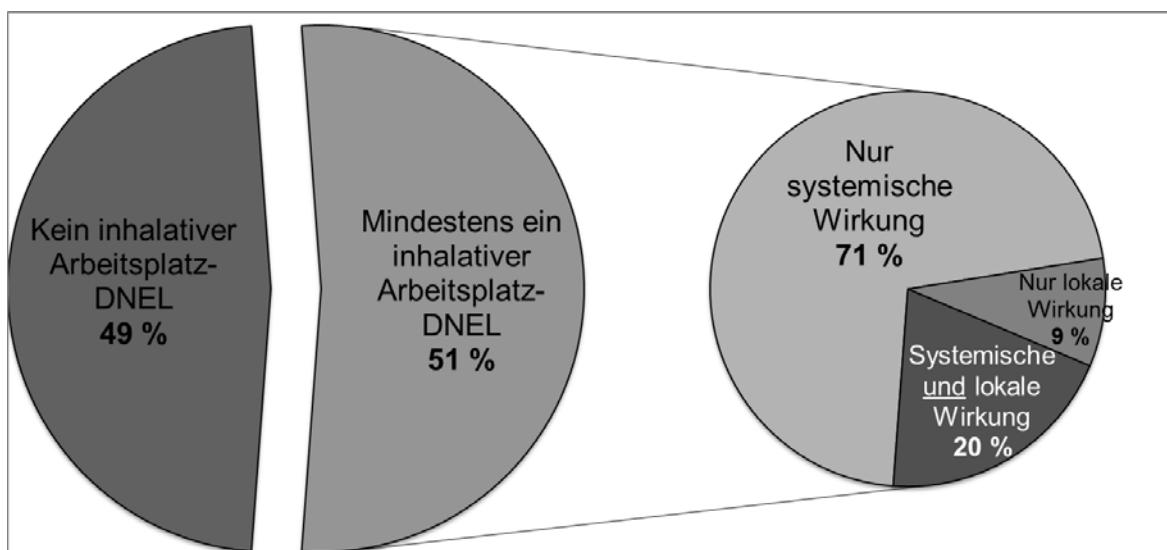
Auch der Arbeitskreis „DNEL-Liste“ der DGUV ist nicht in der Lage, die DNEL-Werte wissenschaftlich zu überprüfen. Schon bei erster Durchsicht der DNEL-Liste fallen jedoch gewisse Widersprüche ins Auge, die hier näher dargestellt werden sollen. Weil bei der Zusammenstellung der DNEL-Liste durch die DGUV Übertragungsfehler nicht auszuschließen sind, könnten die folgenden Angaben zwar numerische Ungenauigkeiten enthalten oder unvollständig sein, was aber nichts an den beschriebenen Tendenzen ändert:

1. Bis Mitte 2012 war eine Gesamtzahl von rund 5 300 Stoffen bei der ECHA registriert. Rund 3 500 dieser Stoffe hatten eine volle Registrierung, d. h. nicht nur einen eingeschränkten Datensatz, wie er z. B. für isolierte Zwischenprodukte zulässig ist. Unter diesen 3 500 fanden sich nur für rund 1 800 Stoffe Registrierungseinträge, die mindestens einen inhalativen Langzeit-DNEL für Arbeitnehmer enthielten. **Bild 1** zeigt, dass es sich vorwiegend um inhalative Langzeit-DNEL-Werte für systemische Wirkungen handelt. 9 % der Stoffe weisen einen DNEL-Wert ausschließlich für die lokale Wirkung auf. 20 % aller Stoffe haben DNEL-Werte sowohl für systemische als auch für lokale Langzeiteffekte.
2. In 211 Registrierungseinträgen – das sind 12 % aller Stoffe der DNEL-Liste der DGUV, aber über 55 % aller Substanzen mit einem DNEL-Wert sowohl für die lokale als auch für die systemische Wirkung – fanden sich identische DNEL-Angaben für beide Kategorien.

3. Für nur 43 Stoffe (2 % aller Stoffe der DNEL-Liste der DGUV) gibt es jeweils mehrere Registrierungseinträge mit voneinander abweichenden Arbeitsplatz-DNEL-Werten für den lokalen bzw. systemischen Effekt (Langzeitinhalation). Besonders bei petrostämmigen Gemischen und Siedeschnitten sind die Divergenzen mitunter beachtlich (bis Faktor 60). Aber auch für chemisch eindeutig charakterisierte Einzelstoffe wie Natriumchlorat (Eintrag A: DNEL systemisch 5 mg/m<sup>3</sup>; Eintrag B: DNEL systemisch 0,51 mg/m<sup>3</sup>) oder Triethylglykolmonobutylether (Eintrag A: DNEL lokal 30,5 mg/m<sup>3</sup>, systemisch 24 mg/m<sup>3</sup>; Eintrag B: DNEL lokal –, systemisch 195 mg/m<sup>3</sup>) kann die Spannbreite beträchtlich sein. Bei Xylol liegt der systemische DNEL-Wert eines Registranten für das Isomergemisch mit 77 mg/m<sup>3</sup> niedriger als die lokalen und systemischen DNEL-Werte der Einzelisomere aus anderen Registrierungen (221 mg/m<sup>3</sup>). Der DGUV-Arbeitskreis „DNEL-Liste“ wird solche Diskrepanzen an die ECHA und den Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS) melden.
4. 43 der auf der ECHA-Webseite aufgeführten Stoffe mit DNEL-Werten (2 % aller Stoffe der DNEL-Liste der DGUV) sind in Anhang VI der CLP-Verordnung [15] bzw. vom Hersteller (Registrierungsdaten) als eindeutig krebserzeugend mit H350/R45 oder H350i/R49 eingestuft oder in der Technischen Regel 905 „Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe“ [16] unter der Krebskategorie 1 oder 2 (entspricht den CLP-Kategorien 1A und 1B) aufgelistet. In der GESTIS-DNEL-Datenbank werden derartige „DNEL-Werte“ zwar bis auf Weiteres genannt, aber mit einem deutlichen Warnhinweis versehen.
5. Die in **Tabelle 1** gelisteten Substanzen sind nicht als gesundheitsschädlich eingestuft, haben aber erstaunlich kleine DNEL-Werte (< 1 mg/m<sup>3</sup>).

#### Bild 1:

Anteil der Stoffe mit inhalativen Arbeitsplatz-DNEL-Werten an allen bis Mitte 2012 voll registrierten Stoffen – Verteilung der DNEL-Werte nach Expositionskategorie.



### Tabelle 1:

Nicht als gesundheitsschädlich eingestufte Stoffe mit sehr kleinen DNEL-Werten.

Stoff	CAS-Nummer	DNEL in mg/m <sup>3</sup>	
		lokal	systemisch
Benzoin	119-53-9		0,1
Kaliumiodid	7681-11-0		0,7081
	7681-11-0		0,07
Aluminiumfluorid	7784-18-1		0,047
Laurinlactam	947-04-6		0,88

## 4 DNEL und Luftgrenzwerte aus Deutschland und Europa

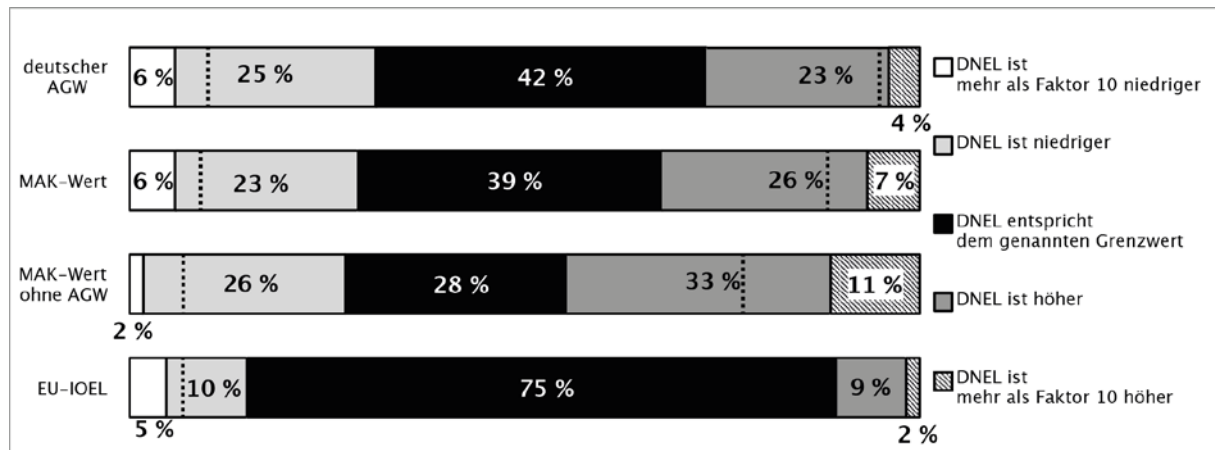
In Deutschland sind die AGW der TRGS 900 [3] einzuhalten. Sie basieren größtenteils auf MAK-Werten der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) [17]. Ein Vergleich existierender AGW und von MAK-Werten mit DNEL ist daher aus Sicht des deutschen Arbeitsschutzes von einigem Interesse.

### 4.1 Arbeitsplatzgrenzwerte (AGW)

Von den ca. 1 800 in der DNEL-Liste enthaltenen Stoffen weisen 309 (17 %) einen AGW auf. 54 davon fallen unter den Geltungsbereich des Gruppen-AGW für Kohlenwasserstoffgemische. Ein Vergleich der DNEL-Werte der restlichen 255 Substanzen mit ihrem AGW (vgl. **Bild 2**, erste Zeile) zeigt, dass 42 % aller DNEL-Werte mit den AGW übereinstimmen. Jeweils ein Viertel der DNEL-Werte sind bis um den Faktor 10 höher oder niedriger als der deutsche AGW. Bei 4 % der Substanzen ist der DNEL-Wert allerdings um mehr als den Faktor 10 größer als der AGW und bei 6 % der Substanzen um mehr als den Faktor 10 kleiner (**Tabelle 2**). Besonders hervorgehoben seien Naphthalin, Trimellitsäureanhydrid oder Diphenylether mit DNEL-Werten, die 35- bis 400-mal so hoch sind wie der AGW. **Tabelle 3** zeigt das andere Extrem: Die DNEL-Werte dieser Stoffe sind um den Faktor 10 bis 86 kleiner als die AGW.

**Bild 2:**

Übereinstimmungsgrad zwischen DNEL-Werten und deutschen AGW oder MAK-Werten der DFG (für alle MAK-Stoffe und für MAK-Stoffe ohne AGW) sowie den Indicative Occupational Exposure Limit Value (IOEL) der EU-Kommission. Die Unterteilungen in den Bereichen „DNEL ist niedriger“ (links) und „DNEL ist höher“ (rechts) – markiert durch eine gestrichelte Linie – beziehen sich auf eine Abweichung um den Faktor 5 anstelle des Faktors 10.



**Tabelle 2:**

Stoffe mit DNEL-Werten, die um mehr den als Faktor 10 höher sind als der deutsche AGW.

Stoff	CAS-Nummer	DNEL in mg/m <sup>3</sup>		AGW in mg/m <sup>3</sup>	DNEL/AGW	
		lokal	systemisch		lokal	systemisch
Borsäure	10043-35-3		8,3	0,5		16,6
Dinatriumoctaborat	12008-41-2		6,9	0,5		13,8
Diphenylether	101-84-8	9,68*	245,8	7,1	1,4*	34,6
Ethanthiol	75-08-1	18,6	14,5	1,3	14,3	11,2
Naphthalin	91-20-3	25	25	0,5	50,0	50,0
Natriumtetraborat	1330-43-4	11,7	6,7	0,5	23,4	13,4
Schwefelhexafluorid	2551-62-4	77 900	77 900	6 100	12,8	12,8
Silber(I)-oxid	20667-12-3		0,107	0,01		10,7
Trimellitsäureanhydrid	552-30-7		17,5	0,04		437,5
Zinkselenit	13597-46-1		1,7	0,05		34,0

\*Kursiv gedruckte Zahlen entsprechen weiteren DNEL-Werten der Substanz, die allerdings nicht um mehr als den Faktor 10 größer sind als der deutsche AGW.

**Tabelle 3:**

Stoffe mit DNEL-Werten, die um mehr als den Faktor 10 niedriger sind als der deutsche AGW.

Stoff	CAS-Nummer	DNEL in mg/m <sup>3</sup>		AGW in mg/m <sup>3</sup>	DNEL/AGW	
		lokal	systemisch		lokal	systemisch
1,3-Dioxolan	646-06-0		19	310		0,061
1-Chlorbutan	109-69-3		8,5	95,5		0,089
1-Nitropropan	108-03-2	3,6	7,1	92	0,039	0,077
2-(Diethylamino)ethanol	100-37-8	1,07	7,34*	24	0,045	0,306*
2-Butin-1,4-diol	110-65-6	0,02	0,02	0,36	0,056	0,056
4-tert-Butylbenzoesäure	98-73-7		0,067	2		0,033
Aluminiumfluorid	7784-18-1		0,047	1		0,047
Dimethoxymethan	109-87-5		132	3 200		0,041
Disulfiram	97-77-8		0,146	2		0,073
Ethylenglykolmonophenylether	122-99-6	8,07	8,07	110	0,074	0,074
Fluorwasserstoff, wasserfrei/ Fluorwasserstoffsäure	7664-39-3	0,0015	1,5*	0,83	0,002	1,807*
Methylamin	74-89-5		0,9	13		0,069
Methylstyrol, Isomere	25013-15-4	37	37	490		0,076
Nitrobenzol	98-95-3		0,07	1		0,07
N-Methylanilin	100-61-8		0,0495	2,2		0,023
Tetraethylblei	78-00-2		0,00058	0,05		0,012

\*Kursiv gedruckte Zahlen entsprechen weiteren DNEL-Werten der Substanz, die allerdings nicht um mehr als den Faktor 10 kleiner sind als der deutsche AGW.

#### 4.2 MAK-Werte

Ein Vergleich der DNEL-Werte mit den maximalen Arbeitsplatzkonzentrationen (MAK) der DFG-Arbeitsstoffkommission kommt zu Diskrepanzen in ähnlicher Größenordnung (Bild 2, zweite Zeile). Dies ist nicht überraschend, beruhen doch viele AGW auf Vorschlägen der MAK-Kommission. Allerdings gibt es unter den 261 Stoffen mit einem DNEL-Wert und einem MAK-Wert 64 mit DNEL-Wert, für die kein AGW existiert. Vergleicht man diese DNEL-Werte mit den MAK-Werten, entsprechen lediglich noch 28 % der DNEL den Empfehlungen der MAK-Kommission. Um bis zu einem Faktor 10 höher als der MAK-Wert sind 33 %, noch höher 11 % dieser DNEL-Werte. Um bis zu einem Faktor 10 niedriger als der MAK-Wert liegen 26 %, noch niedriger 2 % der DNEL-Werte (Bild 2, dritte Zeile). Bei den 11 % der DNEL-Werte, die viel höher als die MAK-Werte sind, handelt es sich in der Hälfte der Fälle



um Zinkverbindungen mit dem MAK-Wert von 0,1 mg/m<sup>3</sup>. Auch 1-Chlor-1,2-propandiol und drei Lithiumverbindungen (13-mal höher), Formaldehyd (24-mal höher) sowie zwei Organozinnverbindungen (fast 200-mal höher) haben DNEL-Werte, die deutlich höher liegen als der MAK-Wert.

#### **4.2 IOEL-Werte**

Schließlich seien die DNEL-Werte der DGUV-Liste den Indicative Occupational Exposure Limit Values (IOEL) der Europäischen Kommission gegenübergestellt. Für Stoffe mit IOEL sind die EU-Mitgliedstaaten verpflichtet, unter Berücksichtigung des IOEL einen nationalen Grenzwert aufzustellen. 95 der in der GESTIS-DNEL-Datenbank enthaltenen Stoffe haben einen solchen IOEL-Wert. Wie in Bild 2 (vierte Zeile) zu erkennen ist, zeigen die IOEL-Werte eine deutlich höhere Übereinstimmung mit den bei der ECHA gemeldeten DNEL-Werten als mit den AGW oder den MAK-Werten. Immerhin 75 % der IOEL-Werte stimmen mit den DNEL-Werten überein. Jeweils nur knapp 10 % der DNEL-Werte weichen bis um den Faktor 10 von den IOEL-Werten nach oben oder unten ab. Um mehr als den Faktor 10 nach unten weichen die lokalen DNEL-Werte von Fluorwasserstoff (Faktor 1 000!) und Aluminiumkaliumfluorid (Faktor 18) sowie die systemischen DNEL-Werte von Aluminiumfluorid (Faktor 53) und Nitrobenzol (Faktor 14) ab.

### **5 DNEL-Angaben in Sicherheitsdatenblättern**

Trotz anhaltender Kritik an ihrer Qualität und Vollständigkeit [18] sind Sicherheitsdatenblätter (SDB) für die Betriebe zentrale Instrumente der Informationsermittlung unter REACH (vgl. BekGS 409 [6]). Die deutsche Gefahrstoffverordnung (§ 6 Abs. 2 [19]) führt SDB als eine Grundlage für die Gefährdungsbeurteilung auf. Das Spaltenmodell zur Ersatzstoffsuche [20], das Einfache Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG) [21], der GESTIS-Stoffmanager [22] und das Gefahrstoff-Informationssystem der BG BAU – GISBAU [23] beziehen beispielweise ihre Basisinformationen aus dem SDB.

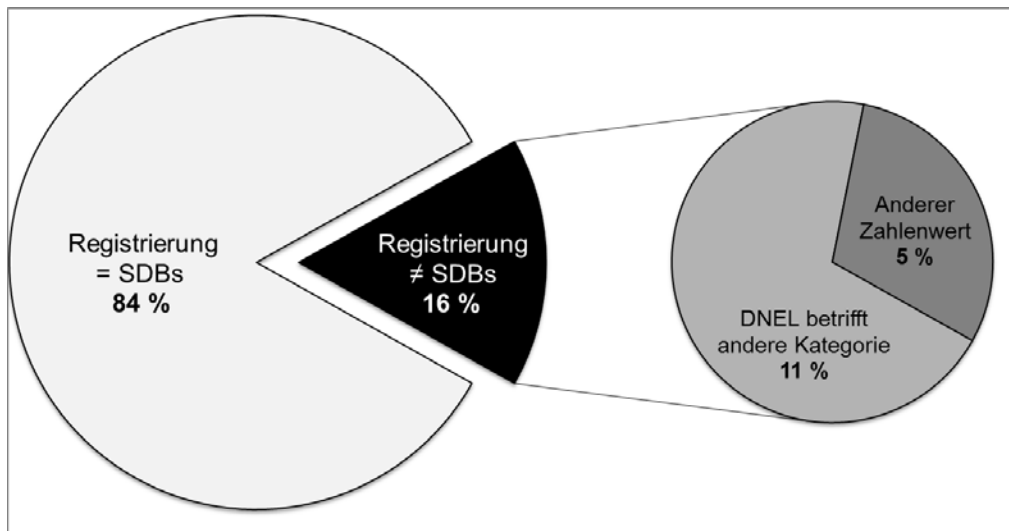
Die Angabe eines DNEL in einem SDB ist in Deutschland nach Gefahrstoffverordnung eine wesentliche Informationsquelle für die Gefährdungsbeurteilung im Betrieb, auf die sich der Unternehmer berufen kann. Aufgrund dieser formalen Konsequenzen wird die Nennung eines DNEL-Wertes in einem SDB als rechtliche Bestätigung für diesen DNEL verstanden.

Um die Kongruenz zwischen den DNEL-Angaben auf der ECHA-Internetseite einerseits und Sicherheitsdatenblättern andererseits zu überprüfen, wurden die DNEL-Angaben aus Produkt-SDB der ISi-Datenbank (Informationssystem für Sicherheitsdatenblätter [24] des Verbandes der Chemischen Industrie (VCI) und des IFA) mit den Angaben der Registranten bei der ECHA verglichen. Hierzu wurde eine zufällige Stichprobe von 94 Stoffen aus dem Bestand der DNEL-Liste ausgewählt und für diese wurde in der ISi-Datenbank nach SDB

recherchiert. **Bild 3** zeigt den Anteil von DNEL-Angaben in SDB, die mit der Registrierung übereinstimmen, im Vergleich zu davon abweichenden DNEL-Angaben.

### **Bild 3:**

Ausmaß der Übereinstimmung der in einer Stichprobe von 94 Sicherheitsdatenblättern vorgefundenen DNEL-Werte mit jenen DNEL-Werten, die für dieselben Stoffe bei der ECHA registriert wurden.



In über 80 % der Fälle stimmen die DNEL-Werte aus den Registrierungseinträgen bei der ECHA mit denjenigen der SDB überein. 16 % der in SDB gefundenen DNEL-Werte weichen von den bei der ECHA registrierten Angaben ab. Hiervon sind allerdings zwei Drittel auf eine Zuordnung der bei der ECHA gelisteten DNEL-Werte zur jeweils anderen Expositionskategorie (also „lokal“ statt „systemisch“ oder umgekehrt) zurückzuführen. Lediglich 5 % aller DNEL-Werte in der SDB-Stichprobe unterscheiden sich anderweitig von den Werten aus den ECHA-Registrierungseinträgen.

## **6 Diskussion**

### **6.1 Vollständigkeit der Angaben**

Auf den Internetseiten der ECHA werden nur für etwa die Hälfte der „voll“ registrierten Stoffe auch Arbeitsplatz-DNEL aufgeführt. Selbst wenn man davon ausgeht, dass einige dieser Substanzen ohne DNEL-Angabe nicht als gesundheitsschädlich eingestuft sind und daher keinen DNEL-Wert erfordern, ist zu vermuten, dass die Inverkehrbringer zahlreicher relevanter Arbeitsstoffe mit hoher Tonnage keine Arbeitnehmer-DNEL für chronische Aufnahme über die Atemwege aufstellen oder zumindest nicht an der erwünschten Stelle eintragen. Andererseits sind oftmals auch für Stoffe, die keine Einstufung als gesundheitsschädlich erfordern, DNEL-Werte angegeben, z. B. Bariumsulfat, Natriumchlorid, Acetylen, Ammo-

niumacetat, Natriumsulfat, Natriumacetat, Cyclopentan, 1,1,1-Trifluorethan, Schwefelhexafluorid oder Kaliumnatriumtartrat.

Ein Teil der Registranten nutzte offenbar den Umstand, dass die REACH-Verordnung (Artikel 10) die Angabe von DNEL-Werten nicht verpflichtend vorsieht. Dementsprechend sind in der Registrierungssoftware IUCLID (International Uniform Chemical Information Database) die DNEL-Werte nicht als Pflichtfelder programmiert. In der Folge sind wahrscheinlich einige DNEL-Werte auf der ECHA-Internetseite nicht einsehbar, obwohl sie im (nicht öffentlich zugänglichen) kompletten Registrierungsdossier enthalten sind [25]. Um diese Lücke, die dem Erfordernis nach Internetzugänglichkeit aller DNEL-Werte (REACH-Artikel 119) zuwiderläuft, zu schließen, bemüht sich die ECHA, die Registrierungspflichtigen mittels Empfehlung [26] zum DNEL-Eintrag zu motivieren.

Die Auswertung der für die DNEL-Liste gesammelten Rohdaten ergab, dass bei ca. 100 Stoffen für die inhalative Langzeit-Exposition an Arbeitsplätzen der Hinweis „Exposure based waiving“ eingetragen wurde. Ein solcher Hinweis auf den Verzicht von Humantoxizitätsdaten ist aber nur zulässig, wenn eine Exposition von Personen – in diesem Fall von Arbeitnehmern – ausgeschlossen ist. Daher bleibt unverständlich, dass er auch bei einigen geläufigen Stoffen wie Borsäure, 2-Ethylhexylmethacrylat, 1,1-Dichlorethen oder Maleinsäure erscheint. Völlig unplausibel ist es, dass bei etwa 50 Stoffen für lokale Wirkungen „Waiving“ geltend gemacht wird, für systemische Wirkungen hingegen der DNEL-Wert eingetragen ist und umgekehrt.

## **6.2 Herkunft und Ableitung der DNEL-Werte**

Bei 2 % der Stoffe der DNEL-Liste findet man mehrere teilweise erheblich differierende DNEL-Einträge für dieselbe Expositionskategorie. Nach REACH besteht keine Verpflichtung, DNEL-Werte zur Registrierung abzustimmen [27].

Möglicherweise zogen es einige Registranten vor, die jeweils in ihrem Land gültigen Luftgrenzwerte als DNEL zu melden. Die Leitlinie R.8 ([7] Anhang R.8-13) knüpft die Übernahme eines nationalen Grenzwertes als DNEL-Wert an folgende Voraussetzungen: Die Ableitung des nationalen Grenzwertes muss hinsichtlich wissenschaftlicher Korrektheit und Aktualität geprüft werden und allfällige Abweichungen von der DNEL-Ableitungsmethode sind zu berücksichtigen.

Ebenso können europäische „Indicative Occupational Exposure Limit Values“ (IOEL) berücksichtigt werden. Im genannten Anhang der ECHA-Leitlinie heißt es dazu: *„A registrant is allowed to use an IOEL as a DNEL for the same exposure route and duration, unless new scientific information that he has obtained in fulfilling his obligations under REACH does not support the use of the OEL for this purpose.“* Interessant ist, dass die Registranten fast für

alle Stoffe, für die das European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC) eine exemplarische und richtlinienkonforme DNEL-Ableitung versucht und veröffentlicht hatte [28], letztlich doch den IOEL übernehmen.

Falls für eine bestimmte Chemikalie sowohl für die lokale als auch für die systemische inhalative Langzeitexposition ein Arbeitsplatz-DNEL eingestellt ist, gleichen sich diese beiden stoffspezifischen Werte überhäufig. Dies ist toxikologisch wenig plausibel, da sich in den meisten Fällen der empfindlichste Gesundheitseffekt nach Einatmen einer Substanz entweder in den Atemwegen (meist als Reizung) oder an einem entfernten Organ manifestiert, selten jedoch bei derselben Expositionshöhe sowohl lokal als auch systemisch. Lediglich bei Stoffen mit sehr geringer Toxizität kommt es mitunter vor, dass auch bei der höchsten getesteten Dosis oder Konzentration keinerlei negative Effekte auf die Gesundheit beobachtet wurden. Eine solche Datengrundlage lässt im Rahmen der DNEL-Ableitung selbstverständlich keine Differenzierung zwischen systemisch und lokal zu. Das von Unternehmen mit Interessen in der Herstellung und Verwendung von Chemikalien getragene ECETOC [28] zeigte dies am Beispiel der Pentane.

Üblicherweise resultieren aus Studien mit gutem Design aber zwei entscheidende Kenngrößen: Die höchste Dosis/Konzentration, bei der noch keine gesundheitsschädigende Wirkungen auftraten (No Observed Adverse Effect Level, NOAEL) und die niedrigste Dosis/Konzentration, bei der erste Effekte diagnostiziert werden konnten (Lowest Observed Adverse Effect Level, LOAEL). „Point of Departure“ für DNEL-Wert-Berechnungen ist in der Regel der NOAEL. Dieser kann durch einen oder mehrere Extrapolationsfaktoren dividiert werden, um Datenlücken zu überbrücken. Wurde beispielsweise ein 90-Tage-Fütterungsversuch an Ratten als Schlüsselstudie zur Ableitung eines inhalativen Arbeitsplatz-Langzeit-DNEL identifiziert, muss mithilfe dieser im englischen Sprachgebrauch als „Assessment Factors“ bezeichneten Divisoren die Übertragung vom Tier auf den Menschen, von oraler auf inhalative und von mittlerer auf Langzeit-Exposition geleistet werden. Die Leitlinie R.8 zur Umsetzung von REACH [7] gibt Standard-Extrapolationsfaktoren vor, deren Anwendung zu vergleichsweise eher niedrigeren Grenzwerten führt.

Bei entsprechender Datenlage können diese Divisoren stoffspezifisch reduziert werden. Das deutsche AGW-Konzept nach BekGS 901 [29] bedient sich sehr ähnlicher Extrapolationsfaktoren wie die ECHA-Leitlinie. Diese führen bei voller Ausschöpfung zu AGW, die u. U. unwesentlich höher sind als die nach der ECHA-Leitlinie abgeleiteten DNEL-Werte, sofern die Berechnungen vom selben „Point of Departure“ ausgehen. Die deutsche MAK-Kommission und das Scientific Committee on Occupational Exposure Limits (SCOEL) der Europäischen Kommission extrapolieren nach weniger formalen Vorgaben.

Das ECETOC [28] leitete unter Ausschöpfung der Standard-Extrapolationsfaktoren aus der ECHA-Leitlinie R.8 [7] Arbeitsplatz-DNEL-Werte für 25 Substanzen ab und zeigte, dass alle

DNEL deutlich niedriger waren als die europäischen IOEL. Eine stoffspezifisch vorgenommene und wissenschaftlich begründete Anpassung der Standardfaktoren führte zu Werten, die zwar höher lagen, aber in der Regel immer noch unter den entsprechenden IOEL. In ähnlicher Weise verglichen *Schenk* und *Johanson* [30] 88 Luftgrenzwerte des SCOEL mit DNEL für dieselben Substanzen, die die Autoren selbst nach Maßgabe der EU-Leitfäden abgeleitet hatten. Auch hier fielen – allerdings bei großer Variationsbreite – die DNEL im Mittel niedriger aus.

Nach Ansicht der EU-Kommission soll, wenn nationale Grenzwerte und DNEL-Werte voneinander abweichen, grundsätzlich der niedrigere herangezogen werden [31]. Dabei wird simplifizierend angenommen, dass der Registrant aufgrund neuerer wissenschaftlicher Erkenntnisse einen niedrigeren DNEL festgelegt hat, weil der höhere nationale Grenzwert keinen ausreichenden Schutz mehr liefern würde. Die Position der EU-Kommission ist vorerst als perspektivische Orientierung zu werten. In Deutschland sind – wie schon erwähnt – die AGW rechtlich verbindlich. Jedoch ist gemäß BekGS 409 (Frage 4.2) die Gefährdungsbeurteilung zu aktualisieren, falls die Schutzmaßnahmen am Arbeitsplatz die Einhaltung eines niedriger als der AGW liegenden DNEL-Wertes nicht gewährleisten.

### **6.3 Höhe der DNEL-Werte**

Unser Vergleich von DNEL-Einträgen mit AGW und MAK-Werten für dieselben Stoffe zeigt, dass DNEL-Werte in ihrer Tendenz nicht unangemessen hoch sind. 70 % der DNEL-Werte mit AGW sind gleich dem AGW oder niedriger. Andererseits jedoch überstiegen 4 % (im Vergleich zum AGW) bzw. 11 % (im Vergleich zur MAK) der untersuchten DNEL-Werte die deutschen Luftgrenzwerte um mehr als das Zehnfache. Ein ähnliches Ergebnis erbrachte auch eine Auswertung der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), die auf einer kleineren Datenbasis beruhte [25].

Es muss betont werden, dass sich auch beim Vergleich nationaler Grenzwertlisten mitunter deutliche Diskrepanzen offenbaren (siehe GESTIS-Datenbank „International Limit Values“ [32]), und selbst innerhalb Deutschlands sind die MAK-Werte aus unterschiedlichen Gründen nicht immer deckungsgleich mit den AGW-Werten in der TRGS 900.

### **6.4 Krebserzeugende Stoffe**

DNEL sind als gesundheitsbasierte Grenzwerte definiert, wörtlich als *„abgeleitete Expositionshöhe, unterhalb deren der Stoff zu keiner Beeinträchtigung der menschlichen Gesundheit führt“* (Anhang I Nr. 1.0.1 der REACH-Verordnung [1]). Hinter dieser Definition steht das Konzept einer toxikologischen Wirkschwelle, die aber nach heutigem Kenntnisstand für viele krebserzeugende Stoffe nicht abgeleitet werden kann. Für das Gros der kanzerogenen

Stoffe, für welche die Registranten „DNEL“-Werte angeben, darunter zahlreiche Metallverbindungen, ist also zu unterstellen, dass eine Unterschreitung des veröffentlichten „Derived No-Effect Level“ nicht vor Krebserkrankungen schützt. Die Einzelstoff-Ausgabedokumente der GESTIS-DNEL-Datenbank sind deshalb mit einem entsprechenden Warnhinweis versehen.

Im Leitfaden R.8 zur REACH-Verordnung – jedoch nicht in der Verordnung selbst – wurden für krebserzeugende und erbgutverändernde Stoffe ohne bekannte toxikologische Wirkungsschwelle sogenannte Derived Minimum Effect Levels (DMEL) als Grenzwerte empfohlen. Da bei diesen DMEL-Werten – im Gegensatz zu den Exposition-Risiko-Beziehungen nach der deutschen BekGS 910 [33] – jedoch in der Regel keine Aussagen zum Risiko getroffen werden, werden sie hier nicht weiter behandelt. Die Problematik der DMEL-Werte wurde von *Püringer* [34; 35] eingehend beleuchtet.

## **6.5 Qualitätssicherung**

Das REACH-System besitzt bisher kein effektives Instrument zur Korrektur eines registrierten DNEL-Wertes, dessen Ableitung sich als unrichtig oder veraltet herausstellt. Die „Substance Evaluation“, in deren Rahmen DNEL-Werte allenfalls ein untergeordneter Gegenstand sein könnten, kommt nur für Stoffe in Betracht, die die Prioritätskriterien erfüllen; sie ist ein zumeist mehrere Jahre benötigender Prozess [36] und in der Praxis auf relativ wenige Stoffe beschränkt (2012: ca. 30 Stoffe). Derzeitige Anstrengungen der ECHA zielen darauf, dass die EU-Mitgliedstaaten 100 Evaluierungen pro Jahr übernehmen.

Unsere Feststellung, dass mehr als 80 % der SDB die DNEL-Werte aus der Registrierung bei der ECHA übernehmen, bestätigt die Erwartungen. Auch in kleinen und mittelgroßen Herstellerbetrieben bedienen sich Personen, zu deren Aufgabe die Erstellung von SDB gehört, offenbar der DNEL-Werte, die sie auf der ECHA-Webseite finden können. Dass bei einem weiteren Zehntel der SDB die Endpunkte „systemisch“ und „lokal“ vertauscht waren, spricht nicht für die Qualität dieser SDB.

Beobachtungen, wie sie die DNEL-Liste für Stoffe mit niedrigen DNEL-Werten aber ohne Einstufung in eine Gesundheitsgefahr (Tabelle 3) ermöglicht, könnten das Auffinden eventueller Einstufungsfehler unterstützen.

## **7 Schlussfolgerungen und Ausblick**

REACH liefert eine Fülle neuer Informationen, die auch für den Gesundheitsschutz bei der Arbeit nutzbar gemacht werden sollten. Noch ist dieser Prozess erst wenige Jahre alt und es sollte daher nicht verwundern, dass die Anfangsphase Defizite erkennen lässt.

Schon ein oberflächlicher Blick auf die arbeitsplatzrelevanten inhalativen Langzeit-DNEL-Werte deckt gewisse Mängel auf. Die oben genannten Inkonsistenzen sollen keineswegs das DNEL-Konzept pauschal diskreditieren. Bei der Produktion so vieler Daten können Irrtümer und Fehlleistungen auftreten. Möglicherweise spielt dabei die unzureichende Kenntnis des komplexen REACH-Regelwerks ebenfalls eine Rolle. Auch staatliche Grenzwerte sind nicht immer frei von Mängeln. Es sei daran erinnert, dass 2005 etwa ein Viertel aller deutschen Luftgrenzwerte zurückgezogen wurde, weil sie den strengen Kriterien für gesundheitsbasierte Expositionsgrenzen nicht genügten.

Generell ist es zu begrüßen, dass REACH für eine weit größere Zahl von Arbeitsstoffen Luftgrenzwerte in Form von DNEL zur Verfügung stellt als dies die – meist ehrenamtlichen – Aktivitäten nationaler oder gesamteuropäischer regulatorischer Expertengremien in absehbarer Zeit hätten leisten können. Für den Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz liefern sie zusätzliche Beurteilungsmaßstäbe. Im Bereich der Bauwirtschaft konnte beispielsweise der Anteil der Stoffe mit Beurteilungsmaßstab durch die DNEL-Werte von 37 auf 60 % erhöht werden [37; 38]

Der Arbeitskreis „DNEL-Liste“ möchte dazu beitragen, allfällige Defizite aufzudecken und zu benennen, um den notwendigen Verbesserungsprozess zu beschleunigen. Er wird die Hersteller ansprechen, bei deren DNEL Widersprüche auffallen, und um Klärung bitten.

Es wäre zu wünschen, dass für alle bei der ECHA registrierten Chemikalien ein Arbeitsplatz-DNEL (Langzeitexposition) – zumindest hinsichtlich des kritischen gesundheitlichen Effekts – veröffentlicht wird. Die künftige Offenlegung der Ableitungsprozesse der einzelnen DNEL-Werte ist vordringlich als Forderung zu formulieren, um eine unabhängige Nachprüfung zu ermöglichen.

Der DGUV-Arbeitskreis „DNEL-Liste“ wird im nächsten Schritt die mit der jüngsten Registrierungsphase dazugekommenen Arbeitsplatz-DNEL auslesen und in die DNEL-Liste der DGUV integrieren. Ein Modul mit praktischen Anwendungsbeispielen ist in Vorbereitung.

### **Danksagung**

Die DNEL-Liste der DGUV und die GESTIS-DNEL-Datenbank entstanden auf Initiative und mit Unterstützung der deutschen Unfallversicherungsträger. Neben den Autoren der vorliegenden Veröffentlichung wirken im begleitenden Arbeitskreis folgende Kolleginnen und Kollegen mit, denen für ihr Engagement an dieser Stelle herzlich gedankt sei: Dr. *Michael Au* (Hessisches Sozialministerium), *Margret Böckler* (Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse), *Antje Ermer* (Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie), Dr. *Tomas Glade* (Berufsgenossenschaft Holz und Metall), *Uta Köhler* (Unfallkasse Nordrhein-Westfalen), Dr. *Romy Marx* (Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin), Dr. *Walther Prinz* (Verwaltungs-Berufsgenossenschaft), Dr. *Heinz-Günter Schäfer* (Verband der Chemischen Industrie) sowie die beteiligten Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IFA und der BG BAU.

## Literatur

- [1] Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH). ABl. EU (2006) Nr. L 396, S. 1-851.
- [2] Information on chemicals – registered substances. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. <http://echa.europa.eu/information-on-chemicals/registered-substances>
- [3] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Arbeitsplatzgrenzwerte (TRGS 900). Ausg. 1/2006; zul. geänd. GMBI. (2013) Nr. 17, S. 363-364.
- [4] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Gefährdungsbeurteilung für Tätigkeiten mit Gefahrstoffen (TRGS 400). Ausg. 12/2010. GMBI. (2011) Nr. 2, S. 19-32.
- [5] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen: Inhalative Exposition (TRGS 402). Ausg. 1/2010; zul. geänd. GMBI. (2011) Nr. 9, S. 175.
- [6] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen: Nutzung der REACH-Informationen für den Arbeitsschutz (BekGS 409). Ausg. 1/2012. GMBI. (2012) Nr. 8, S. 119-135.
- [7] Guidance on information requirements and chemical safety assessment. Chapter R.8: Characterisation of dose [concentration]-response for human health. Version 2.1. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. [http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information\\_requirements\\_r8\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13632/information_requirements_r8_en.pdf)
- [8] GESTIS-DNEL-Datenbank. Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV). Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d145542
- [9] 2923 more chemicals registered by industry under REACH. Pressemitteilung ECHA/PR/13/23. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. [http://echa.europa.eu/en/view-article/-/journal\\_content/title/2-923-more-chemicals-registered-by-industry-under-reach](http://echa.europa.eu/en/view-article/-/journal_content/title/2-923-more-chemicals-registered-by-industry-under-reach)
- [10] Q and A about ECHA's public database with information on registered substances. 6. Can I trust the data provided in the portal? Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. <http://echa.europa.eu/en/support/faqs/q-and-a-about-echas-public-database-with-information-on-registered-substances>
- [11] Bewertung gemäß REACH – Fortschrittsbericht 2012. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. [http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/evaluation\\_report\\_2012\\_de.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/evaluation_report_2012_de.pdf)
- [12] *Bräutigam, T.*: Working towards the REACH dossier evaluation goal. ECHA Newsletter (2013) No 4. [http://newsletter.echa.europa.eu/en/home/-/newsletter/entry/4\\_13\\_working-towards-the-reach-dossier-evaluation-goal](http://newsletter.echa.europa.eu/en/home/-/newsletter/entry/4_13_working-towards-the-reach-dossier-evaluation-goal)
- [13] Community Rolling Action Plan. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland. <http://echa.europa.eu/en/information-on-chemicals/evaluation/community-rolling-action-plan>
- [14] Guidance on Dossier and Substance Evaluation, June 2007. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland 2007. [http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/evaluation\\_en.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/evaluation_en.pdf)
- [15] Verordnung (EG) Nr. 1272/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2008 über die Einstufung, Kennzeichnung und Verpackung von Stoffen und Gemischen. ABl. EU (2008) Nr. L 353, S. 1-1355.



- [16] Technische Regeln für Gefahrstoffe: Verzeichnis krebserzeugender, erbutverändernder und fortpflanzungsgefährdender Stoffe (TRGS 905). Ausg. 7/2005; zul. geänd. Mai 2008. BArbBl. (2005) Nr. 7, S. 68-78; zul. geänd. GMBI. (2008) Nr. 26, S. 528.
- [17] MAK- und BAT-Werte-Liste 2013 – Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und Biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. Mitteilung 49 der Senatskommission zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe. Hrsg.: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG). Weinheim: Wiley-VCH 2013.
- [18] *Mayer-Figge, A.*: Qualität von Sicherheitsdatenblättern – Anspruch und Wirklichkeit: Ergebnisse aus dem Vollzug. StoffR (2013) Nr. 2, S.52-66
- [19] Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung) vom 26. November 2010. BGBl. I, S. 1643; zul. geänd. BGBl. I (2013), S. 2514.
- [20] Das GHS-Spaltenmodell zur Suche nach Ersatzstoffen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d124774
- [21] Einfaches Maßnahmenkonzept Gefahrstoffe (EMKG). Version 2.2 (Mai 2012). Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund. [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)
- [22] GESTIS-Stoffmanager – Inhalative und dermale Gefährdungen ermitteln und reduzieren. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d117179
- [23] *Kluger, N.*: 20 Jahre GISBAU – Erfahrungen und Perspektiven. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 5, S. 210-211.
- [24] ISI – Informationssystem für Sicherheitsdatenblätter. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d6130
- [25] *Wolf, T.; Lechtenberg-Auffahrt, E.*: Erste Erfahrungen mit der Festlegung von Derived No-Effect Level (DNEL) unter REACH für Stoffe mit Arbeitsplatzgrenzwert (AGW). BPUVZ (2013), S. 381-386.
- [26] Erstellung toxikologischer Zusammenfassungen in IUCLID und Ableitung von DNEL-Werten. Praxisanleitungen 14. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland 2012. [http://echa.europa.eu/documents/10162/13655/pg\\_14\\_on\\_hazard\\_endpoint\\_de.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13655/pg_14_on_hazard_endpoint_de.pdf)
- [27] REACH-CLP Helpdesk der Bundesbehörden – Häufig gestellte Fragen zu REACH. „Registrieren mehrere Firmen den gleichen Stoff...“. Hrsg.: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA), Dortmund. [www.reach-clp-helpdesk.de/de/FAQ/S-T/Sicherheitsdatenblatt/Sicherheitsdatenblatt-13.html](http://www.reach-clp-helpdesk.de/de/FAQ/S-T/Sicherheitsdatenblatt/Sicherheitsdatenblatt-13.html)
- [28] Guidance on assessment factors to derive a DNEL. Technical Report No. 110. Hrsg.: European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals (ECETOC), Brüssel, Belgien 2010.
- [29] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen: Kriterien zur Ableitung von Arbeitsplatzgrenzwerten (BekGS 901). Ausg. 4/2010. GMBI. (2010) Nr. 32, S. 691-696.
- [30] *Schenk, L.; Johanson, G.*: A quantitative comparison of the safety margins in the European Indicative Occupational Exposure Limits and the Derived No-Effect Levels for workers under REACH. Toxicol. Sci. 121 (2011) Nr. 2, S. 408-416.
- [31] General Report on REACH. Commission Staff Working Document SWD (2013) 25 final. Hrsg.: Europäische Kommission, Brüssel, Belgien 2013. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=SWD:2013:0025:FIN:EN:PDF>
- [32] Gefahrstoffinformationssystem der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV): GESTIS – Internationale Grenzwerte für chemische Substanzen. Hrsg.: Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Berlin. [www.dguv.de/ifa](http://www.dguv.de/ifa), Webcode: d6247

- [33] Bekanntmachung zu Gefahrstoffen: Exposition-Risiko-Beziehungen für Tätigkeiten mit krebserzeugenden Gefahrstoffen (BekGS 910). Ausg. 6/2008; zul. geänd. GMBI. (2012) Nr. 40, S. 717.
- [34] *Püringer, J.*: DMEL-Werte als Grenzwerte für Kanzerogene – Ein problematisches Konzept im Windschatten von REACH. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 70 (2010) Nr. 5, S. 175-182.  
[www.auva.at/mediaDB/703790\\_DMELs\\_Problematisches\\_Konzept.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/703790_DMELs_Problematisches_Konzept.pdf)
- [35] *Püringer, J.*: „Derived Minimal Effect Levels“ (DMEL): Defizite ein Jahr nach der REACH-Registrierungspflicht. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 71 (2011) Nr.11/12, S. 471-480.  
[www.auva.at/mediaDB/861114\\_DMELs\\_Defizite\\_ein\\_Jahr\\_nachher.pdf](http://www.auva.at/mediaDB/861114_DMELs_Defizite_ein_Jahr_nachher.pdf)
- [36] Stoffbewertung gemäß REACH – Tipps für Registranten und nachgeschaltete Anwender. Dokument ECHA-12-L-10-DE. Hrsg.: Europäische Chemikalienagentur (ECHA), Helsinki, Finnland.  
[http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/sub\\_eval\\_under\\_reach\\_leaflet\\_de.pdf](http://echa.europa.eu/documents/10162/13628/sub_eval_under_reach_leaflet_de.pdf)
- [37] *Kersting, K.; Musanke, U.; Rühl, R.*: DNEL-Werte in der Bauwirtschaft. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 72 (2012) Nr. 3, S. 109-113.
- [38] *Rühl, R.*: DNEL und Arbeitsschutz in d er Praxis. Gefahrstoffe – Reinhalt. Luft 72 (2012) Nr. 3, S. 104-108

**Dr. rer. nat. Eberhard Nies, Dr. rer. nat. Mario Arnone,**

Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA),  
Sankt Augustin.

**Dr. rer. nat. Uwe Musanke, Dr. rer. nat. Reinhold Rühl,**

Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft (BG BAU), Frankfurt am Main.

**Mag. Joe Püringer,**

Allgemeine Unfallversicherungsanstalt (AUVA), Hauptstelle, Wien, Österreich.