

Der Risiko-Rechner Haut
als eines der Ergebnisse
des RISKOFDERM-Projekts

Reinhard Oppl

April 2004

Eurofins Deutschland GmbH / Eurofins Danmark A/S
Großmoorbogen 25, 21079 Hamburg

Die hier beschriebenen Arbeiten wurden gemeinsam geleistet von dem Projekt-Team RISKOFDERM Teil 4:

- Dr. Fritz Kalberlah und Dr. Ulrike Schumacher-Wolz, Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe FOBIG, Freiburg
- Dr. Reinhold Rühl, Bau-Berufsgenossenschaft Frankfurt/M
- DI Robert Piringer, Allgemeine Unfallversicherungsanstalt AUVA, Wien / Österreich
- Dr. J.J. van Hemmen (Leiter des RISKOFDERM-Gesamtprojekts), Henk Goede, Susanne Tijssen, Andrea Schipper und Dr. Hans Marquart, TNO Nutrition and Food Research Institute, Zeist / Niederlande
- Nick Warren und Helen Chambers, Health and Safety Laboratory HSL, Sheffield / England
- Bob Rajan-Sithamparanadarajah und Paul Evans, Health and Safety Executive HSE, Bootle / England
- Xavier Guardino Solá und Jorge Obiols, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo INSHT, Barcelona / Spanien
- Reinhard Oppl und Carsten Villsen, Eurofins (ehemals MILJÖ-CHEMIE / MILJØ-KEMI).

Der Risiko-Rechner Haut als eines der Ergebnisse des RISKOFDERM-Projekts

Zusammenfassung

Die Verminderung von Hautbelastungen ist eine große Herausforderung für den Arbeitsschutz. Im Rahmen des europäischen RISKOFDERM Projektes haben 15 Institute in 10 Ländern Informationen und Messdaten zur dermalen Exposition bei verschiedenen Tätigkeiten erhoben. Auf Grundlage der gesammelten Daten wurde ein Vorhersagemodell zur Abschätzung der dermalen Exposition entwickelt. Ferner wurde der Risiko-Rechner Haut vorgelegt, ein praxisnahes Verfahren für die dermale Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz, das vorzugsweise in Klein- und Mittelbetrieben (KMU) eingesetzt werden soll und die am Arbeitsplatz verfügbaren und eingegebenen Informationen in eine Entscheidungshilfe über die Notwendigkeit weiterer Maßnahmen umsetzt. Das letztgenannte Verfahren wurde mit Unterstützung durch den Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin entwickelt und ist in englischer Sprache zur praktischen Anwendung verfügbar. Dieser Bericht stellt die Entwicklung und die Grundzüge des Risiko-Rechners Haut dar.

Schlagwörter:

Hautbelastung, dermale Exposition, Expositionsbeurteilung, Gefährdungsbeurteilung, Risikobeurteilung, Gefahrstoffe, RISKOFDERM-Projekt, Europa

The Toolkit Dermal Exposure as one of the results of the RISKOFDERM project

Abstract

Reducing dermal exposure to chemicals is a challenging task for occupational safety and health. In the European RISKOFDERM project 15 institutes in 10 member states gather dermal exposure information and measurement data in relation to various tasks. Based on this information a predictive model for estimating dermal exposure for use in generic risk assessment for chemicals was developed. Furthermore, a practical dermal exposure risk assessment and management toolkit for use by small and medium-sized enterprises (SMEs) in actual workplace situation was created, making use of the information that is available at the workplace and leading to practical advice on necessity of control actions. This "Toolkit Dermal Exposure" was developed with support of Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin and Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften. The toolkit is available for field use. This report describes the development and the basic structure of the Toolkit Dermal Exposure.

Key words:

Skin exposure, dermal exposure, hazard assessment, exposure assessment, risk assessment, hazardous compounds, RISKOFDERM project, Europe.

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	4
2	Problemstellung	4
3	Der Risiko-Rechner Haut ("Toolkit Dermal Exposure")	8
3.1	Funktionsweise	8
3.1.1	Stoffwirkung (engl. "Hazard")	8
3.1.2	Exposition	9
3.1.3	Risiko.....	9
3.1.4	Schutzmaßnahmen	9
4	Entscheidungslogik im Risiko-Rechner Haut	9
4.1	Grundlagen	9
4.2	Wirkung (engl. Hazard)	10
4.2.1	Beschreibung der Wirkung auf die Haut.....	10
4.2.2	Gefahrstoffe mit lokaler Wirkung auf die Haut.....	10
4.2.3	Gefahrstoffe mit systemischer Wirkung nach Aufnahme durch die Haut	11
4.3	Exposition	11
4.3.1	Grundlagen und Nomenklatur	12
4.3.2	Pragmatisches Konzept zur Expositionsermittlung	12
4.3.3	Potentielle und Aktuelle Dermale Exposition.....	13
4.3.4	Exposition - Substanzen mit Lokalen Wirkungen auf die Haut.....	19
4.3.5	Exposition - Substanzen mit Systemischen Wirkungen	21
4.4	Risiko	24
4.5	Schutzmaßnahmen	25
5	Leistungsfähigkeit des Risiko-Rechners Haut	26
5.1	Qualität der Eingabedaten	26
5.2	Ausschluss der Anwendung auf besonders gefährliche Stoffe	27
5.3	Prüfung und Erprobung einer Rohfassung	27
5.4	Workshop am 21. Januar 2004	28
6	Ausblick	30
7	Literatur	31
	Verzeichnis der Tabellen	33
	Danksagung	34

1 Vorwort

Dieser Bericht beschreibt die Ergebnisse des Teilprojekts 4 im Rahmen des Forschungsvorhabens *Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals (RISKOFDERM)*, das von der Europäischen Kommission im 5. Forschungsrahmenprogramm sowie in Teilen von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAUA) und vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG) gefördert wurde.

Die Struktur dieses Forschungsberichts folgt nicht den bei anderen Forschungsvorhaben üblichen Vorgaben. Dies ist darin begründet, dass die Förderung nur für einen begrenzten Teilbereich bewilligt worden war, sodass hier einerseits über den Gesamtrahmen, andererseits schwerpunktmäßig über den geförderten Teil des Projekts berichtet wird.

Die Leistungen der von BAUA und HVBG geförderten Projektnehmer (Eurofins mit Unterauftragnehmer FOBIG) lassen sich nicht scharf von den Leistungen der anderen Projektpartner abgrenzen. Dennoch wird versucht, speziell die geförderten Leistungen ansatzweise zu charakterisieren. Der Beitrag von Eurofins (Reinhard Oppl) konzentrierte sich auf die Leitung des Teilprojekts 4 und dort auf die Entwicklung der grundlegenden Struktur des vorgelegten Beurteilungsschemas, auf die Integration von Schutzmaßnahmen in die Entscheidungslogik, sowie auf die programmiertechnische Realisierung (Carsten Villsen). Der Beitrag von FOBIG (Dr. Kalberlah und Dr. Schuhmacher-Wolz) konzentrierte sich auf die Entwicklung und Begründung vor allem der Teilbereiche zur Wirkung und zum Risiko in dem vorgelegten Beurteilungsschema, aber auch auf die grundlegende Konzipierung des Teilbereichs zur Exposition.

2 Problemstellung

Viele Beschäftigte sind bei der Arbeit Hautbelastungen durch chemische Stoffe und Zubereitungen ausgesetzt. Gut ein Viertel der etwa 77.000 jährlichen Verdachtsanzeigen einer Berufskrankheit in unserem Lande beziehen sich auf die Haut. In Großbritannien leiden ca. 60.000 Menschen an beruflich bedingten Hauterkrankungen, gleichbedeutend mit einem Verlust von 600.000 Arbeitstagen pro Jahr.

Die Einwirkung chemischer Stoffe lässt sich oft unmittelbar an der Haut erkennen. Lokal können schwache Reizungen bis hin zu schwerwiegenden Defekten auftreten, die jede berufliche Tätigkeit unmöglich machen und ein soziales Leben sehr einschränken. Viele Stoffe können darüber hinaus durch die Haut in den Körper gelangen und akute und chronische systemische Wirkungen in den Zielorganen auslösen.

Unzweifelhaft ist es erforderlich, Risiken durch dermale Belastungen zu begrenzen. Die Risikobewertung ist verpflichtender Bestandteil der einschlägigen europäischen Richtlinien und Verordnungen zu Pflanzenschutzmitteln [1], zu alten und neuen Stoffen [2-4] und zu Biozid-Produkten [5]. Auch an Arbeitsplätzen muss die Gefährdungsbeurteilung dermale Risiken einbeziehen. Das fordert die EG-Richtlinie 98/24/EG zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit [6] – die Vorlage für den jüngsten Entwurf für die neue Gefahrstoffverordnung.

Leider sind qualitative und quantitative Informationen über dermale Expositionen nur spärlich vorhanden, außer vielleicht bei der beruflichen Belastung durch Pflanzenschutzmittel. Sowie

Stoffe in der Arbeitsumgebung auf mehreren Wegen in den Körper gelangen können, reichen Luftmessungen allein nicht aus um die gesundheitlichen Risiken zu beurteilen. Mit abnehmender Luftbelastung nimmt der Aufnahmeweg durch die Haut an Bedeutung zu. Für die Messung und Beurteilung inhalativer Belastungen steht mittlerweile ein fortgeschrittenes wissenschaftliches, mess- und regelungstechnisches Instrumentarium zur Verfügung. Im Gegensatz dazu stellt sich die Situation bei dermalen Belastungen weitgehend defizitär dar.

Im Juni 1994 haben Experten aus ganz Europa in einer zweitägigen Bestandsaufnahme die Schwerpunkte des Forschungs- und Entwicklungsbedarfs ausgemacht [7]. Systemische Wirkungen standen ganz im Vordergrund. Als Themenfelder wurden identifiziert: "Risikobewertung", "Biologisches Monitoring", "Hautpenetration", "Haut- und Oberflächenkontamination" und "Quellen". Im Rahmen des europäischen Dermal Exposure Network (1996 - 1999) diskutierten dann Wissenschaftler aus Universitäten, Behörden und Industrie geeignete Lösungsansätze [8]. Ergebnis war u.a. ein Projekt, das von der Europäischen Kommission im 5. Forschungsrahmenprogramm [9] sowie von der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin und vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften gefördert wurde.

Das RISKOFDERM Projekt

Das Projekt *Risk Assessment for Occupational Dermal Exposure to Chemicals (RISKOFDERM)* vereinte 15 Institute aus zehn Ländern (Tabelle 1). Es wurde nach vierjähriger Laufzeit im Januar 2004 beendet und verfolgte zwei wesentliche Ziele:

1. Die Entwicklung von validierten Vorhersagemodellen zur Abschätzung der dermalen Exposition. Sie werden für die stoffbezogene Risikobewertung von Chemikalien (z.B. Altstoffe, neue Stoffe) benötigt.
2. Die Entwicklung eines brauchbaren Hilfsmittels (Toolkit), das insbesondere kleine und mittlere Unternehmen in die Lage versetzt, im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung vor Ort dermale Risiken an ihren Arbeitsplätzen zu erkennen und damit umzugehen.

Vier miteinander verknüpfte Teilprojekte sollten dies ermöglichen.

1. *Qualitative Erhebungen* unterschiedlicher dermalen Expositionssituationen,
2. *Quantitative Bestimmungen* der dermalen Exposition bei ausgewählten Tätigkeiten, und auf beiden basierend
3. *Modellentwicklung* für die Expositionsabschätzung von Einzelstoffen und
4. *Risiko-Rechner Haut* für die Gefährdungsbeurteilung am Arbeitsplatz.

Im Teilprojekt 1 haben Arbeitsschutzexperten aus zehn der teilnehmenden Institute in ihren Ländern die verschiedenartigen Arbeitsplätze aufgesucht und alle Faktoren festgehalten, die Einfluss haben können auf Art und Ausmaß der dermalen Exposition von Beschäftigten gegenüber chemischen Stoffen. Gemeinsame Ausgangsbasis war die Hypothese, dass die dermale Belastung in erster Linie abhängig ist von der verrichteten Tätigkeit. Für die Erhebungen sollten nur solche Tätigkeiten ausgewählt werden, die zu messbaren Hautbelastungen führen, deren Anfang und Ende eindeutig feststellbar ist, die ganz allgemein in verschiedenen Branchen und Gewerken vorkommen, und für die eine Modellbildung Sinn macht.

Es wurden sechs universelle Tätigkeitsklassen gefunden, sog. *Dermal Exposure Operation units* oder DEO units (Tabelle 4), denen sich sämtliche Tätigkeiten (*scenarios*) zuordnen lassen, bei denen dermale Belastungen auftreten können. Bei ähnlichen Szenarien können in verschiedenen Branchen Unterschiede auftreten, die für die dermale Belastung von Bedeutung sind. Im Einzelnen dokumentiert werden solche Unterschiede durch die zusätzliche Angabe der einzelnen Arbeitsschritte (*activities*), aus denen sich die Tätigkeit zusammensetzt. Grundlage der Erhebungen vor Ort war ein einheitlicher Fragebogen [10], der systematisch die vermuteten Einflussfaktoren abhandelt: Betrieb und Beschäftigte, Arbeitsplatz und Arbeitsorganisation, Tätigkeit, Schutzmaßnahmen, Hautschutz, eingesetzte Stoffe und Zubereitungen, Hautkontakt und Ausmaß der Kontamination sowie Reinigungsverhalten der Beschäftigten. Vom Frühjahr 2001 bis zum Frühjahr 2002 wurden rund 1.000 Arbeitssituationen beobachtet, überwiegend in kleinen und mittelgroßen Betrieben. Ein umfassender (englischsprachiger) Bericht wurde der EU-Kommission vorgelegt [11].

Im Teilprojekt 2 von RISKOFDERM wurden die bei ausgewählten Tätigkeiten auftretenden dermalen Belastungen mit Hilfe der heute zur Verfügung stehenden Messverfahren *quantitativ* bestimmt und mit den beobachteten Rahmenbedingungen korreliert. Die Ergebnisse bildeten zusammen mit den *qualitativen* Erhebungen aus dem Teilprojekt 1 eine wesentliche Grundlage für die Modellbildung (Teilprojekt 3) und den Risiko-Rechner Haut (Teilprojekt 4). Sieben Institute aus fünf Ländern mit entsprechender wissenschaftlicher Erfahrung (Tabelle 1) stimmten ihre Untersuchungen sorgfältig aufeinander ab. Insgesamt wurden rund 660 Arbeitssituationen beobachtet. Ein umfassender (englischsprachiger) Bericht wurde der EU-Kommission vorgelegt [12].

Auf der Grundlage der in den beiden ersten Teilprojekten gewonnenen Informationen wurden im Teilprojekt 3 von RISKOFDERM Modelle zur Abschätzung der dermalen Exposition entwickelt und erprobt. Sie sollen es ermöglichen, für typische Fälle das allgemeine Niveau der potentiellen dermalen Exposition vorherzusagen - also der Kontamination von (Schutz-) Kleidung und Hautoberfläche durch einen chemischen Stoff. Der Einfluss von Kleidung und Schutzhandschuhen auf die aktuelle dermale Exposition muss durch zusätzliche Faktoren berücksichtigt werden. Die aktuelle dermale Exposition ist die Menge eines Stoffes, die die Haut insgesamt erreicht, auch wenn sie von Kleidung oder Schutzhandschuhen bedeckt ist. Solche Daten werden zur Risikobewertung von Chemikalien nach der EU-Altstoffverordnung und dem Chemikaliengesetz benötigt. Ein Satz von Modellen zur Risikobewertung von Stoffen ist jetzt verfügbar, die es erlauben, die potentielle dermale Exposition jeweils für Hände und Körper von Beschäftigten für typische Fälle allgemein abzuschätzen. Diese Modelle beziehen sich auf die unterschiedliche Tätigkeitsklassen (DEO units). Die Modelle werden die bei der Risikobewertung verfügbaren Informationen weitestgehend berücksichtigen können - eine deutliche Verbesserung gegenüber den derzeit benutzten Modellen zur Risikobewertung von Stoffen.

Sieben Institute arbeiteten im Teilprojekt 4 von RISKOFDERM (Tabelle 1) an einer "Werkzeugkiste" (*toolkit*), deren Inhalt es erlaubt, anhand der vor Ort verfügbaren Informationen die dermale Gefährdung am Arbeitsplatz auf einfache Weise abzuschätzen und zu erkennen, ob Arbeitsschutzmaßnahmen erforderlich sind. Dies ist der Risiko-Rechner Haut.

Das Teilprojekt 4 von RISKOFDERM arbeitete in enger Verknüpfung mit den anderen Projektteilen. Aus Teil 1 und Teil 2 des Projekts wurden die Gruppierung der Arbeitssituationen in Gruppen und Untergruppen übernommen, sowie die Analysen der Dermalen Exposition und der verschiedenen Arbeitsplatz-bezogenen Variablen auf die Exposition. Die Modellierung der dermalen Exposition aus Teil 3 des Projekts wurde als Anregung und zur Validierung des Expositionsteils im Risiko-Rechner Haut eingesetzt. Für die Teile des Risiko-

Rechners Haut zur Wirkung, zum Risiko und zu den Schutzmaßnahmen gab es dagegen keine Zuarbeit aus anderen Teilen des RISKOFDERM-Projektes.

Tabelle 1 Institute des RISKOFDERM Projekts und bearbeitete Projektteile

Teilnehmer	Land	Teilnahme an Teil				Koordinator von
		1	2	3	4	
TNO Nutrition and Food Research Institute Zeist	NL	X	X	X	X	Projekt + Teil 3
Finnish Institute of Occupational Health Kuopio	FIN	X	X	X		
Health and Safety Executive/Laboratories Bootle/Sheffield	GB	X	X	X	X	Teil 2
Institute of Occupational Medicine Edinburgh	GB		X			
Universeit Utrecht, Institute of Risk Assessment Sciences, Utrecht	NL	X	X			
National Institute of Working Life Umeå	S	X	X			
Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Dortmund	D	X				Teil 1
Institut National de Recherche et de Sécurité, Nancy	F	X				
Instituto Nacional de Saude Lissabon	P	X				
Università degli Studi di Torino, Dipartimento di Traumatologia, Ortopedia e Medicina del Lavoro, Turin	I	X				
Eurofins, Galten / Hamburg (früher Miljö-Chemie, Hamburg)	D / DK				X	Teil 4
Forschungs- und Beratungsinstitut Gefahrstoffe FoBiG GmbH, Freiburg	D				X	
Allgemeine Unfallversicherungsanstalt AUVA, Wien	A				X	
Bau-Berufsgenossenschaft Frankfurt am Main	D				X	
Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, Sevilla/Madrid/Barcelona	SP	X	X		X	
Zu einem späteren Zeitpunkt wurde das Projekt (Teil 4) begleitet von: Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitsschutz BIA, St. Augustin	D				(X)	

3 Der Risiko-Rechner Haut ("Toolkit Dermal Exposure")

Dermale Risiken sind abhängig von der Wirkung der Arbeitsstoffe auf die Haut (lokale Wirkung) oder auf andere Körperorgane nach Resorption (systemische Wirkung) sowie vom Ausmaß der dermalen Exposition. Ähnlich wie bei Modellen zur Beurteilung der inhalativen Aufnahme von Stoffen [13, 14] geht der neu entwickelte Risiko-Rechner Haut von der Einstufung der Arbeitsstoffe (R-Sätze) aus und teilt sie nach pragmatischen Kriterien und Expertenbeurteilung in dermale Gefährdungskategorien ein. Das Ausmaß der dermalen Exposition (Höhe, Dauer und Häufigkeit) wird aufgrund repräsentativer Belastungen klassifiziert, die in anderen Projektteilen von RISKOFDERM für die verschiedenen Tätigkeitsklassen (DEO-units) ermittelt wurden. Beide Kenngrößen, für Wirkung und Exposition, werden in einer Entscheidungsmatrix zusammengeführt, die den Handlungsbedarf erkennen lässt [15].

Speziell Arbeitsschutzverantwortlichen wie Arbeitgebern und Sicherheitsfachkräften soll der Risiko-Rechner Haut die Anwendung der Ergebnisse des europäischen Projektes ermöglichen. Der Nutzer wird durch ein Computerprogramm geführt, dessen Fragen er mit Informationen beantworten kann, die er der Kennzeichnung oder dem Sicherheitsdatenblatt entnehmen oder durch Begehung und Beobachtung des Arbeitsplatzes gewinnen kann. Das Programm fragt die relevanten Parameter ab und bietet jeweils verschiedene Antworten an, unter denen man diejenige Alternative auswählt, die den beobachteten Verhältnissen am nächsten kommt. Die Auswertung der Informationen und die Ermittlung der Gefährdungskategorie erfolgen unsichtbar hinter der Benutzeroberfläche auf Basis eines programmierten Entscheidungsbaumes und modifizierender Algorithmen. Angezeigt werden lediglich die Eingabedaten und das Ergebnis.

Der Risiko-Rechner Haut soll helfen, bei Stoffen und Zubereitungen

1. die Risiken verschiedener Produkte zu vergleichen,
2. unterschiedliche Umgangsarten mit demselben Produkt zu beurteilen und
3. die Effektivität von Schutzmaßnahmen in der jeweiligen Situation einzuschätzen.

3.1 Funktionsweise

Methodisch kombiniert der Risiko-Rechner Haut Informationen zur Stoffwirkung mit Informationen zur Exposition.

3.1.1 Stoffwirkung (engl. "Hazard")

Zur Bewertung der Stoffwirkungen gibt der Nutzer die R-Sätze sowie evtl. den pH-Wert der Stoffe oder Zubereitungen in das Programm ein, nachdem er, wenn nötig, Stoffe ausgeschlossen hat, die aufgrund ihrer besonderen Eigenschaften mit dem Risiko-Rechner nicht beurteilbar sind. Das Programm ordnet dann die Stoffe oder Zubereitungen aufgrund der R-Sätze oder des pH-Wertes einer von fünf lokalen (bzw. sechs systemischen) Gefährdungskategorien zu. Die Zuordnung zu den Kategorien kann durch die Beantwortung weiterer Fragen modifiziert werden, zum Beispiel durch Angaben zur Verdünnung oder für systemisch wirksame Stoffe zum Verteilungskoeffizienten Octanol/Wasser. Der Benutzer nimmt am Rechner zunächst weder die zugeordneten Kategorien noch die internen Korrekturschritte des Programms wahr.

3.1.2 Exposition

Zur Expositionsermittlung bietet das Rechenprogramm dem Nutzer eine Liste von Tätigkeiten an, aus denen er diejenige auswählt, die seinen Verhältnissen am nächsten kommt. Die Belastungshöhe für die verschiedenen Tätigkeiten ist im Risiko-Rechner Haut hinterlegt. Sie wird anschließend durch die Beantwortung weiterer Fragen modifiziert. Abgefragt werden beispielsweise die Viskosität von Flüssigkeiten, die Benetzung verunreinigter Objekte, die Teilchengröße von Stäuben, die Arbeitstemperatur, der Grad der Automatisierung und das Vorhandensein von Lüftungseinrichtungen.

Für die Antworten müssen nicht erst umständlich präzise Werte ermittelt werden. Das Programm schlägt in einer allgemeinverständlichen Sprache geeignete Kategorien zur Auswahl vor.

Nach den Angaben zur Tätigkeit müssen noch die Dauer der belastenden Tätigkeit pro Tag und die betroffenen Körperbereiche eingegeben werden. Das Programm verarbeitet im Hintergrund alle Angaben in mehreren Rechenschritten, wobei es den Unterschieden zwischen lokalen und systemischen Wirkungen Rechnung trägt.

3.1.3 Risiko

Nachdem alle Fragen zur Exposition beantwortet sind, erhält der Nutzer als Zwischenergebnis eine Angabe über die Höhe seines dermalen Risikos. Das Programm nennt - getrennt für lokale und systemische Effekte - eine Risikoklasse zwischen 1 "kein Handlungsbedarf" und 10 "Arbeit einstellen, Stoff auf jeden Fall ersetzen" (Tabelle 19).

3.1.4 Schutzmaßnahmen

Bei einer Risikoklasse höher als 3 fordert das Programm auf zu untersuchen, ob Schutzmaßnahmen möglich sind. Auch hier folgt man der STOP-Hierarchie: Substitution vor Technik vor Organisation vor Persönlicher Schutzausrüstung. Dem Nutzer werden nacheinander Vorschläge aus den vier Maßnahmefeldern angeboten. Die Vorschläge wurden hinsichtlich ihrer Effektivität eingeteilt in verschiedene Klassen (Tabelle 20). Diese Klassen sollen Nicht-Experten im Arbeitsschutz zur Orientierung dienen. Das Programm prüft, sobald eine der Maßnahmeoptionen gewählt wurde, ob das Gesamtrisiko ausreichend gesenkt wird, und macht wenn nötig weitere Vorschläge. Wurde "Substitution" als Maßnahme gewählt, muss das Programm mit den Daten des Ersatzprodukts erneut durchlaufen werden.

4 Entscheidungslogik im Risiko-Rechner Haut

Im folgenden wird die Logik hinter den beschriebenen Funktionen erläutert. Alle Details der Forschungsergebnisse können dem Projektbericht an die EU Kommission entnommen werden, der zusammen mit diesem Bericht auf der selben CD-ROM übergeben wird.

4.1 Grundlagen

In Anlehnung an die Methodik verschiedener Beurteilungsschemata für die inhalative Exposition und Gefährdung wurde ein Entscheidungsbaum für die Beurteilung des Gesundheitsrisikos aufgrund einer dermalen Gefahrstoffexposition entwickelt. Da die hierbei verwendeten Modelle und Vereinfachungen eine präzise Vorhersage nicht erlauben, werden die ermittelten Angaben und Daten im wesentlichen in Form relativ grober Stufen gehandhabt. Für eine Zusammenfassung der Methodik (jedoch noch nicht in allen Punkten bereits in der endgültigen Fassung) siehe [15]. Die Wirkung einer Substanz und die Exposition werden zunächst

getrennt ermittelt und anschließend zur Ermittlung des Gesundheitsrisikos und der angemessenen Schutzmaßnahmen kombiniert.

4.2 Wirkung (engl. Hazard)

Der Term Wirkung beschreibt, welche Auswirkung eine erhebliche Exposition gegenüber einem Stoff oder einer Zubereitung auf die menschliche Gesundheit haben kann, und ist eine inhärente Stoffeigenschaft.

Wenn zwei Stoffe sehr unterschiedlicher Wirkung für die selbe Anwendung zum Einsatz kommen können, dann kann bereits die Bestimmung der Stoffwirkungen Anreiz für eine Substitution einer gefährlicheren durch eine weniger gefährliche Substanz sein - unabhängig von einer Ermittlung der Exposition. Dies gilt besonders, wenn die spezifischen Expositionsbedingungen unbekannt sind.

4.2.1 Beschreibung der Wirkung auf die Haut

Die Wirkung eines Stoffs auf die Haut wird in zwei Kategorien beschrieben: Einerseits die lokale Wirkung auf den Zustand der Haut (Korrosion, Reizung, aber auch allergische Reaktionen), und andererseits systemische Reaktionen nach einer Aufnahme der Substanz durch die Haut in den Körper. In beiden Fällen müsste die inhärente Toxizität anhand toxikologischer Daten beschrieben werden, wie z.B. letale Dosis, sensibilisierendes Potential, Reizungsintensität und Reizschwelle, usw. Da diese Daten in den Unternehmen i.d.R. nicht zur Verfügung stehen, werden hilfsweise die Legaleinstufung und die R-Sätze der Stoffe und Zubereitungen gemäß der Europäischen Richtlinie 67/548/EWG (mit deren späteren Ergänzungen) verwendet. Wo möglich, werden zusätzliche Informationen wie der Säuregrad (über den pH-Wert) und die Löslichkeit in Hautfett (über die Verteilung Octanol/Wasser $P_{o/w}$) berücksichtigt, sofern diese dem Sicherheitsdatenblatt entnommen werden können. Für weitere Einzelheiten siehe [16].

4.2.2 Gefahrstoffe mit lokaler Wirkung auf die Haut

R-Sätzen, die auf lokale Wirkungen hinweisen, wurde ein dimensionsloser Wert zugeordnet, der Intrinsic Toxicity IT-Score-Wert - siehe Tabelle 2. Wenn mehrere R-Sätze oder deren Kombinationen zur Verfügung stehen, wird mit dem höchsten IT-Score-Wert weitergearbeitet. Zusätzlich wird ein spezieller IT-Score-Wert für sehr niedrige oder sehr hohe pH-Werte vergeben. Die IT-Score-Werte sind nur die erste Näherung; wenn der Nutzer des Risiko-Rechners Haut über bessere und differenziertere Informationen verfügt, kann er eine andere Bewertung vornehmen.

Tabelle 2 IT-Klassen für Substanzen mit lokalen Wirkungen auf die Haut (ätzende, reizende, cancerogene oder sensibilisierende Wirkung)

Information	Intrinsic Toxicity IT Score
keine der untenstehenden	Niedrig
R 66, R 38	Moderat
R 34 pH ≤ 2 oder pH ≥ 11.5 *	Hoch
R 35, R 43	Sehr hoch
R 45	Extrem

*: nur auf wässrige Verdünnungen und Gemische anwendbar

Der Risiko-Rechner Haut bietet zusätzliche Hinweise zum Umgang mit einer späteren Verdünnung der Substanz mit Wasser sowie zur Plausibilitätskontrolle der ermittelten Daten an.

Der überprüfte und ggf. modifizierte IT-Score-Wert führt dann zur Einordnung in die **lokale Wirkungs-Klasse** (engl.: Hazard Score - local).

4.2.3 Gefahrstoffe mit systemischer Wirkung nach Aufnahme durch die Haut

R-Sätzen, die auf systemische Wirkungen nach Aufnahme durch die Haut hinweisen, wurde ein dimensionsloser Wert zugeordnet, der Intrinsic Toxicity IT-Score-Wert - siehe Tabelle3. Wenn mehrere R-Sätze oder deren Kombinationen zur Verfügung stehen, wird mit dem höchsten IT-Score-Wert weitergearbeitet.

Tabelle 3 IT- Klassen für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption

Information	Intrinsic Toxicity IT Score
keine R-Sätze	Kein IT
keine der untenstehenden R67	Niedrig
R20, R21, R22 R40 mit 20,21 oder 22 R48 mit 20, 21 oder 22 R62, R63	Moderat
R23, R24, R25, R29 R31, R33, R40, R41, R64 R39 mit 23, 24 oder 25 R48 mit 23, 24 oder 25	Hoch
R26, R27, R28, R32 R39 mit 26, 27 oder 28 R60, R61	Sehr hoch
R45, R46	Extrem

Der Risiko-Rechner Haut bietet zusätzliche Hinweise an zum Umgang mit einer späteren Verdünnung der Substanz mit Wasser, zur Plausibilitätskontrolle der ermittelten Daten, sowie zur Berücksichtigung einer reduzierten Verfügbarkeit für die Hautresorption (z.B. bei Feststoffen).

Der überprüfte und ggf. modifizierte IT-Score-Wert führt dann zur Einordnung in die **systemische Wirkungs-Klasse** (engl.: Hazard Score - systemic).

4.3 Exposition

Die Exposition ist entscheidend dafür, ob eine mögliche Stoffwirkung tatsächlich eintreten kann. Die Exposition wird von unterschiedlichen Fachleuten mit verschiedenen Begriffen beschrieben, was mitunter zu Verwirrung führt. Deshalb werden im folgenden die grundlegen-

den Konzepte und die Nomenklatur beschrieben, die im Rahmen des RISKOFDERM-Projekts zum Einsatz kamen.

4.3.1 Grundlagen und Nomenklatur

Dermale Exposition (engl.: Dermal Exposure Loading) wird hier verstanden als **Masse** (Maßeinheit: mg), die sich zusammensetzt aus der Expositionsrate (Maßeinheit: mg/cm²h), der exponierten Körperoberfläche (Maßeinheit: cm²), und der **Zeit** (Maßeinheit: h, verstanden als Dauer der Tätigkeit mit dermalen Exposition). Die Expositions**dosis** ist die Kombination von Expositionsrate und Zeit und hat die Maßeinheit: mg/cm². Die Exposition ist dann die Kombination von Dosis und Zeit.

In erster Näherung werden diese Parameter durch Multiplikation kombiniert. Tatsächlich aber sind diese Zusammenhänge im Hinblick auf die biologische Relevanz nicht linear, und sie sind unterschiedlich für Substanzen mit lokaler bzw. für solche mit systemischer Wirkung zu bewerten. Aus diesem Grunde wird die Exposition als dimensionsloser Wert ausgedrückt, als **Expositions-Score-Wert**.

Die dermale Exposition wird in drei Schritten bewertet, wobei nur zwei davon für Substanzen mit lokaler Wirkung relevant sind.

Wenn eine chemische Substanz die äußere Körperhülle erreicht, dann führt dies zu einer **potentiellen (möglichen) Exposition**. Dieser Vorgang kann über **drei Expositionspfade** erfolgen: **Direkter Kontakt** mit der Substanz, Kontakt mit **kontaminierten Oberflächen** (z.B. Werkzeuge, Tische, Wände), und Kontakt mit einem Aerosol durch Absetzen (**Deposition**) der Tröpfchen oder der Staubpartikel auf den Körper.

Wenn der exponierte Körperteil nicht durch Kleidung bedeckt ist, dann ist die potentielle Exposition identisch mit der **aktuellen (tatsächlichen) Exposition**, weil die Substanz vollständig auf die Haut trifft. Kleidung und Schutzkleidung können dagegen einen relevanten Anteil der Substanz zurückhalten (abhängig von Material, Design, Dicke der Kleidung sowie vom Aggregatzustand der Substanz) - in diesem Fall ist die aktuelle Exposition niedriger als die potentielle Exposition.

Die **Innere Exposition** beschreibt die Substanzmenge, die durch die Haut aufgenommen wird. Die perkutane Aufnahmerate ist in vielen Fällen nicht bekannt, sie ist zudem von vielen Parametern abhängig und sie weist eine hohe Variabilität von Individuum zu Individuum auf. Aus diesem Grunde musste der Risiko-Rechner Haut mit einer "vernünftigen Worst-Case"-Betrachtung arbeiten und als Regelfall eine vollständige Aufnahme durch die Haut unterstellen. Lediglich für staubförmige Substanzen, wie auch für einige flüssige Substanzen mit bekanntermaßen niedriger Hautresorption, wird unterstellt dass die Innere Exposition eine Größenordnung niedriger ist als die aktuelle Exposition.

Die Innere Exposition wird auf das Standard-Körpergewicht eines Erwachsenen bezogen, indem durch 70 kg dividiert wird – die Maßeinheit ist mg/kg.

4.3.2 Pragmatisches Konzept zur Expositionsermittlung

Im Unternehmen wird der Nutzer des Risiko-Rechners Haut in aller Regel nicht über die Informationen und die Kompetenz verfügen, um eine präzise Expositionsabschätzung vornehmen zu können. Deshalb war ein vereinfachtes Prozedere erforderlich. Allerdings beruht diese Expositionsermittlung auf wenig präzisen Daten und diversen Vereinfachungen des komplexen Geschehens. Deshalb sind die Ergebnisse unbedingt mit Vorsicht zu verwenden.

Es wurden sechs universelle Tätigkeitsklassen definiert, sog. *Derma* *Exposure* *Operation* *units* oder DEO units (Tabelle 4), denen sich sämtliche Tätigkeiten (*scenarios*) zuordnen lassen, bei denen dermale Belastungen auftreten können. Bei ähnlichen Szenarien können in verschiedenen Branchen Unterschiede auftreten, die für die dermale Belastung von Bedeutung sind.

Tabelle 4 Universelle Tätigkeitsklassen und Beispiele für zugehörige Tätigkeiten

Tätigkeitsklasse (DEO-unit)	Beispiele für Tätigkeiten (Szenarien)
Handhaben von Gegenständen, die Substanzen enthalten oder denen Substanzen anhaften	<ul style="list-style-type: none"> • Transport / Transfer von Stoffen • Mischen, Verdünnen von Stoffen • Einfüllen / Umfüllen von Stoffen
Manuelles Ausbringen von Substanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Wischen mit Lappen • Verstreuen
Ausbringen von Substanzen von Hand mit einem Werkzeug	<ul style="list-style-type: none"> • Kleben, Verschäumen • Streichen (zur Beschichtung)
Versprühen von Substanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Spritzlackierung • Sandstrahlen
Eintauchen in Substanzen	<ul style="list-style-type: none"> • Tauchlackierung • Galvanikbäder
Mechanisches Bearbeiten fester Gegenstände	<ul style="list-style-type: none"> • Sägen • Maschinenarbeit (Drehen, Bohren, Fräsen)

4.3.3 Potentielle und Aktuelle Dermale Exposition

Aus der Literatur und aus den Ergebnissen der Projektteile 2 und 3 wurden potentielle dermale Expositionsraten und die zugehörigen Expositionsbedingungen für eine Vielzahl von Situationen ermittelt. Hieraus wurden durch statistische Datenbearbeitung Standardwerte für die potentielle dermale Expositionsrate für jede Tätigkeitsklasse (DEO unit) abgeleitet. Dies alles erfolgte getrennt für die Hände und für den Rest des Körpers. Für das Konzept und vorläufige Werte siehe [17]. Die endgültigen Werte können der Tabelle 5 entnommen werden. Spätere Studien können zu einer Verbreiterung der Datenbasis und zu veränderten Standardwerten führen.

Tabelle 5 Standard-Werte für die potentielle Expositionsrate

Tätigkeits-Klasse (Dermal Exposure Operational DEO Unit)	Potentielle Expositionsrate des Körpers DPE_{BODY}	Potentielle Expositionsrate der Hände DPE_{HANDS}
Handhaben von Gegenständen, die feste Substanzen enthalten oder denen feste Substanzen anhaften	0.50 (hoch)	21.63 (sehr hoch)
Handhaben von Gegenständen, die flüssige Substanzen enthalten oder denen flüssige Substanzen anhaften	0.2 (hoch)	0.656 (hoch)
Manuelles Ausbringen von Feststoffen	0.32 (hoch)	80.2 (sehr hoch)
Manuelles Ausbringen von Flüssigkeiten	0.32 (hoch)	80.2 (sehr hoch)
Ausbringen von Feststoffen von Hand mit einem Werkzeug	0.096 (mittel)	1.09 (hoch)
Ausbringen von Flüssigkeiten von Hand mit einem Werkzeug	0.096 (mittel)	1.09 (hoch)
Versprühen von Feststoffen	0.625 (hoch)	3.28 (hoch)
Versprühen von Flüssigkeiten	0.625 (hoch)	3.28 (hoch)
Eintauchen von Gegenständen in Feststoffe	0.019 (mittel)	3.76 (hoch)
Eintauchen von Gegenständen in Flüssigkeiten	0.019 (mittel)	3.76 (hoch)
Mechanisches Bearbeiten von Gegenständen (Exposition gegenüber Feststoffen)	0.032 (mittel)	0.25 (mittel)
Mechanisches Bearbeiten von Gegenständen (Exposition gegenüber Flüssigkeiten)	0.434 (hoch)	2.5 (hoch)

Die Maßeinheit der Potentiellen Expositionsrate DPE ist ($\text{mg cm}^{-2} \text{h}^{-1}$).

Ferner wurde abgeschätzt, welchen Beitrag die verschiedenen Expositionspfade zur potentiellen Exposition leisten vgl. Tabelle 6 und [17].

**Tabelle 6 Relativer Beitrag der Expositionspfade zur dermalen Exposition
(% anteiliger Beitrag)**

Tätigkeits-Klasse (DEO Unit)	Exposition des Körpers (in %)			Exposition der Hände (in %)		
	DC	SC	DEP	DC	SC	DEP
Handhaben von Gegenständen, die feste Substanzen enthalten oder denen feste Substanzen anhaften	0	60	40	25	50	25
Handhaben von Gegenständen, die flüssige Substanzen enthalten oder denen flüssige Substanzen anhaften	0	100	0	0	100	0
Manuelles Ausbringen von Feststoffen	40	40	20	50	50	0
Manuelles Ausbringen von Flüssigkeiten	50	50	0	50	50	0
Ausbringen von Substanzen von Hand mit einem Werkzeug	20	50	30	30	40	30
Versprühen von Substanzen	0	30	70	0	60	40
Eintauchen von Substanzen in Flüssigkeiten	50	50	0	50	50	0
Mechanisches Bearbeiten von Gegenständen	0	30	70	0	60	40

DC: Exposition durch direkten Kontakt zur Substanz (z.B. Eintauchen, Spritzer).

SC: Exposition durch Berühren kontaminierter Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge usw.

DEP: Exposition durch Deposition (Absetzen) der als Staub oder Nebel vorliegenden Substanz auf die Haut.

Die Standardwerte aus Tabelle 5 sind nicht auf alle realen Situationen anzuwenden, da die Expositionsbedingungen von dem Standardszenario erheblich abweichen können. Eine Analyse verschiedener Parameter zeigte, dass die Expositionsbedingungen die Expositionshöhe auf unterschiedliche Weise beeinflussen [18-19]. Diese **Determinanten** (engl. Modifier) wurden für die o.g. drei Expositionspfade getrennt ermittelt und Standardwerte wurden festgelegt. Einige dieser Determinanten kommen entweder nur für Flüssigkeiten oder nur für Aerosole oder nur für Festkörper (Staub) zur Anwendung, andere wiederum wirken sich nur bei einzelnen Tätigkeitsklassen aus. Einzelne Determinanten wurden nicht berücksichtigt, wenn es unmöglich erschien, dass die Nutzer des Risiko-Rechners Haut diese Parameter ohne eine chemische Messung oder ohne Expertenwissen bestimmen könnten. Für die vollständige Liste der berücksichtigten Determinanten siehe die Tabellen 7-9.

Tabelle 7 Korrekturfaktoren für Substanz-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für den Übergang der Substanz von einer Quelle auf die Haut

Parameter	Beschreibung	Expositionsprofil		
		DC	SC	DEP
Beste Beschreibung der Flüssigkeit	wie Wasser	1	1	1
	wie Lösemittel	1	0.3	3
	wie Öl oder Fett	3	3	0.3
	wie eine Lösemittelsuspension (dick, aber flüchtig)	3	3	3
Feuchtigkeit / Klebrigkeit (nur für Feststoffe)	Trocken (wie trockener Sand, Mehl oder Pellets)	1	1	1
	Feucht (wie feuchtes Mehl oder feuchter Sand)	3	3	1
Benetzung / Kontamination von Gegenständen	Trocken / nur geringflächige Kontamination (<20%)	1	0.1	1
	Feucht / mittlere bis großflächige Kontamination (20-80%)	1	1	1
	Gesättigt / vollständige Kontamination (>80%)	1	10	1
Partikelgröße (nur für Feststoffe)	Wie trockener grober Sand	1	1	1
	Wie trockenes Mehl	3	3	3
	Wie trockenes Granulat oder Pellets	0.3	0.3	0.3

DC: Exposition durch direkten Kontakt zur Substanz (z.B. Eintauchen, Spritzer).

SC: Exposition durch Berühren kontaminierter Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge usw.

DEP: Exposition durch Deposition (Absetzen) der als Staub oder Nebel vorliegenden Substanz auf die Haut.

Tabelle 8 Korrekturfaktoren für Arbeitsplatz-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für die Beschreibung der Quelle für die Kontamination

Parameter	Beschreibung	Expositionsprofil		
		DC	SC	DEP
Temperatur des Prozesses / der Substanz	Arbeit / Prozess bei Raum- oder geringfügig erhöhter Temperatur	1	1	1
	Hohe Temperatur: Flüssigkeiten werden erhitzt / Feststoffe werden geschmolzen	1	3	3
Versprühen von Flüssigkeiten (Tropfengröße)	Sprühverfahren führt zu kleinen luftgetragenen Tröpfchen	1	0.3	0.1
	Sprühverfahren mit geringem Druck führt zu größeren Tropfen	1	1	1
Versprühen von Feststoffen (Partikelgröße)	Versprühen oder Vernebeln von Puder	1	0.3	0.1
	Versprühen oder Verstreuen von groben Feststoffen / Granulat / Pellets mit Werkzeug	1	1	1
Nähe zur Quelle	Armlänge oder weniger weit entfernt	1	1	1
	Mehr als eine Armlänge weit entfernt (inkl. Werkzeuggriff o.ä.)	0.3	0.3	0.3
Beengter Arbeitsplatz	Nicht beengter Arbeitsplatz	1	1	1
	Beengter Arbeitsplatz: eng, freie Körperbewegungen sind behindert, umschlossene Räume	3	3	3
Ausrichtung der Arbeit	Arbeit auf Bauchhöhe	1	1	1
	Arbeitshöhe oberhalb Bauch / Schultern (über Kopf)	3	1	3
	Arbeitshöhe unterhalb Bauchhöhe	0.3	1	0.3
Applikationsrate	Für das Szenario typische Applikationsrate	1	1	1
	Geringe Applikationsrate (< 5 x als normal)	0.4	0.4	0.4
	Hohe Applikationsrate (> 5 als normal)	2.5	2.5	2.5

DC, SC, DEP: siehe Tabelle 8.

Tabelle 9 Korrekturfaktoren für Maßnahmen-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen

Parameter	Beschreibung	Expositionspfad		
		DC	SC	DEP
Automationsgrad	Keine Automation - Handarbeit	1	1	1
	Teilweise automatisiert, teilweise Handarbeit	0.3	0.3	0.3
	Vollständig automatisiert - Handarbeit ersetzt durch Kontroll- und Steuerungstätigkeiten	0.1	0.1	0.1
Trennung zwischen Mensch und Quelle der Kontamination *	Keine Trennung	1	1	1
	Trennung durch Schutzschild, Kabine, Wand o.ä.	0.1	0.1	0.3
Kapselung der Quelle der Kontamination *	Keine Kapselung	1	1	1
	Vollständige Kapselung	0.001	0.001	0.001
Lüftung	Natürliche oder allgemeine Raumlüftung	1	1	1
	Lokale Absaugung	1	0.3	0.3

* Kapselung und Trennung können nicht kombiniert werden

DC: Exposition durch direkten Kontakt zur Substanz (z.B. Eintauchen, Spritzer).

SC: Exposition durch Berühren kontaminierter Oberflächen, Maschinen, Werkzeuge usw.

DEP: Exposition durch Deposition (Absetzen) der als Staub oder Nebel vorliegenden Substanz auf die Haut.

Die Anwendung dieser Werte auf die Standard-Expositionsraten führt zu einer Erhöhung oder Verringerung der potentiellen dermalen Exposition (rechnerisch durch Multiplikation). Teilweise können sich die Faktoren überlappen - zwei Determinanten, die beide zu einer Barriere zwischen Quelle und Mensch führen, können nicht doppelt wirken. Deshalb wurden Obergrenzen für alle Modifikatoren innerhalb jeder der drei Tabellen festgesetzt. Wenn der Nutzer des Risiko-Rechners Haut keine Angaben macht, bleibt die Standard-Expositionsraten unverändert (Multiplikationsfaktor = 1).

Nun errechnet der Risiko-Rechner Haut die situationspezifische potentielle Expositionsrate PER getrennt für die Hände und den Körper durch Multiplikation:

$$PER_{\text{BODY}} = \text{Potentielle Standard-Expositionsrate (Körper)} \times \text{Modifikatoren} \quad (1a)$$

$$PER_{\text{HANDS}} = \text{Potentielle Standard-Expositionsrate (Hände)} \times \text{Modifikatoren} \quad (1b)$$

mit PER = Potentielle Expositionsrate (in mg/cm²h)

Wenn die exponierten Körperflächen bekleidet sind, dann wird die PER durch einen Kleidungsfaktor von 0,5 (leichte Kleidung) oder 0,1 (dicke Kleidung) verringert und ergibt die Aktuelle Expositionsrate:

AER_{BODY} = Potentielle Expositionsrate (Körper) x Kleidungsfaktor (2a)

AER_{HANDS} = Potentielle Expositionsrate (Hände) x Kleidungsfaktor (2b)

mit AER = Aktuelle Expositionsrate (in mg/cm²h)

Schutzkleidung wird bei der Expositionsermittlung zunächst noch nicht berücksichtigt, weil zwei Gründe zu einer unerwarteten Kontamination führen können. In vielen Fällen bilden die tatsächlich verwendeten Schutzkleidungen keine wirksame Barriere und können die aktuelle Exposition sogar noch verstärken [20]. Außerdem kann eine ungünstige Handhabung der Schutzkleidung - besonders beim An- und Ausziehen - zu einer erheblichen Kontamination der Innenseite führen. Aus diesem Grunde ist ein ungeprüftes Vertrauen in diese Schutzmaßnahme nicht angemessen [21].

4.3.4 Exposition - Substanzen mit Lokalen Wirkungen auf die Haut

Lokale Wirkungen auf die Haut, wie Korrosion (Ätzwirkung) oder Reizung, können auftreten nachdem eine ausreichende Menge Substanz die Haut erreicht hat. Nach erfolgter Sensibilisierung gilt dies auch für Hautallergien. Die wesentlichen Parameter der aktuellen dermalen Exposition (Expositionsrate, Dauer und exponierte Fläche) zeigen keinen linearen Einfluss auf diese Wirkungen. Deshalb arbeitet der Risiko-Rechner Haut nicht mit den physikalischen Größen, sondern mit gewichteten Score-Werten. Das Auftreten lokaler Wirkungen auf die Haut wird vor allem den **Spitzenwerten der aktuellen Expositions dosis** zugeschrieben, selbst wenn diese nur für eine kurze Zeit auftreten.

Die quantitative Bestimmung dieser Spitzenwerte der aktuellen Expositions dosis ist schwierig, wenn die Expositionsrate mit der Zeit variiert. Da die Hände in der Regel am nächsten an der Quelle sind und deshalb die höchste Exposition aufweisen, wurde die **Aktuelle Expositions dosis der Hände** als Surrogat für die Spitzenwerte der aktuellen Expositions dosis (und damit als die entscheidende Beurteilungsgröße) gewählt. Eine Auswertung diverser Veröffentlichung zur dermalen Exposition bestätigte diese Annahme [17-18]. Mit Ausnahme des Versprühens von Substanzen zeigten alle anderen Arbeitssituationen eine wesentliche höhere Exposition der Hände im Vergleich zu anderen Körperteilen. Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen wurde die folgende Expositions bewertung etabliert.

Die potentielle Expositionsrate PER und die aktuelle Expositionsrate AER der spezifischen Situation werden aus Standardwert und Modifikatoren ermittelt, wie oben beschrieben. Die Expositionsrate der Hände wird als Indikator für die Spitzenwert der aktuellen Expositionsrate AER_{PEAK} genommen und einem **Score-Wert der Spitzenwerte der Aktuellen Dermalen Exposition** (AER_{PEAK} score) zugeordnet:

AER_{PEAK} score = Wert der Aktuellen Expositionsrate der Hände (s.Gl. 2b), (3)

mit AER_{PEAK} score = Score-Wert der Spitzenwerte der aktuellen Expositionsrate

Die Tätigkeitsdauer AT wird nicht-linear behandelt. Damit sollen sowohl die Schwellenwerte vor dem Eintritt einer Wirkung wie auch Sättigungseffekte der Hautbelastung berücksichtigt werden. Für ätzende Wirkungen werden aufgrund ihrer massiven Schädigungswirkung bereits nach kürzesten Expositionsdauern höhere Score-Werte vergeben. Die Tätigkeitsdauer führt zu Score-Werten gemäß Tabelle 10 und wird mit dem AER_{PEAK} Score multipliziert:

$$AED_{PEAK} \text{ Score} = AER_{PEAK} \text{ Score} \times AT \text{ Score}, \quad (4)$$

mit

AED_{PEAK} = Aktuelle Expositionsdosis

AER_{PEAK} = Aktuelle Expositionsrate

AT = Tätigkeitsdauer

**Tabelle 10 Score-Werte für die Tätigkeitsdauer (AT)
(für Substanzen mit lokalen Wirkungen)**

Zeit, h/Tag	R34, R35, extremer pH (Indikatoren für ätzende Wirkung)	Andere relevante R- Sätze (vgl. Tabelle 21)
< 0.1	1	0.1
0.1 - < 0.5	3	0.1
0.5 - < 1	3	0.3
1 - 4	3	1
> 4	3	3

Der AED_{PEAK} Score wird dann gemäß Tabelle 11 ermittelt. Diese Abstufung berücksichtigt, dass der Zusammenhang zwischen Dosis und Wirkung nicht linear ist. Auch der Einfluss der exponierten Körperfläche wird nicht-linear berücksichtigt, weil Hautschädigungen auch bei einer kleinen betroffenen Fläche zu erheblichen Krankheitsbildern führen und deshalb vermieden werden sollten. Aus diesem arbeitet der Risiko-Rechner Haut mit gewichteten Score-Werten für die exponierte Körperfläche, siehe Tabelle 12.

**Tabelle 11 Score-Werte für die Spitzenwerte der Aktuellen Expositionsdosis (AED)
(für Substanzen mit lokalen Wirkungen)**

AER_{PEAK} score x AT score	AED_{PEAK} score
< 0.01	0.1
0.01 - < 0.1	0.3
0.1 - 3	1
> 3	3

**Tabelle 12 Score-Werte für die Exponierte Körperfläche (EBA)
(für Substanzen mit lokalen Wirkungen)**

Exponierte Körperfläche EBA, cm ²	EBA Score
< 10 (Größe einer großen Münze; kleine Spritzer)	0.1
10 - 500 (eine Hand oder weniger)	0.3
501 - 2000 (Hände und Unterarme, oder Hände und Kopf)	1
> 2001 (mehr als Hände und Kopf)	3

Die Spitzenwerte der Aktuellen Exposition (AE_{PEAK} Score-Wert) werden dann aus der exponierten Fläche und den Spitzenwerten der Expositions-dosis durch Multiplikation des EBA-Score-Werts und des AED_{PEAK} -Score-Werts abgeschätzt.

$$AE_{PEAK} \text{ Score} = AED_{PEAK} \text{ Score} \times EBA \text{ Score}, \quad (5)$$

mit

- AE_{PEAK} = Spitzenwerte der Aktuellen Exposition
- AED_{PEAK} = Spitzenwerte der Aktuellen Expositions-dosis
- EBA = Exponierte Körperfläche

Das quantitative Ergebnis wird dann gemäß Tabelle 13 in eine Aktuelle Expositions-kategorie überführt.

**Tabelle 13 Aktuelle Expositions-klassen (AE)
(für Substanzen mit lokalen Wirkungen)**

AE_{PEAK} Score	Aktuelle Expositions-kategorie
0.002 oder weniger	Vernachlässigbar
> 0.002 - 0.02	Niedrig
> 0.02 - 0.2	Mittel
> 0.2 - 2	Hoch
> 2 - 20	Sehr hoch
> 20	Extrem

4.3.5 Exposition - Substanzen mit Systemischen Wirkungen

Eine Reihe von Substanzen können die menschliche Gesundheit durch **systemische Wirkungen nach perkutaner Resorption** schädigen. Der kritische Parameter ist hier, wie viel Substanz durch die Haut-Barriere penetriert und dann für den Transport zu den Zielorganen zur Verfügung steht. Dies wird beschrieben durch die **Innere Exposition**. Der Score-Wert für die innere Exposition wird aus der potentiellen und der aktuellen Exposition, der Tätigkeits-dauer und der exponierten Fläche ermittelt.

Die potentielle Expositionsrate PER und die aktuelle Expositionsrate AER der spezifischen Situation werden aus Standardwert und Modifikatoren ermittelt, wie oben beschrieben. Die aktuelle Expositionsrate wird einem **Score-Wert der Dermalen Expositionsrate** (ER Score) zugeordnet:

$$\text{ER score} = \text{Wert der Aktuellen Expositionsrate, (s.Gl. 2a)} \quad (6)$$

mit AER = Aktuelle Expositionsrate

Dieser Wert wird für folgende Substanzen mit niedrigen Hautpenetrationsraten modifiziert:

- Feststoffe, Stäube
- Gase
- Substanzen mit schlechter Löslichkeit in der äußeren Haut (als Indikator gelten: Ein Molekulargewicht > 500, oder ein Octanol/Wasser Verteilungskoeffizient $P_{OW} < -1$ oder > 5, oder eine Permeabilitätskonstante $K_p < 0,0001$)

Für diese Substanzen beträgt der Score-Wert für die Expositionsrate

$$\text{ER score} = 0,1 \times \text{Wert der Aktuellen Expositionsrate} \quad (7)$$

Die Tätigkeitsdauer AT wird nicht-linear behandelt. Damit sollen Schwellenwerte vor dem Beginn der Hautpenetration, Sättigungseffekte der Hautbeladung sowie penetrationsfördernde Hautschädigungen berücksichtigt werden. Die Tätigkeitsdauer AT wird gemäß Tabelle 14 gewichtet und gemäß Tabelle 15 mit der Expositionsrate ER zur Expositionsdosis ED kombiniert:

$$\text{ED Score} = \text{ER Score} \times \text{AT Score} \quad (8)$$

mit
ED Score = Expositionsdosis Score-Wert
ER Score = Expositionsrate Score-Wert
AT Score = Tätigkeitsdauer Score-Wert

Tabelle 14 Score-Werte für die Tätigkeitsdauer (AT)
(für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)

Zeit, h/Tag	AT score
< 0.5	0.1
0.5 - < 4	0.3
> 4	1
Häufiges Eintauchen	3

**Tabelle 15 Score-Werte für die Expositionsdosis (ED)
(für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)**

ER score x AT score	ED score
< 0.01	0.01
0.01 < (ER score x AT score) < 6	= Wert von (ER score x AT score)
> 6 mg/cm ²	6

Die Expositionsdosis ED wird in Tabelle 15 linear berechnet, da in den meisten Fällen eine Abhängigkeit von Dosis und Wirkung gegeben ist. Allerdings wurden eine untere und eine obere Grenze gesetzt. Die untere Grenze entspricht einem Niedrigdosisbereich, bei dem keine Wirkung mehr erwartet wird. Die obere Grenze entspricht einem Hochdosisbereich, bei dem die maximal in der äußeren Haut lösliche Menge der Substanz erreicht wurde.

Die exponierte Körperfläche wird linear berücksichtigt, weil die betroffene Fläche sich direkt auf die aufgenommene Dosis auswirkt. Die Innere Exposition IE wird dann aus Fläche und Dosis durch Multiplikation der Fläche EBA und des Score-Werts der Expositionsdosis ED abgeschätzt. Dieser IE-Score-Wert wird zusätzlich auch als IE_{REL}-Score-Wert auf das Körpergewicht eines Norm-Erwachsenen bezogen.

$$\text{IE score} = \text{ED score} \times \text{EBA score} \quad (9)$$

$$\text{IE}_{\text{REL}} \text{ score} = \text{IE score} / 70 \quad (10)$$

Das quantitative Ergebnis wird dann gemäß Tabelle 16 in eine Innere Expositionsklasse überführt.

**Tabelle 16. Innere Expositionsclassen (IE)
(für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)**

IE score	IE _{REL} score	Innere Expositionsklasse
0.5 oder weniger	0.007 oder weniger	Vernachlässigbar
> 0.5 – 5	> 0.007 - 0.07	Niedrig
> 5 – 50	> 0.07 - 0.7	Mittel
> 50 - 500	> 0.7 - 7	Hoch
> 500 – 5,000	> 7 - 70	Sehr hoch
> 5,000	> 70	Extrem

4.4 Risiko

Exposition und Wirkung sind unabhängig voneinander, sollten aber nach Möglichkeit im Zusammenhang bewertet werden. Schließlich kann ein sehr gefährlicher Stoff bei einer vernachlässigbaren Exposition unter Umständen ein geringeres Gesundheitsrisiko darstellen als ein mäßig gefährlicher Stoff bei einer sehr hohen Exposition.

Der Risiko-Rechner Haut liefert zwei getrennte Angaben zu Gesundheitsrisiken und kombiniert die Wirkungsklasse und die Expositionsklasse getrennt für lokale Wirkungen (Tabelle 17) und für systemische Wirkungen nach perkutaner Resorption (Tabelle 18). Diese getrennte Angabe ist erforderlich, weil die Abschätzung sowohl der Wirkung wie auch der Expositionshöhe unter den spezifischen Bedingungen für beide Risiken auf unterschiedliche Weise vorzunehmen ist. Die Festlegung der Risikoklassen ist keine wissenschaftliche, sondern eher eine ethische und politische Angelegenheit und wurde von der Forschungsgruppe im Einvernehmen vorgenommen. Für die Bedeutung der Risikoklassen - siehe Tabelle 19.

Der Risiko-Rechner Haut liefert noch keine Integration der verschiedenen Expositionspfade (inhalativ, dermal und durch Verschlucken). Diese Integration wäre wichtig, war aber nicht auf dem notwendigerweise einfachen Niveau des Risiko-Rechners Haut zu erreichen.

Tabelle 17 Risikoklassen – für Substanzen mit lokalen Wirkungen

Aktuelle Expositionsklasse	Wirkungsklasse (lokal)				
	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
Vernachlässigbar	1	1	2	5	8
Niedrig	1	2	5	5	10
Mittel	2	3	6	6	10
Hoch	2	4	6	8	10
Sehr hoch	3	7	7	9	10
Extrem	7	9	9	9	10

Tabelle 18 Risikoklassen – für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption

Innere Expositionsklasse	Wirkungsklasse (systemisch)				
	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	extrem
Vernachlässigbar	1	1	2	5	8
Niedrig	1	2	5	8	10
Mittel	2	3	6	8	10
Hoch	2	4	6	8	10
Sehr hoch	3	7	7	9	10
Extrem	7	9	9	9	10

Tabelle 19 Bedeutung der Gefährdungskategorien beim Risiko-Rechner Haut

1	–	Kein Handlungsbedarf.
2	–	Keine besonderen Maßnahmen, allgemeine Hautpflege.
3	–	Expositionsverminderung, wenn leicht zu erreichen.
4	–	Handlungsbedarf, insbesondere Expositionsminde- rung.
5	–	Stoffbezogene Gefährdung möglichst senken.
6	–	Handlungsbedarf, verschiedene Maßnahmen sinnvoll, detaillierte Analyse durchführen.
7	–	Dringend Exposition begrenzen.
8	–	Nur in Ausnahmefällen zulässig, Stoff ersetzen wenn möglich.
9	–	Exposition auf jeden Fall drastisch verringern, Arbeit einstellen.
10	–	Stoff auf jeden Fall ersetzen, Arbeit einstellen.

4.5 Schutzmaßnahmen

Wenn kein Gesundheitsrisiko vorliegt, sind auch keine Schutzmaßnahmen erforderlich. Bei einem relevanten Gesundheitsrisiko werden dagegen Schutzmaßnahmen zur Minderung des Risikos vorgeschlagen.

Verschiedenen Schutzmaßnahmen (engl.: Control Actions) wurden aufgrund von Plausibilitätsbetrachtungen Effektivitätsklassen zugeordnet, vgl. Tabelle 20.

Tabelle 20 Risiko-Rechner Haut: Effektivität von Schutzmassnahmen

Effektivitäts- klasse	Beschreibung	Multiplikator für die Potentielle Exposition
4	kein verbleibendes Risiko	0
3	Exposition / Risiko nahezu vollständig begrenzt	0,01
2	spürbarer Effekt	0,1
1	geringer Effekt	0,3
0	kein Effekt	1
-1	unbeabsichtigte Erhöhung der Gefährdung durch ungeeignete Maßnahme	3-10

In Übereinstimmung mit der europäischen Chemikaliengesetzgebung [6] werden dem Nutzer des Risiko-Rechners Haut Schutzmaßnahmen in der Reihenfolge der STOP-Hierarchie vorgeschlagen:

1. Substitution
2. Technische Schutzmaßnahmen
3. Organisatorische Schutzmaßnahmen
4. Persönliche Schutzmaßnahmen

Wenn Schutzmaßnahmen vom Nutzer ausgewählt wurden, dann wird vom Risiko-Rechner Haut der entsprechende Multiplikator auf den Parameter (z.B. die exponierte Fläche) angewandt, der durch die jeweilige Maßnahme primär beeinflusst wird, und die Exposition und das Risiko werden neu abgeschätzt. Dies kann sowohl für mehrere Maßnahmen einzeln, wie auch für eine Bündelung von Maßnahmen erfolgen. Dadurch lässt sich die erwartete Schutzwirkung abschätzen, bevor tatsächlich materieller Aufwand betrieben wird.

5 Leistungsfähigkeit des Risiko-Rechners Haut

5.1 Qualität der Eingabedaten

Die Vorhersagekraft des Risiko-Rechners Haut wird begrenzt (1) durch die begrenzte Qualität der Eingabedaten und (2) durch die notwendigen Vereinfachungen in dem Modell, das dem Entscheidungsbaum zu Grunde liegt.

Die Eingabedaten sind nicht sehr präzise und nur begrenzt verlässlich. Insbesondere ermöglichen die Legaleinstufung und -kennzeichnung sowie die R-Sätze nur eine sehr grobe Abschätzung der möglichen Wirkung einer chemischen Substanz oder Zubereitung. Mehrere Untersuchungen zeigten die häufig sehr begrenzte Qualität dieser Einstufungen sowie der Sicherheitsdatenblätter auf [22-24]

Wenn der Nutzer nur sehr undifferenzierte Eingaben macht, wird er vom Risiko-Rechner Haut gebeten, sich nach zusätzlichen Informationen umzusehen, beispielsweise ein (hoffentlich qualitativ hochwertiges) Sicherheitsdatenblatt. Aber selbst ein optimal gestaltetes Sicherheitsdatenblatt enthält nicht immer alle relevanten Informationen. In diesem Fall wird dem Nutzer des Risiko-Rechners Haut vorgeschlagen, folgende Quellen für zusätzliche Informationen zu nutzen:

- Anfrage beim Lieferanten nach zusätzlichen Informationen über gefährliche Wirkungen des chemischen Produkts,
- Heranziehen von Listen mit physiko-chemischen Eigenschaften von Chemikalien,
- Heranziehen von Listen mit irritativen oder sensibilisierenden Eigenschaften von Chemikalien,
- Anfrage bei Lieferanten von Persönlicher Schutzausrüstung nach der realen Schutzwirkung unter den spezifischen Arbeitsbedingungen,
- Durchführung einer quantitativen Expositionsmessung.

Auch die Expositionsdaten werden eine nur begrenzte Zuverlässigkeit aufweisen, da die meisten Nutzer des Risiko-Rechners Haut keine besonderen Erfahrungen mit der Beurteilung der Exposition haben werden.

Aus diesem Grunde kann der Risiko-Rechner Haut nur eine grobe Abschätzung des Gesundheitsrisikos durch eine dermale Exposition liefern. Bei geringsten Zweifeln sowie bei höheren Ansprüchen an die Präzision der Gefährdungsermittlung ist eine Beurteilung der spezifischen Situation durch erfahrene Experten erforderlich.

Der Risiko-Rechner Haut kann nur für Flüssigkeiten und für Feststoffe angewendet werden.

Im Falle zusätzlicher Verdünnungs- oder Mischvorgänge während des zu beurteilenden Arbeitsprozesses kann der Risiko-Rechner Haut nur verwendet werden, wenn die potentielle

Wirkung auch für die neue Zusammensetzung ermittelt werden kann. Das gleiche gilt für eventuell während des Arbeitsprozesses neu entstehende chemische Substanzen.

5.2 Ausschluss der Anwendung auf besonders gefährliche Stoffe

Aufgrund der begrenzten Qualität der Risikobeurteilung wird davon abgeraten, den Risiko-Rechner Haut für eine Reihe besonders stark hautschädigender Stoffe anzuwenden. Damit sollen erhebliche Gesundheitsschädigungen bei Fehlbeurteilungen durch den Risiko-Rechner Haut aufgrund unpräziser Informationen vermieden werden. Der Risiko-Rechner Haut liefert dem Nutzer eine Liste von Stoffen, bei deren Vorkommen in einem der verwendeten Produkte von der Anwendung des Risiko-Rechners Haut abgeraten wird.

5.3 Prüfung und Erprobung einer Rohfassung

300 Adressen von Experten auf den Feldern der beruflichen Hautbelastung sowie der Expositionsermittlung wurden aus Mailing-Listen und Teilnehmerlisten wissenschaftlicher Konferenzen zusammengestellt. 93 Experten aus 17 Ländern waren an einer Überprüfung der Rohfassung des Risiko-Rechners Haut interessiert.

Letztendlich lieferten 34 Experten aus 12 Ländern eine Beurteilung. Die Teilnehmer, die keine Beurteilung ablieferten, gaben an, dass sie nicht die erforderliche Zeit gefunden hatten, oder dass sie sich bei einer näheren Betrachtung doch nicht im Stande fühlten, den Risiko-Rechner Haut qualifiziert zu beurteilen. Mehrere Beurteilungen stammten von mehreren Experten aus einer Arbeitsgruppe, sodass tatsächlich mehr als 34 Experten involviert waren.

Die Mehrzahl der Beurteilungen stammten aus 5 Ländern: Belgien (9%), Deutschland (18%), Großbritannien (12%), Niederlande (15%) und USA (15%). 62% der Beurteilungen stammten aus dem öffentlichen Bereich (inkl. Behörden), 38% aus der Industrie. Die Teilnehmer stammten aus sehr unterschiedlichen Umfeldern, vgl. Tabelle 21:

Tabelle 21: Teilnehmer an der Beurteilung des Risiko-Rechners Haut (Rohfassung)

Erfahrung mit	Herkunft	Anzahl der Beurteilungen	%
Stoff-Beurteilung	öffentlich / Behörden	4	12
	Industrie	2	6
Expositions-Beurteilung	öffentlich / Behörden	7	21
	Industrie	7	21
Gesetzgebung	öffentlich / Behörden	2	6
	Industrie	1	3
Schutzkleidung	öffentlich / Behörden	0	0
	Industrie	3	9
Teilnehmer an Teil 2 des RISKOFDERM-Projekts	öffentlich / Behörden	8	24
Gesamt		34	

Bei einem positiven Grundeindruck vom Risiko-Rechner Haut wurden eine Vielzahl von Hinweisen zur Optimierung der Beurteilung sowie zur Präsentation gegenüber den Nutzern vorgelegt. Viele dieser Hinweise wurden bei der weiteren Bearbeitung des Risiko-Rechners Haut berücksichtigt.

Mehrfach wurden Zweifel geäußert, ob die Nutzergruppe mit dem Risiko-Rechner Haut nicht überfordert sei, und ob die erforderlichen Informationen (insbesondere zur potentiellen Wirkung der chemischen Substanzen) in den Betrieben verfügbar sein werden.

5.4 Workshop am 21. Januar 2004

Zwei Workshops wurden zum Abschluss des Projekts in Brüssel durchgeführt, um die Ergebnisse mit ausgewählten Experten und Adressaten zu diskutieren. Einer dieser Workshops war dem Risiko-Rechner Haut gewidmet. Die teilnehmenden 45 Experten repräsentierten sowohl Zulassungs- und Aufsichtsbehörden wie auch die chemische Industrie, Gewerkschaften und Beratungsfirmen.

Insgesamt wurden die Ergebnisse als wichtige Beiträge zur Verbesserung der Beurteilung beruflicher Hautbelastungen durch Gefahrstoffe bewertet. Allerdings wurden die Ergebnisse als zur Zeit noch nicht endgültig anwendungsreif bezeichnet. Weitere Erprobungen und daraus folgend weitere Optimierungen wurden als notwendig und als dringlich angesehen. Die wesentlichen Hinweise und Vorschläge der Workshop-Teilnehmer waren:

- Der generelle Ansatz des Risiko-Rechners Haut (getrennte Ermittlung von Wirkung und Exposition, dann Kombination der Ergebnisse zu Risikoklassen mit zugehörigen Schutzmaßnahmen) wurde befürwortet. Das Konzept und die Definition der Tätigkeitsklassen (DEO units) wurde zum Teil kritisch beurteilt.
- Es wurde die Frage gestellt, wie mit Situationen umzugehen ist, wenn die R-Sätze von Zubereitungen und von Gemischen nicht bekannt oder nicht korrekt sind, und wenn keine Sicherheitsdatenblätter verfügbar sind.
- Die Liste der Chemikalien, für die von der Anwendung des Risiko-Rechners Haut abgeraten wird, sollte näher begründet sowie an Konzentrationsgrenzen in der verwendeten Zubereitung geknüpft werden.
- Die unterschiedliche Behandlung der lokalen und der systemischen Wirkungen von Substanzen wurde als sinnvoll bewertet; jedoch sollte diese Unterscheidung für den Nutzer des Risiko-Rechners Haut nicht relevant sein und deshalb unsichtbar im Hintergrund erfolgen.
- Für mehrere Substanzen mit extremen Gefährdungen sowie deren Zubereitungen funktioniert der Risiko-Rechner Haut noch nicht optimal (übertrieben konservative Aussagen). Beispiele sind Kieselerde in Ziegelsteinen und Benzol in Benzin.
- Bestimmte Umstände sollten mit besonderen Warnhinweisen bedacht werden, beispielsweise Feuchtarbeit, hohe Umgebungs- oder Prozesstemperaturen, mechanische Hautbelastung, vorgeschädigte Haut usw.
- Eine weitere Optimierung der Algorithmen im Risiko-Rechner Haut wurde angeregt (*dies ist teilweise inzwischen erfolgt*). Die Hautresorption von dampfförmigen Chemikalien sollte zusätzlich berücksichtigt werden.

- Einige Aspekte der Häufigkeit der Exposition wurden vermisst (Tage pro Jahr sowie Häufigkeit innerhalb einer Schicht).
- Die angebotenen Schutzmaßnahmen wurden als zu allgemein bezeichnet, als dass man sie sinnvoll anwenden könnte. Es wurde empfohlen, diese Empfehlungen branchenspezifisch konkreter zu formulieren. Die letzten Weiterentwicklungen der COSHH Essentials könnten als Anregung dienen. Einige Empfehlungen zu Schutzmaßnahmen wurden bei der konkreten Anwendung des Risiko-Rechners Haut als zu konservativ empfunden, insbesondere für hohe und extreme Stoffwirkungen. Auf einige Programmierfehler wurde hingewiesen (*diese Fehler wurden inzwischen identifiziert und beseitigt.*)
- Auf die aktuelle Praxis zum Schutz vor dermalen Risiken sollte stärker zurückgegriffen werden.
- Der Risiko-Rechner Haut sollte einen ausführlicheren Bericht zum Ausdruck anbieten, und es sollten auch die Eingabedaten ersichtlich sein. (*Beides ist inzwischen umgesetzt worden*). Wenn angemessen, sollte auf die Notwendigkeit hingewiesen werden Experten hinzuzuziehen.
- In der Praxis sollten eine gleichzeitige dermale und inhalative Exposition berücksichtigt werden. Langfristig sollten beide Expositionsarten in einem gemeinsamen Risiko-Rechner vereint werden.
- Eine weiter verbesserte Version des Risiko-Rechners Haut sollte in KMUs ausgiebig erprobt werden, um die Grenzen seines Gebrauchs und seiner Interpretation zu erfahren.
- Die Teilnehmer hielten es für wichtig, dass der Risiko-Rechner Haut weiter erprobt und auch nach Abschluss der RISKOFDERM-Projektes eingesetzt wird. Übersetzungen in andere Sprachen als Englisch wurden als sehr hilfreich angesehen, um die Möglichkeit der Anwendung auch auf nicht-englischsprachige Länder auszuweiten. Dabei müsste aber darauf geachtet werden, dass künftige Überarbeitungen und Aktualisierungen des Risiko-Rechners Haut auch in die übersetzten Fassungen Eingang finden.

6 Ausblick

Im RISKOFDERM-Projekt trugen zahlreiche europäische Institute eine Fülle von Informationen und Daten über die berufliche dermale Exposition gegenüber chemischen Stoffen zusammen.

Neben einem wissenschaftlichen Instrumentarium zur Bewertung dermalen Risiken wurde in dem geförderten Teil des Projekts ein Risiko-Rechner Haut entwickelt. Nach einer weiteren Erprobung und Optimierung wird es möglich sein, mit diesem Instrument im Unternehmen Hautbelastungen zu beurteilen und - wo nötig - besser zu gestalten. In der Hand des Betriebsinhabers und Arbeitsschutzverantwortlichen wird der Risiko-Rechner Haut vor Ort auf einfache Weise rasche Entscheidungen ermöglichen.

Das RISKOFDERM-Projekt hat das Wissen über dermale Belastungen am Arbeitsplatz und die Möglichkeiten zur Risikobewertung und -minderung deutlich erweitert. Nun sind die Arbeitsschutzakteure gefordert, die vorgelegten Instrumente zu nutzen und weiter zu entwickeln.

Zunächst werden die Ergebnisse vor allem im wissenschaftlichen Bereich veröffentlicht werden, z.B. auf mehreren Konferenzen. Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften sind bereits erfolgt oder stehen unmittelbar bevor. Alle Detailergebnisse können über den zentralen Projektkoordinator bezogen werden (Dr. van Hemmen, TNO). Mehrere Dokumente zum Risiko-Rechner Haut (und jeweils dessen aktuellste Version in englischer Sprache) sind im Internet abrufbar [25].

Der Risiko-Rechner Haut steht einem größeren Nutzerkreis in englischer Sprache zur Verfügung. Allerdings beruht die Evaluierung der Prognosequalität des Risiko-Rechners Haut noch auf einer begrenzten Datenbasis. Deshalb wird empfohlen, dass dies Beurteilungsschema zunächst noch nur von Fachleuten eingesetzt wird, die zu einer Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse in der Lage sind.

Zur Zeit fehlt noch eine zentrale Anlaufstelle für die Weiterentwicklung des Risiko-Rechners Haut. In Gesprächen unter den Teilnehmern am RISKOFDERM-Projekt sowie mit der DG Environment (ECB/JRC) und mit Industrieverbänden wird zur Zeit an diesen Strukturen gearbeitet. Eurofins hat sich bereit erklärt, weiterhin für programmiertechnische Anpassungen zur Verfügung zu stehen (wenn ein Budget zur Verfügung steht). FoBiG ist bereit, an konzeptionellen Weiterentwicklungen mitzuwirken. In Deutschland sind die relevanten fachlichen Ansprechpartner bei den fördernden Organisationen (Stand Frühjahr 2004) Herr Dr. Orthen (BAuA) sowie Herr Dr. Paszkiewicz und Herr Dr. Eberhard Nies (BIA).

7 Literatur

- [1] Richtlinie 91/414/EWG des Rates vom 15. Juli 1991 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln. ABl. EG Nr. L 230 vom 19.08.1991 S. 1-32 (<http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/index.html>).
- [2] Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates vom 23. März 1993 zur Bewertung und Kontrolle der Umweltrisiken chemischer Altstoffe. ABl. EG Nr. L 084 vom 05.04.1993 S. 1-75 (<http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/index.html>).
- [3] Verordnung (EG) Nr. 1488/94 der Kommission vom 28. Juni 1994 zur Festlegung von Grundsätzen für die Bewertung der von Altstoffen ausgehenden Risiken für Mensch und Umwelt gemäss der Verordnung (EWG) Nr. 793/93 des Rates. ABl. EG Nr. L 161 vom 29.06.1994 S. 3-11 (<http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/index.html>).
- [4] Richtlinie 93/67/EWG der Kommission vom 20. Juli 1993 zur Festlegung von Grundsätzen für die Bewertung der Risiken für Mensch und Umwelt von gemäß der Richtlinie 67/548/EWG des Rates notifizierten Stoffen. ABl. EG Nr. L 227 vom 08.09.1993 S. 9-18 (<http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/index.html>).
- [5] Richtlinie 98/8/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Februar 1998 über das Inverkehrbringen von Biozid-Produkten ABl. EG Nr. L 123 vom 24.04.1998 S. 1-63 (<http://ecb.jrc.it/biocides>).
- [6] Richtlinie 98/24/EG des Rates vom 7. April 1998 zum Schutz von Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch chemische Arbeitsstoffe bei der Arbeit. ABl. EG Nr. L 131 vom 05.05.1998 S. 11-23 (<http://europa.eu.int/eur-lex/de/search/index.html>).
- [7] *Dost, A. A.*: Meeting report, a European meeting held to discuss dermal exposure monitoring and related issues, Brussels, Belgium, 21-23 June 1994. *Ann. Occup. Hyg.* 39 (1995) Nr. 2, S. 241-255.
- [8] *Benford, D. J.; Firth, J.*: Final report, Dermal Exposure Network, Contract SMT4-CT96-7502 (DG12-RSMT). University of Surrey, December 1999.
- [9] Risk assessment for occupational dermal exposure to chemicals, RISKOFDERM. Contract QLK4-CT-1999-01107
- [10] *Hebisch, R.; Auffarth, J.*: Dermal exposure: how to get information. *Appl. Occup. Environ. Hyg.* 16 (2001) Nr. 2, S. 169-173.
- [11] RISKOFDERM Deliverable 17: Report of work part 1. January 2003 (bei Dr. Jürgen Auffarth in der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin auf Anfrage verfügbar).
- [12] *Rajan-Sithamparanadarajah, R.; Roff, M.; Delgado, P.; Eriksson, K.; Fransman, W.; Gijssbers, J.H.J.; Hughson, G.; Mäkinen, M.; Van Hemmen, J.J.*: Patterns of dermal exposure to hazardous substances in European union workplaces. *Ann. Occup. Hyg.* 48 (2004) Nr. 3S. 285-297.
- [13] Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 440: Ermitteln und Beurteilen der Gefährdungen durch Gefahrstoffe am Arbeitsplatz: Ermitteln von Gefahrstoffen und Methoden zur Ersatzstoffprüfung. BArbBl 3/2001 S. 105-112, berichtigt: BArbBl. Heft 4/2001 S. 108, angepasst Heft 3/2002 S. 67 (<http://www.baua.de/prax/ags/trgs440.pdf>)

- [14] *Russel, R. M.; Maidment, S.C.; Brooke, I.; Topping, M. D.*: An introduction to a UK scheme to help small firms control health risks from chemicals. *Ann. occup. Hyg.* 42 (1998) Nr. 6, S. 367-376 und <http://www.coshh-essentials.org.uk/>
- [15] *Oppl, R.; Kalberlah, F.; Evans, P.G.; Van Hemmen, J.J.*: A Toolkit for dermal risk assessment and management: an overview. *Ann. Occup. Hyg.* 47 (2003) Nr. 8, S. 641-652.
- [16] *Schumacher-Wolz, U.; Kalberlah, F.; Oppl, R.; Van Hemmen, J.J.*: A toolkit for dermal risk assessment: toxicological approach for hazard characterization. *Ann. Occup. Hyg.* 47 (2003) Nr. 8, S. 641-652.
- [17] *Warren, N.; Goede, H.A.; Tijssen, S.C.H.A.; Oppl, R.; Schipper, H.J.; Van Hemmen, J.J.*: Deriving default dermal exposure values for use in a risk assessment toolkit for small and medium-sized enterprises. *Ann. Occup. Hyg.* 47 (2003) Nr. 8, S. 619-627.
- [18] *Marquart, H.; Brouwer, D.H.; Gijssbers, J.H.J.; Links, I.H.M.; Warren, N.; Van Hemmen, J.J.*: Determinants of dermal exposure relevant for exposure modelling in regulatory risk assessment. *Ann. Occup. Hyg.* 47 (2003) Nr. 8, S. 599-607.
- [19] *Goede, H.; Tijssen, S.C.H.A.; Schipper, H.J.; Warren, N.; Oppl, R.; Kalberlah, F.; Van Hemmen, J.J.*: Classification of dermal exposure modifiers and assignment of values for a risk assessment toolkit. *Ann. Occup. Hyg.* 47 (2003) Nr. 8, S. 609-618.
- [20] *Oppl, R.*: Better selection of effective CPC and gloves. Proc. 2nd European Conference on Protective Clothing (ECPC) and NOKOBETEF 7, Montreux (CH), May 2002.
- [21] *Garrod, A.N.I.; Phillips, A.M.; Pemberton, J.A.*: Potential exposure of hands inside protective gloves - a summary of data from non-agricultural pesticide surveys. *Ann. Occup. Hyg.*, 45 (2001) S. 55-60.
- [22] *Kaup, U.; Pohl, M.*: Erfahrungen mit dem Sicherheitsdatenblatt als Informationsquelle. *Sicherheitsing* 99 (1999) S. 18-21 und 38-40.
- [23] *Kolp, P.W.; Williams, P.L.; Burtan, R.C.*: Assessment of the accuracy of material safety data sheets. *Am. Indust. Hyg, Assoc. J.*, 56 (1995) S. 178-183.
- [24] *Rühl, R.; Hamm, G.*: Gefährdungsbeurteilung beim Umgang mit Gefahrstoffen. *Sicherheitsing* (2001) S. 30-35.
- [25] www.eurofins.com/research_occ_hygiene

Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1	Institute des RISKOFDERM Projekts und bearbeitete Projektteile.....	7
Tabelle 2	IT-Klassen für Substanzen mit lokalen Wirkungen auf die Haut (ätzende, reizende, cancerogene oder sensibilisierende Wirkung)	10
Tabelle 3	IT- Klassen für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption	11
Tabelle 4	Universelle Tätigkeitsklassen und Beispiele für zugehörige Tätigkeiten	13
Tabelle 5	Standard-Werte für die potentielle Expositionsrate	14
Tabelle 6	Relativer Beitrag der Expositionspfade zur dermalen Exposition (% anteiliger Beitrag)	15
Tabelle 7	Korrekturfaktoren für Substanz-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für den Übergang der Substanz von einer Quelle auf die Haut	16
Tabelle 8	Korrekturfaktoren für Arbeitsplatz-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für die Beschreibung der Quelle für die Kontamination	17
Tabelle 9	Korrekturfaktoren für Maßnahmen-bezogene Determinanten (engl.: Modifier), für die Wirksamkeit von Schutzmaßnahmen	18
Tabelle 10	Score-Werte für die Tätigkeitsdauer (AT) (für Substanzen mit lokalen Wirkungen).....	20
Tabelle 11	Score-Werte für die Spitzenwerte der Aktuellen Expositions dosis (AED) (für Substanzen mit lokalen Wirkungen)	20
Tabelle 12	Score-Werte für die Exponierte Körperfläche (EBA) (für Substanzen mit lokalen Wirkungen)	21
Tabelle 13	Aktuelle Expositions klassen (AE) (für Substanzen mit lokalen Wirkungen)	21
Tabelle 14	Score-Werte für die Tätigkeitsdauer (AT) (für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)	22
Tabelle 15	Score-Werte für die Expositions dosis (ED) (für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)	23
Tabelle 16.	Innere Expositions klassen (IE) (für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption)	23
Tabelle 17	Risikoklassen – für Substanzen mit lokalen Wirkungen	24
Tabelle 18	Risikoklassen – für Substanzen mit systemischen Wirkungen nach perkutaner Resorption	24
Tabelle 19	Bedeutung der Gefährdungskategorien beim Risiko-Rechner Haut.....	25
Tabelle 20	Risiko-Rechner Haut: Effektivität von Schutzmassnahmen.....	25
Tabelle 21:	Teilnehmer an der Beurteilung des Risiko-Rechners Haut (Rohfassung)	27

Danksagung

Der Autor bedankt sich bei allen Mitwirkenden an dem Projekt für die konstruktive und unersetzliche Mitarbeit, insbesondere bei dem Projektleiter Dr. J.J. van Hemmen und den Mitgliedern der Leitungsgruppe Dr. Jürgen Auffarth und Dr. Hans Marquart, bei den Projektpartnern von FOBIG, Dr. Fritz Kalberlah und Dr. Ulrike Schuhmacher-Wolz, sowie für die Begleitung des Projekts bei Dr. Volkhard Giegerich (HVBG) und Dr. Eva Lechtenberg-Auffarth (BAUA).

Ferner sei allen Mitwirkenden an der Überprüfung und Kommentierung des Risiko-Rechners Haut und seiner früheren Entwurfsversionen gedankt.

Für die finanzielle Förderung dankt der Autor im Namen des Projektteams der Europäischen Kommission (Förderung unter QLK4-CT-1999-01107), dem Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften HVBG (Förderung unter 617.0 - FF 200) und der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin BAUA (Förderung unter F 1593).

