4

Bundesverband Handschutz e.V.

BVH Info-Reihe 4

Chemikalienschutzhandschuhe

Inhaltsverzeichnis

Seite	Abschnitt	Inhalt
3	1.	Vorwort
3	2.	Stellenwert von Erkrankungen durch Chemikalien
5	3.	Unschädlichkeit der PSA – Probleme beim Tragen von Schutzhandschuhen
5	3.1.	Allergene in Schutzhandschuhen
5	3.1.1.	Gefahrstoff Naturlatex?
6	3.1.2.	Weitere Allergene in Schutzhandschuhen
7	3.2.	Der Okklusionseffekt
8	4.	Kategorisierung von Schutzhandschuhen
8	5.	Das Leistungsprofil von Chemikalienschutzhandschuhen
9	6.	Umgang mit Chemikalien - die Kontaktart
9	7.	Materialkunde - Elastomere
10	7.1.	Naturkautschuk (Naturlatex, NR = Natural Rubber)
12	7.2.	Polychloropren (CR = Chloropren rubber, Neopren®)
12	7.3.	Nitrilkautschuk (NBR = Acrylnitril-Butadien Rubber)
12	7.4.	Butylkautschuk (Butyl, IR = Isobutyl-Isopren-Rubber)
13	7.5.	Fluorkautschuk (FKM = Fluorkautschuk-Monomere, Viton®)
13	7.6.	Polyvinylchlorid (PVC, Vinyl)
14	8.	Leistungsbeschreibung von Chemikalienschutzhandschuhen: Chemische Resistenz ist kein ausreichendes Kriterium!
14	8.1.	Beständigkeit von Chemikalienschutzhandschuhen: Materialreaktionen
15	8.1.1.	Penetration
15	8.1.2	Permeation
16	8.1.3	Degradation
17	8.1.4.	Meßmethoden
18	9.	Schutzhandschuhauswahl
19	10.	Die harmonisierten Normen
19	11.	Einige kurze Hinweise zum Schluss…

Autoren:

Frank Zuther

1. Vorwort

„Hand“ ist der Ursprung des Wortes „Handeln“. Etwas „begreifen“ bedeutet „verstehen“. Die Hände sind die ausführenden Werkzeuge des Menschen. Sie setzen unsere Gedanken in die Tat um. Sie führen das aus, was der menschliche Verstand uns an Aufgaben zur Erreichung eines Zieles vorgibt. Und folgerichtig sind es auch unsere Hände, die extremen Belastungen ausgesetzt sind.

Der Mensch braucht seine Hände zum Halten und Führen von Handwerkzeugen, Werkstücken und Lasten, beim Betätigen von Steuereinrichtungen, Hebeln und Griffen, beim Umgang mit Gefahrstoffen und vielen anderen Tätigkeiten. Nicht zuletzt auch deshalb gehören die Hände zu den Körperteilen, die den höchsten Gefährdungen ausgesetzt sind.

Die Natur hat den komplexen menschlichen Organismus mit einer effizienten Schutzhülle – der Haut – umgeben und diese mit einem sehr intelligenten Schutzmechanismus ausgerüstet. Doch anscheinend konnte die Natur nicht voraussehen, was der zielorientierte menschliche Verstand von seinem ausführenden Organ - der Hand - verlangt.

Chemische Stoffe sind eine Gefahrenquelle, müssen jedoch nicht unbedingt zu verletzungs- oder krankheitsbewirkenden Faktoren werden. Dies ist nur dann der Fall, wenn der Mensch mit den diesen Faktoren zusammentrifft.

Dies hat der Mensch „begriffen“ – er hat die Gefahr erkannt und gebannt. Er hat komplexe und effiziente Schutzbarrieren entwickelt – Chemikalienschutzhandschuhe. Doch auch ihr Schutz ist zeitlich begrenzt. Chemikalienschutzhandschuhe sind daher **Ihren Leistungen entsprechend** zu verwenden.

Für professionell arbeitende Spezialisten sollte die Verwendung geeigneter Handschuhe kein Problem sein. Die Schutzfunktion des Handschuhes muss für die auszuführende Tätigkeit geeignet sein. Diese Schrift soll Licht ins Dunkel der verfügbaren Produkte und deren Schutzleistung bringen. Er soll Informationsdefizite beseitigen und bei der Auswahl der geeigneten Schutzbarriere unterstützen, wobei die qualifizierten Anbieter die Auswahl immer bestätigen und Ihre Produktnennung durch Fakten untermauern sollten.

2. Stellenwert von Erkrankungen durch Chemikalien

Bei der Arbeit sind die Hände abhängig von der Tätigkeit oftmals chemischen, aber auch mechanischen Belastungen ausgesetzt. Die Statistiken der Unfallversicherungsträger zeigen, dass Hauterkrankungen an der Spitze der BK-Verdachtsanzeigen stehen (Abb. 1).

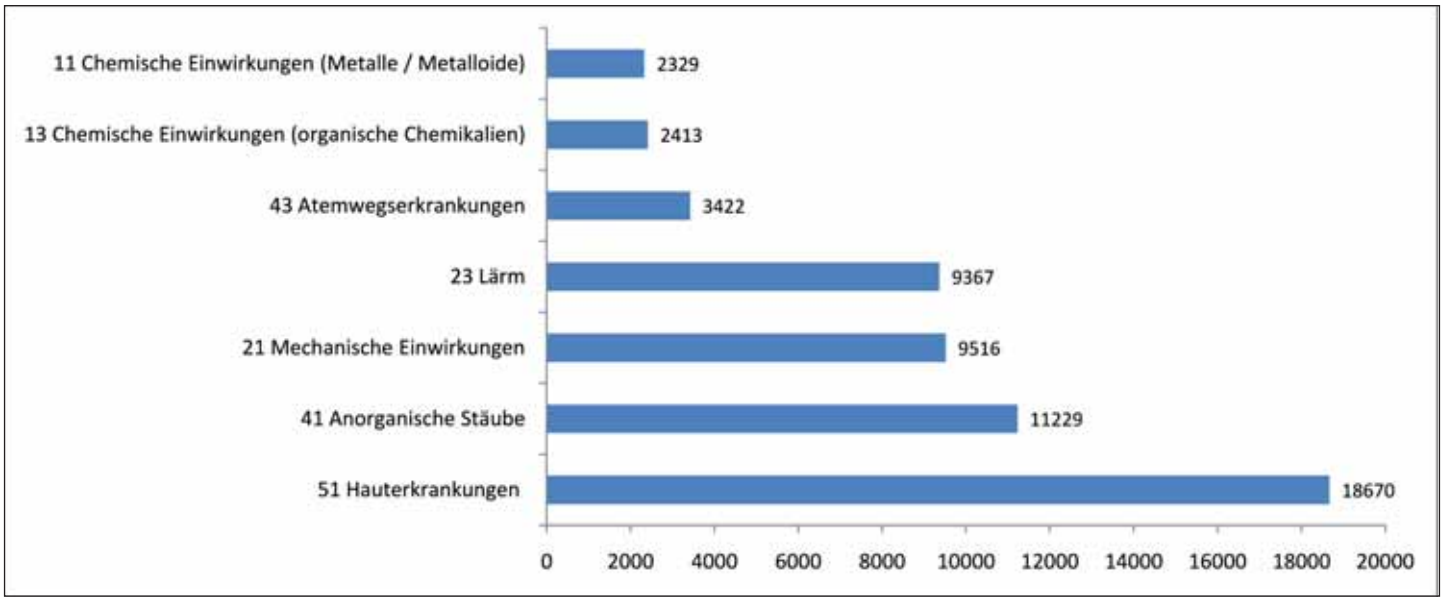

Abb. 1: Anzeigen auf Verdacht einer Berufskrankheit 2008 (UV der gewerblichen Wirtschaft und der öffentlichen Hand sowie Schüler-UV, Quelle: DGUV)

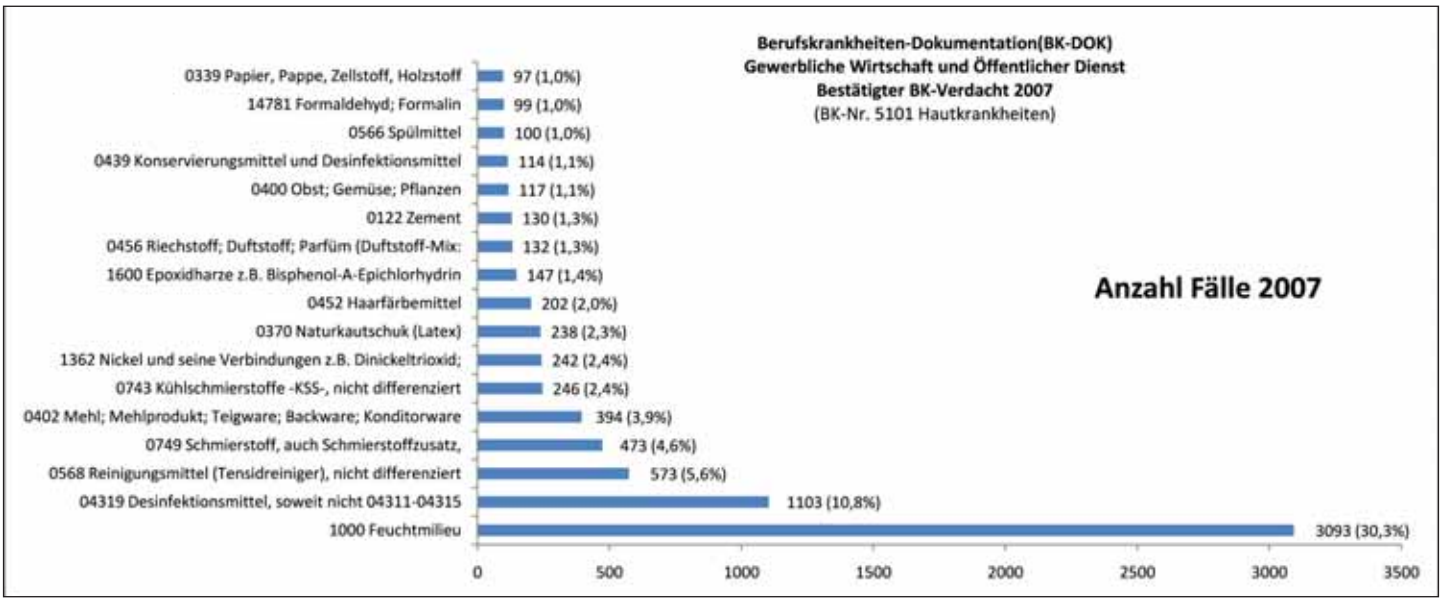

Abb. 2: Häufige Auslöser von Hauterkrankungen

Auslöser der Hauterkrankungen sind oftmals auch Chemikalien, die gar nicht kennzeichnungspflichtig sind. Als Beispiel sei Wasser genannt: In 2007 entfielen mehr als 30% aller bestätigten Verdachtsfälle in den Bereich der Feuchtarbeit, gefolgt von Desinfektions- und Reinigungsmitteln (Abb. 2).

Kennzeichnungspflichtige Stoffe, wie organische Lösungsmittel, können zudem nicht nur die Haut schädigen, sondern auch über die Haut in den Körper aufgenommen werden und unter Umständen nach Jahren zu systemischen Erkrankungen führen. Ist die Barrierefunktion der Haut zudem geschädigt oder ist die Haut verletzt, so können auch nicht haut-resorptive Stoffe in den Körper eindringen.

Gefahrstoffe stellen nicht zwangsläufig eine Gefährdung für den Menschen dar. Erst zusätzliche gefahrbringende Faktoren, wie das Nichtbeachten der Schutzvorschriften, machen den Gefahrstoff zu einer ernsten Gesundheitsgefährdung. Die Aufnahme von Stoffen über die Haut darf nicht unterschätzt werden! Schließlich sind die Hände immer der Gefahr am Nächsten.

Bei konsequenter Beachtung der Gesetze und Verordnungen kann die Aufnahme gesundheitsgefährdender Stoffe ausgeschlossen werden! Viele Verletzungen, Haut – und Organerkrankungen können vermieden werden, wenn die geeignete persönliche Schutzausrüstung zu Einsatz kommt.

4 Allgemeine Anforderungen

4.1 Gestaltungsgrundsätze — Allgemeines

Der Schutzhandschuh muss so konzipiert sein, dass der Benutzer unter den vorgesehenen und vorhersehbaren Einsatzbedingungen die mit Gefahren verbundene Tätigkeit normal ausführen kann und dabei über einen entsprechenden Schutz auf der höchstmöglichen Leistungsstufe verfügt.

4.4 Unschädlichkeit von Schutzhandschuhen

4.4.1 Allgemeines

Schutzhandschuhe müssen so entwickelt und hergestellt werden, dass sie Schutz bieten, wenn sie entsprechend den Anweisungen des Herstellers benutzt werden. Sie dürfen den Verwender nicht schädigen, wenn sie entsprechend benutzt werden. Handschuhmaterial, Zersetzungsprodukte, eingelagerte Substanzen, Nähte und Kanten und vor allem solche Teile des Handschuhs, die in engem Kontakt mit dem Benutzer stehen, dürfen nicht die Gesundheit und Hygiene des Benutzers schädigen.

Der Hersteller oder sein autorisierter Repräsentant muß alle die im Handschuh enthaltenen Substanzen angeben, die bekannt sind, Allergien zu verursachen (siehe 7.3.6).

5.2 Fingerfertigkeit

Ein Handschuh muß soviel Fingerfertigkeit wie möglich entsprechend seinem Zweck erlauben. Sofern gefordert, muß die Fingerfertigkeit nach dem Prüfverfahren in 6.3 geprüft werden.

Abb. 3: Auszug aus der DIN EN 420 „Allgemeine Anforderungen für Handschuhe“

PSA dürfen nur in den Verkehr gebracht werden, wenn sie den grundlegenden Anforderungen für Gesundheitsschutz und Sicherheit des Anhangs II der RL 89/686/EWG entsprechen. Dazu zählen:

- Grundsätze der Gestaltung
  (Ergonomie: Schutzniveau und Schutzklassen)
- Unschädlichkeit der PSA
- Bequemlichkeit und Effizienz

Der Hersteller bestätigt mit der Anbringung des CE-Kennzeichens, dass die geforderten Sicherheitsanforderungen erfüllt sind.
Die Übereinstimmung mit den grundlegenden Anforderungen der Richtlinie 89&686/EWG muss belegt werden. Dies kann entsprechend der harmonisierten Normen erfolgen, die als Übereinkunft mit dem technischen Standard und dem Know-how der Fachwelt akzeptiert sind.

Die DIN EN 420 gibt die *Allgemeinen Anforderungen für Handschuhe* wider, die bei der Auswahl zu berücksichtigen sind (Abb. 3).

3. Unschädlichkeit der PSA – Probleme beim Tragen von Schutzhandschuhen

Selbstverständlich sollte die eingesetzte PSA den Benutzer nicht schädigen. Relevant ist im Falle von Schutzhandschuhen das Vorhandensein häufiger Allergene sowie bei den flüssigkeitsdichten Schutzhandschuhen der Okklusiveffekt.

3.1. Allergene in Schutzhandschuhen

Anhang II der PSA-Herstellerrichtlinie 89/686/EWG erklärt:

1.2.1. Gefährliche und störende Eigenschaften der PSA
Die PSA müssen so konzipiert und hergestellt werden, daß sie unter den vorhersehbaren Einsatzbedingungen keine Gefahren und Störungen verursachen.
1.2.1.1. Geeignete Ausgangswerkstoffe
Die Ausgangswerkstoffe der PSA oder ihre möglichen Zersetzungsprodukte dürfen keine schädlichen Auswirkungen auf die Hygiene oder Gesundheit des Benutzers haben.

Aus den Forderungen der Richtlinie leitet sich ab:

Es sind die in Schutzhandschuhen befindlichen Allergene zu nennen!

3.1.1 Gefahrstoff Naturlatex?

Die TRGS 401 verweist auf die Problematik des erhöhten Allergierisikos bei Anwendung von „Gummihandschuhen“. Als Allergene werden Akzeleratoren (Thiurame, Benzothiazole, Dithiocarbamate etc.) und Naturgummilatex angegeben.
Naturlatex ist als Allergen in der TRGS 907 „Verzeichnis sensibilisierender Stoffe“ gelistet. Als Begründung führt der AGS (Ausschuss für Gefahrstoffe) auf: *„Allergische Reaktionen durch den Umgang mit naturlatexhaltigen Produkten werden seit ca. 20 Jahren zunehmend beschrieben. Sie werden durch Hautkontakt oder Inhalation am häufigsten durch medizinische Handschuhe und Handschuhpuderstäube verursacht.“*

Gemäß Mitteilung 4/2007 der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege (BGW) stieg die Zahl berufsbedingter Latexallergien im Gesundheitswesen in den 1980er und 1990er Jahren stark an. Durch eine gezielte Präventionskampagne der BGW wurde erreicht, dass gepuderte Latexhandschuhe seitdem weitgehend gemieden werden, so dass die Zahl der Allergiker seit 1998 um über 90 Prozent reduziert werden konnte.

Die TRGS 401 greift diese Tatsache auf und gibt vor, dass Latexhandschuhe puderfrei und allergenarm sein müssen.

Hier heißt es (Auszug):
Werden aus hygienischen Gründen Einmalhandschuhe aus Latex eingesetzt, so darf der Proteingehalt 30 µg/g Handschuhmaterial nicht überschreiten. Einmalhandschuhe aus Latex dürfen nicht gepudert sein.

……wenn Naturgummilatexhandschuhe mit einem Allergengehalt von mehr als 30 µg Protein pro g Handschuhmaterial getragen werden, hat der Arbeitgeber nach § 16 in Verbindung mit Anhang V Nr. 2.1 GefStoffV spezielle arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen zu veranlassen.

Eine Sensibilisierung gegenüber Latexprotein ist heute aufgrund der Bemühungen seitens der Unfallversicherungsträger, aber auch der Hersteller von Schutzhandschuhen, die entsprechend reagiert haben, vergleichsweise selten. Gemäß BK-DOK war Naturkautschuk im Jahr 2007 nur in 2,8% der bestätigten Fälle der Auslöser (s. Abb. 4).
Betroffene Personen sollten auf das Tragen von Naturlatexhandschuhen zugunsten eines anderen Handschuhmaterials, z.B. Nitrilkautschuk, verzichten.

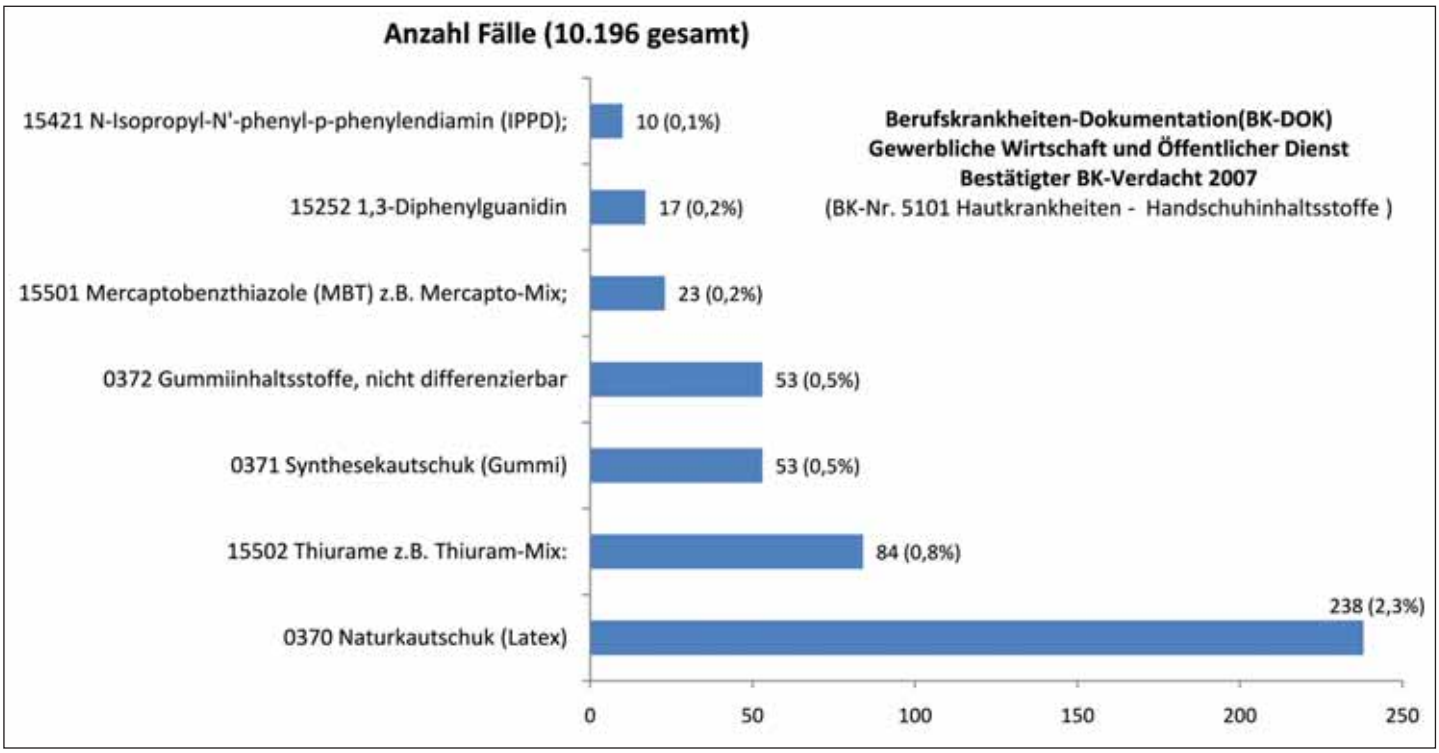

Abb. 4: Gummiinhaltsstoffe als Auslöser von Hauterkrankungen 2007

3.1.2. Weitere Allergene in Schutzhandschuhen

„Schadstoffe“, „bedenkliche“ oder „umstrittene“ Inhaltsstoffe, Allergien durch Handschuhe - nicht selten werden Schutzhandschuhe als Gefahrstoffquelle dargestellt, die die Gesundheit schädigen. Tatsächlich können gewisse Zusatzstoffe in Handschuhen Allergien hervorrufen. Dazu zählen die in Tab. 1 aufgeführten Substanzen.

Laut BK-DOK waren im Jahr 2007 von den mehr als 10.000 bestätigten BK-Fällen Thiurame mit einer Häufigkeit von 0,8% Auslöser von Hauterkrankungen im beruflichen Bereich. Alle weiteren möglichen Handschuhinhaltsstoffe liegen noch darunter (Abb.4). Das bedeutet: Unverträglichkeiten können auftreten, sind aber selten.

Tatsache ist, dass bei der Herstellung von Schutzhandschuhen Chemikalien notwendig sind, da erst durch deren Zugabe Handschuhe mit definierten Eigenschaften und Leistungen produzierbar sind. Chemikalien sind erforderlich, um den Komfort zu erhöhen oder die Leistung des Handschuhs zu verbessern. Aber: Werden Chemikalien in Produktionsprozessen verwendet, so ist dies kein ausreichendes Bewertungskriterium für eine gesundheitliche Schädigung!
Eine Schädigung kann nur dann stattfinden, wenn gewisse Stoffe unter bestimmungsgemäßer Verwendung in ausreichender Menge aus dem Handschuhmaterial freigesetzt werden.

Seriöse Hersteller betreiben einen hohen Aufwand, um sichere Produkte anbieten zu können. Zum einen setzen sie bei der Produktion ihrer Handschuhe die Beimengungen nur in den notwendigen Mindestmengen ein. Zum anderen wird auf größte Sorgfalt bei der Herstellung, z.B. im Vulkanisationsprozess, geachtet. Um die Sicherheit ihrer Produkte zu optimieren, werden eventuell noch vorhandene überschüssige Stoffe durch umfangreiche Reinigungs- und Nachbereitungsprozesse entfernt. Zwar sollte bei bestehenden Sensibilisierungen auf Handschuhinhaltsstoffe auf Produkte ausgewichen werden, die die das Allergen nicht enthalten, jedoch hat sich in der Praxis schon oft gezeigt, dass selbst bei bestehender Sensibilisierung z.B. auf Dithiocarbamate qualitativ hochwertige Handschuhe, die diesen Stoff als Akzelerator nutzen, gut vertragen werden, da er in gebundener Form vorliegt und nicht herausgelöst werden kann.

Aber auch hier gilt: Benennung der Allergene, Kennzeichnung und Ermittlung der Substitution erhöht die Sicherheit und optimiert den Gesundheitsschutz beim Tragen von Handschuhen.

Bei Fragen wenden Sie sich bitte an die BVH-Arbeitsgruppe „Handschuhinhaltsstoffe“ (handschuhinhaltsstoffe@bvh.de).

3.2. Der Okklusionseffekt

Die TRGS 401 definiert das regelmäßige Tragen flüssigkeitsdichter Schutzhandschuhe über mehr als zwei Stunden täglich als Feuchtarbeit.

Tatsächlich kann das länger dauernde Tragen flüssigkeitsdichter Handschuhe zu einem Eingriff in die hautphysiologischen Eigenschaften führen. Einerseits wird eine Temperaturerhöhung erzeugt, auf die der Körper mit verstärkter Schweißbildung reagiert, andererseits wird die Wasserdampfabgabe von der Hautoberfläche an die Umgebung unterbunden (Okklusion). Das verdunstete Wasser hat keine Möglichkeit, an die Umgebung abgegeben zu werden.

Es entsteht eine feuchte Umgebung, durch die nicht nur Bestandteile des Säureschutzmantels entfernt, sondern auch Lipide und Feuchthaltefaktoren der Hornschicht ausgeschwemmt werden können. Gleichzeitig kann sich Wasser in der Hornschicht einlagern – sie quillt. Dadurch wird ihre Funktion als wesentliche Barriere der Haut nach außen stark eingeschränkt.
Als Folge verliert die Haut ihre mechanische Belastbarkeit. Weiterhin ist die Haut durch Verschiebung des pH-Wertes weniger gut gegen Mikroorganismen (Bakterien, Pilze) geschützt – die Infektionsgefahr nimmt zu.

Fatal wird es dann, wenn in dieser Situation die Arbeit ohne Schutzhandschuhe fortgeführt wird. Durch die mangelhafte Barrierewirkung, die gestörte Hautphysiologie sowie den resultierenden Strukturdefekten (z. B. Einrisse) sind die Eingangspforten für Schad- und Gefahrstoffe sowie Mikroorganismen weit geöffnet und der Weg zu einer Hauterkrankung vorprogrammiert.

Schutzhandschuhe sollten daher nur so lange getragen werden, wie es notwendig ist. Ggf. sollten Handschuhe, die innen feucht sind, gegen ein trockenes Paar ausgetauscht werden. Hier sollte jedoch unbedingt beachtet werden, dass die Möglichkeit der Wiederverwendung eines Handschuhs geprüft werden muss. Dies ist abhängig von vielen Faktoren. Weiteres dazu in einem späteren Kapitel.

Auch sollte die Hautpflege in der arbeitsfreien Zeit nicht vergessen werden. Sie trägt zur Regeneration und Gesunderhaltung der Haut bei, sollte aber niemals während der Arbeit verwendet werden.
Der korrekte Umgang mit Schutzhandschuhen ist sehr wichtig und sollte den Beschäftigten in der Unterweisung unbedingt vermittelt werden.

Gruppenbezeichnung / Substanzen	Kürzel
Thiurame	
Tetramethylthiurammonosulfid	TMTM
Tetramethylthiuramdisulfid	TMTD
Tetraethylthiuramdisulfid	TETD
Dipentamethylthiuramdisulfid	DPTD
oder chemisch verwandte Stoffe	
Dithiocarbamate	
Zinkdimethyldithiocarbamat (Ziram)	ZDMC
Zinkdiethyldithiocarbamat	ZDC, ZDEC
Zinkdibutyldithiocarbamat	ZBC, ZDBC
Zinkethylphenyldithiocarbamat	ZEPC
Zinkpentamethylendithiocarbamat	ZPD
Natriumdibutyldithiocarbamat	NBC
Natriumcyclohexylethyldithiocarbamat	NHEC
oder chemisch verwandte Stoffe	
Thioharnstoffe	
Dibutylthioharnstoff	DBTU
Diethylthioharnstoff	DETU
Diphenylthioharnstoff	DPTU
N,N'-Ethylenthioharnstoff	ETU
oder chemisch verwandte Stoffe	
Mercaptobenzothiazol und Derivate	
Mercaptobenzothiazol	MBT
Zinkmercaptobenzothiazol	ZMBT
Morpholinylmercaptobenzothiazol	MOR, MBS
Dibenzothiazyldisulfid	MBTS
Diethylbenzothiazolsulfenamid	DEBS
N-Cyclohexyl-2-benzothiazylsulfenamid	CBS
Dicyclohexylbenzothiazolsufenamid	DCBS
oder chemisch verwandte Stoffe	
p-Phenylendiamin-Derivate	
N-Isopropyl-N'-phenyl-p-phenylendiamin	IPPD
N,N'-Diphenyl-p-phenylendiamin	DPPD
oder chemisch verwandte Stoffe	

Tabelle 1: Allergenliste für elastomere Schutzhandschuhe (www.gisbau.de)

4. Kategorisierung von Schutzhandschuhen

PSA werden abhängig vom Risiko, gegen das sie schützen sollen, in drei Kategorien eingeteilt. Je höher die PSA eingestuft wird, umso umfangreicher sind die Bedingungen, die bei der Herstellung zu beachten und im Produkt zu realisieren sind.

Die Kategorisierung hat nichts mit der Eignung und Schutzwirkung des Schutzhandschuhs für die vorgesehene Nutzung zu tun. Sie ist für den Hersteller eine Vorgabe zur Kennzeichnung und Einhaltung der für sein Produkt geltenden gesetzlichen Bestimmungen.

Kategorie I: Einfache PSA (Schutz gegen geringfügige Risiken)
Einfache PSA soll Einsatz finden bei geringfügigen Risiken. Der Anwender selbst soll das Schutzvermögen des Handschuhs gegenüber minimalen Risiken beurteilen und selbst rechtzeitig bemerken, wenn seine Schutzwirkung nachlässt. *Der Einsatz von Handschuhen der Kategorie I sollte kritisch hinterfragt werden. Diese Handschuhe haben ein derart geringes Schutzvermögen, dass ihr Einsatz nahezu überflüssig ist!*

Kategorie II: PSA zum Schutz vor mittleren Risiken
Hierzu zählen alle PSA, die weder in Kategorie I noch in Kategorie III einzustufen sind. Diese Gruppe bildet den größten Teil der auf dem Markt befindlichen PSA.

Kategorie III: Komplexe PSA (Schutz vor tödlichen Gefahren oder ernsten und irreversiblen Gesundheitsschäden)
In diesem Fall kann der Anwender die Risiken nicht rechtzeitig erkennen. Dieser Kategorie werden Chemikalienschutzhandschuhe zugeordnet.

Für Kategorie III-Schutzhandschuhe wird ein nachweislich geeignetes Leistungsprofil sowie eine hohe Produktionsregelmäßigkeit verlangt, damit die von einem akkreditierten und notifizierten Prüfinstitut ermittelten Leistungsdaten mit gleich bleibend hoher Qualität in den Einsatz gelangen. Das Prüfinstitut wird durch die vierstellige Nummer am CE Zeichen angegeben.

Eine ausführliche Abhandlung zur Kennzeichnung finden Sie im BVH Info-Heft 2 „Der Gesetzgeber fordert“.

5. Das Leistungsprofil von Chemikalienschutzhandschuhen

Ein Chemikalienschutzhandschuh darf erst dann zum Einsatz kommen, wenn er nachgewiesen eine für Ihre Arbeitsbedingungen akzeptable Schutzfunktion gegen Permeation (Durchwanderung des Stoffes durch den Chemikalienschutzhandschuh) hat. Die Permeationszeit (Durchbruchzeit) wird gemäß DIN EN 374-3 *(Schutzhandschuhe gegen Chemikalien und Mikroorganismen: Bestimmung des Widerstandes gegen Permeation)* bestimmt. Ein Handschuh gilt dann als durchbrochen, wenn 1 µg $min^{-1}cm^{-2}$ der Chemikalie das Handschuhmaterial passiert hat. Je nach Durchbruchzeit (Permeationsrate) sind Schutzlevel definiert:

Durchbruchzeit	Permeationslevel
> 10 Minuten	1
> 30 Minuten	2
> 60 Minuten	3
> 120 Minuten	4
> 240 Minuten	5
> 480 Minuten	6

Der Lieferant des Chemikalienschutzhandschuhs sollte Ihnen die Permeationsdaten für Ihre Stoffe basierend auf der Untersuchung nach DIN EN 374-3 schriftlich bestätigen, z.B.:

Chemikalie	Durchbruchzeit	Permeationslevel
Aceton	39 Minuten	2

Beachten Sie, dass die Permeationszeiten nicht der maximalen Tragezeit in der Praxis entsprechen. In der Regel sind diese reduziert. Umgang mit Stoffgemischen oder der Kontakt mit verschiedensten Stoffen können ebenso die Schutzfunktion verkürzen. Qualifizierte Handschuh-Hersteller geben Ihnen die gewünschte Information – Fragen Sie ihn! Nutzen und fordern Sie diesen wissenschaftlichen Service!

Chemikalienschutzhandschuhe müssen weiterhin nach DIN EN 388 (Schutzhandschuhe gegen mechanische Risiken) geprüft werden.

Ausführliche Informationen zu Normen finden Sie im BVH Info-Heft 3 "Europäische Standards für Chemikalienschutzhandschuhe".

6. Umgang mit Chemikalien - die Kontaktart

Bei der Bestimmung der Durchbruchzeit entsprechend der DIN EN 374-3 befindet sich die Chemikalie während der gesamten Prüfdauer in direktem Kontakt zum Handschuhmaterial. Dies entspricht dem allgemein verwendeten Begriff "Vollkontakt" und wird als "worst case" für die Praxis angenommen. Immer noch wird vermutet, dass ein kurzzeitiger oder nicht beabsichtigter Kontakt die Durchbruchzeit verlängert. Das ist eine Illusion, die schwerwiegende Folgen nach sich ziehen kann.

Es geht um viel und die Forderungen sind berechtigt.

- **Setzen Sie im Chemikalienschutz nur Handschuhe von Hersteller / Lieferanten ein, die diese gesetzlichen Vorgaben erfüllen.**
- **Bevorzugen Sie synthetische Produkte gegenüber Naturprodukten. Naturlatex sollte aus allergologischen Gründen nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden.**
- **Handschuhe mit Innentrikot dürfen beim Umgang mit Chemikalien nur nach Rücksprache mit dem Hersteller verwendet werden!**
- **Reduzieren Sie die Tragezeit auf max. 60 Minuten. Beachten Sie, dass nach längeren Tragezeiten das natürliche Hautschutzsystem beeinträchtigt wird. Wird die Arbeit nach längerer Tragezeit ohne Schutzhandschuhe fortgeführt, so sind die Eingangspforten für Schad- und Gefahrstoffe sowie Mikroorganismen weit geöffnet. Ein Stoffkontakt ist in dieser Zeit unbedingt zu verhindern.**
- **Beachten Sie die Hinweise aus Abb. 6, damit auch beim Ausziehen der Handschuhe kein Kontakt mit Chemikalien stattfindet, die noch am Handschuh haften. Spülen Sie den Handschuh vor dem Ausziehen immer ab!**
- **Eine Wiederverwendung nach Beanspruchung des Chemikalienschutzhandschuhs ist nur möglich, wenn der Hersteller dies begründet und bestätigt. Der Hersteller übernimmt damit die Haftung.**

Die Kontaktart beeinflusst die Durchbruchzeit nicht!

Kontakt ist Kontakt - gleichgültig, wie er erfolgt. Eine molekulare Wanderung von Chemikalien ist grundsätzlich nicht aufzuhalten. Die Chemikalie durchwandert das Handschuhmaterial unabhängig davon, ob der gesamte Handschuh oder ein Teil von ihm betroffen ist.
Die Permeation beginnt mit dem Zeitpunkt, mit dem die Chemikalie auf das Handschuhmaterial trifft. Diese Tatsache ist maßgeblich für die Frage nach der Wiederverwendung von Chemikalienschutzhandschuhen.

Durchbruchzeit und Wiederverwendung

Selbst wenn ein Schutzhandschuh, der entsprechend der DIN EN 374-3 eine Durchbruchzeit von vier Stunden hat, nur 10 Minuten verwendet wird, ist die Schutzwirkung spätestens vier Stunden nach dem Erstkontakt beendet.
Die benetzte Handschuhfläche und die Einwirkzeit von Chemikalien sind nach Überschreiten der Durchbruchzeit relevant für das Ausmaß ihrer Auswirkungen auf den menschlichen Organismus. Der Präventionsgedanke sollte sich nicht damit befassen, diese Auswirkungen möglichst klein zu halten, sondern sie zu verhindern! Chemikalien gehören nicht auf die Haut. Die Durchbruchzeit ist daher unbedingt zu unterschreiten!
Generell sollten Schutzhandschuhe spätestens nach Ablauf der angegebenen Durchbruchzeit nicht mehr verwendet werden. Dies gilt für alle Stoffe, insbesondere jedoch hochproblematische, wie erbgutverändernde oder krebserregende Chemikalien.

Abb. 5: Auszug aus einer BVH-Stellungnahme im AK „Praxisnahes Prüfverfahren für Chemikalienschutzhandschuhe“

7. Materialkunde

Elastomere sind makromolekulare Stoffe (Polymere) mit gummielastischem Verhalten, die bei Raumtemperatur auf das Mehrfache ihrer Länge gedehnt werden können und nach ihrer Aufhebung annähernd auf die Ausgangslänge zurückgehen.

Zum Einsatz kommen natürliche oder synthetisch Polymere. Die Makromoleküle bestehen aus verknäuelten Molekülketten, die miteinander weitmaschig vernetzt sind. Beim Drehen strecken sich die Ketten; beim Nachlassen der Zugkraft tritt wieder die Knäuelung ein (Gummielastizität).

Neben der umfassenden Bezeichnung Elastomere werden häufig im allgemeinen Sprachgebrauch auch die Ausdrucke „Kautschuk“ und „Gummi“ verwendet. Als „Kautschuk“ wird dabei das unvernetzte Ausgangsprodukt zur Herstellung von Elastomeren bezeichnet, wohingegen „Gummi“ als Bezeichnung für das vernetzte Endprodukt steht. Man unterscheidet Natur- und Synthesekautschuke.

Elastomere besitzen für die Herstellung von Chemikalienschutzhandschuhe eine hohe technische Bedeutung. Sie bieten aufgrund ihrer Elastizität und der daraus resultierenden hohen Reißdehnung einen geeigneten Komfort. Die Reißdehnung kann mehr als 500% betragen. Bei dem Klassiker „Naturlatex“ werden sogar Werte über 800% erreicht. Die Kraft die man zur Dehnung benötigt, nimmt von Latex über Neopren bis hin zu Nitril-Butadien zu. Handschuhe aus Latex bewirken damit über lange Zeiten die geringste Handermüdung.

1. Die Hände stets gründlich säubern und trocknen, bevor Sie die Handschuhe anziehen.

2. Benutzen Sie ein paar Schutzhandschuhe nicht über einen langen Zeitraum (>2h) ununterbrochen:

- Beachten Sie die Leistungsdaten des Produktes
- Beachten Sie die Pereations- und Defrationshinweise
- Wechseln Sie bei langen ununterbrochenen Tragezeiten zwischen 2-3 Schutzhandschuhpaaren.

3. Schlagen Sie den Stulpenrand um, um so ein Einfließen von Flüssigkeiten zu unterbinden.

4. Reinigen Sie den Schutzhandschuh vor dem Ausziehen:

- Nach Kontakt mit Farben, Pigmenten, etc. sollten Sie den Schutzhandschuh mit einem lösungsmittelgetränkten Tuch säubern und trockenreiben.
- Bei Benutzung mit Lösungsmitteln sollten Sie den Schutzhandschuh trockenreiben.
- Nach Kontakt mit Säuren oder Basen mit Wasser abwaschen und anschließend trockenreiben.

5. Beim Ausziehen des Handschuhes diesen nicht an der Aussenseite mit der Haut berühren (Kontakt mit Schadstoffen!)

- Stulpe umschlagen (so Sie dieses bei Nutzung noch nicht taten) und nach vorne ziehen, abstreifen.

6. Nach dem Handschuhtragen die Hände waschen und mit einer geeigneten Creme pflegen.

7. Vor dem erneuten Tragen sicherstellen, dass der Handschuh gut ausgetrocknet ist.

8. Nur geeignete Schutzhandschuhe ohne erkennbare Beschädigungen verwenden.

Abb. 6: Gebrauchshinweise für Schutzhandschuhe

Auch die sogenannten Thermoplaste, zu dessen wichtigsten Vertretern Polyethylen (PE) und Polyvinylchlorid (PVC, Vinyl) gehören, sind zur Herstellung von Chemikalienschutzhandschuhen denkbar. Hierbei handelt es sich um Kunststoffe, die ebenfalls aus organischen Makromolekülen bestehen. Sie sind im Gegensatz zu Elastomeren jedoch nicht elastisch. Beim Erwärmen erweichen sie und lassen sich in diesem Zustand verformen. Beim Abkühlen bleiben sie formstabil. Bei der Herstellung werden häufig Weichmacher eingearbeitet, die das Material weicher und schmiegsamer werden lassen. Weichmacher werden durch gewisse Lösungsmittel jedoch herausgelöst. Beim Einsatz als Chemikalienschutzhandschuh sollten daher Materialien ohne Weichmacher bevorzugt werden.

Orientierende Angaben zu den Eigenschaften von Chemikalienschutzhandschuhen beschreibt Tabelle 2.

Der Chemikalienschutz von Schutzhandschuhen wird durch Polymere gewährleistet, insbesondere durch Elastomere, deren Eigenschaftsprofil sie für diesen Zweck prädestinieren.

7.1. Naturkautschuk (Naturlatex, NR = Natural Rubber)

Der bekannteste Vertreter dieser Werkstoffklasse ist der Naturkautschuk, der vor ca. 500 Jahren von Columbus (bzw. seinen Nachfolgern) über den Atlantik nach Europa gebracht wurde. Es war ein milchähnlicher Pflanzensaft, der Latex, welcher getrocknet und geformt gummielastische Eigenschaften zeigte. Von den Ureinwohnern Amerikas wurden daraus bereits Gummibälle hergestellt.

Hier zeigt sich schon der erste Unterschied zwischen Natur- und künstlichem Synthetikkautschuk. Dadurch, dass sich die Polymerketten natürlich bilden, wird eine einzigartige „Verknäuelung“ der Ketten erreicht, welche in dieser Form künstlich nicht darstellbar ist. Dies führt zu elastischen Eigenschaften des Rohgummis, welche in Verbindung mit dem übrigen Eigenschaftsprofil die auch heute noch einmalige Stellung dieses Werkstoffes ausmachen.

Chemisch betrachtet, handelt es sich beim Naturkautschuk um Polyisoprene (Abb. 7).

Strukturformel für Naturkautschuk

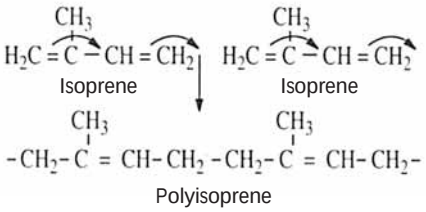

Abb. 7: Polyisoprene

Da Isopren zwei Doppelbindungen enthält, zur Bildung des Polymers jedoch nur eine verbraucht wird, enthält das Polymer pro Isopreneinheit eine verbleibende Doppelbindung. Diese Doppelbindung kann man zum Beispiel mit Schwefel zu einem dreidimensionalen Netzwerk verknüpfen (vulkanisieren) und dem bis dahin weitgehend thermoplastischen Kautschuk so gummielastische Eigenschaften verleihen.

Rohmaterial Vergleich der Eigenschaften	Naturlatex	Neopren	Nitril	PVC
Vorteile	Hervorragende Elastizität und Reißfestigkeit Gute Beständigkeit gegenüber zahlreichen Säuren und Ketonen	Vielfältige chemische Beständigkeit gegen Säuren und aliphatische Lösungsmittel Gute Sonnenlicht- und Ozonbeständigkeit	Sehr gute Abrieb- und Durchstichfestigkeit. Sehr gute Beständigkeit gegenüber Kohlenwasserstoffen	Gute Säuren- und Basenbeständigkeit
ACHTUNG! **Einschränkung in der Verwendung**	**Kontakt mit Ölen, Fetten und Kohlenwasserstoffen vermeiden!**	**Kontakt mit chlorhaltigen Lösungsmitteln vermeiden!**	**Kontakt mit ketonhaltigen Lösungsmitteln, oxidierenden Säuren und stickstoffhaltigen organischen Stoffen vermeiden!**	**Geringe mechanische Beständigkeit.** **Kontakt mit ketonhaltigen, aromatischen oder chlorhaltigen Lösungsmitteln vermeiden.**
Elastizität / Flexibilität	■■■■■■	■■■■	■■■	■
Abrieb	■■■	■■	■■■■■■	■■■■
Schnittfestigkeit	■■■■■■	■■■	■■■■■■	■
Reißfestigkeit	■■■■■■	■■■	■	■■■
Durchstichfestigkeit	■■■	■■■	■■■■■■	■■■
Beständigkeit gegen Säuren	■■■■	■■■■■■	■■■■	■■■
Beständigkeit gegen Basen	■■■■■■	■■■■■■	■■■■	■■■
Beständigkeit gegen Wasch-/ Reinigungsmittel	■■■■	■■■■■■	■■■■	■■■■
Beständigkeit gegen Öle/ Fette	■	■■■■	■■■■■■	■■■■
Beständigkeit gegen Kohlenwasserstoffe	■	■■■■	■■■■■■	■■■
Beständigkeit gegen aromatische Lösungsmittel	■	■	■■■■	■
Beständigkeit gegen chlorierte Lösungsmittel	■	■	■■■■	
Beständigkeit gegen ketonhaltige Lösungsmittel	■■■■	■■■	■	■
Beständigkeit gegen Ester	■	■■■■	■■■■	■
Beständigkeit gegen Glycolether	■	■■■■■■	■■■■	

Tabelle 2: Orientierende Angaben zu den Eigenschaften von Rohmaterialien zur Herstellung von Chemikalienschutzhandschuhen (detaillierte Angaben in den technischen Unterlagen der Schutzhandschuhe beachten!)

Da jedoch nur ein sehr geringer Anteil der Doppelbindungen zur Vernetzung benötigt wird, stehen die übrigen als reaktionsfähige Gruppen weiterhin zur Verfügung und können zum Beispiel mit Luftsauerstoff reagieren. Man spricht von einer geringen Alterungs- und Oxidationsbeständigkeit des Naturgummis.

Da Naturkautschuk darüber hinaus als reiner Kohlenwasserstoff gegenüber dieser Stoffklasse, insbesondere Öl, weitgehend unbeständig ist, setzte Anfang des Jahrhunderts die Entwicklung synthetischer Kautschuke ein.

Vorteile:	Nachteile:
• sehr hohe Flexibilität	• schlechte Alterungsbeständigkeit
• sehr gute mechanische Eigenschaften	• schlechte Witterungsbeständigkeit
• beständig gegen polare, nicht aggressive Chemikalien (z.B. Wasser, Säuren Laugen)	• nicht beständig gegen Kohlenwasserstoffe, z.B. Öl
• gute Kälteflexibilität	• nicht beständig gegen oxidierende Chemikalien
• hoher Weiterreißwiderstand	• nicht beständig gegen höhere Temperatur
	• kann Allergien auslösen (Latexallergie)

Tabelle 3: Eigenschaften von Naturkautschuk

7.2. Polychloropren (CR = Chloropren Rubber, Neopren®)

Zunächst hielt man sich eng an das Original und änderte nur die Verzweigung. Die Methylgruppe wurde durch ein Chloratom ersetzt, man spricht von Polychloroprene (Abb. 8).

Durch das sogenannte Heteroatom „Chlor“ erhält der Kautschuk eine polare Komponente, wodurch sich beispielsweise die Ölbeständigkeit stark erhöht. Zum anderen bewirkt der starke Elektronensog des Chloratoms eine Verminderung der Elektronendichte der Doppelbindung und daher eine erheblich gesteigerte Alterungs- und Chemikalienbeständigkeit.

Vorteile:	Nachteile:
• gute Flexibilität	• eingeschränkte Kälteflexibilität
• gute mechanische Eigenschaften	• geringe Flexibilität (steif)
• hohe Permeationszeiten	
• Alterungsbeständigkeit	
• Witterungsbeständigkeit	

Tabelle 4: Eigenschaften des Polychloroprens (CR, Neopren®)

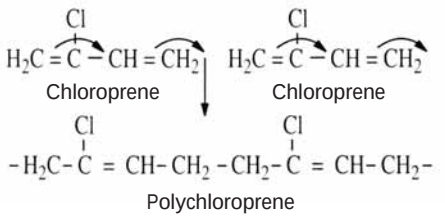

Abb. 8: Polychloropren

7.3. Nitrilkautschuk (NBR = Acrylnitril-Butadien Rubber)

Etwas komplizierter ist Nitrilkautschuk aufgebaut. Er ist ein sogenanntes Copolymerisat aus zwei Monomeren, dem Butadien und Acrylnitril (Abb. 9). Anders als beim Polychloroprene ist hier das Heteroatom, der Stickstoff, nicht direkt an die Polymerkette gebunden, er steht außerhalb und schirmt die zentrale Kette ab. Das Polymermolekül wird dadurch insge-

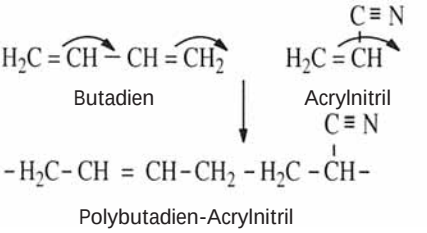

Abb. 9: Nitrilkautschuk

samt wesentlich polarer. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die beiden Monomere in unterschiedlichen Verhältnissen einzusetzen. Je höher beispielsweise der Acrylnitrilgehalt, desto besser wird die Öl- bzw. Kohlenwasserstoffbeständigkeit. Durch die zwangsläufige Abnahme der resultierenden Doppelbindungen verbessert sich auch die Alterungs- und Chemikalienbeständigkeit, wobei jedoch nicht die Größenordnung von Polychloroprene erreicht wird.

Vorteile:	Nachteile:
• gute Flexibilität	• eingeschränkte Kälteflexibilität
• gute Beständigkeit gegen eine große Zahl von Kohlenwasserstoffen	• eingeschränkte Witterungsbeständigkeit
• hohe Permeationszeiten	• geringe Flexibilität (steif)

Tabelle 5: Eigenschaften von Nitrilkautschuk (Nitril)

7.4. Butylkautschuk (Butyl, IR = Isobutyl-Isopren-Rubber)

Hier machte man sich die Tatsache zunutze, dass nur ein geringer Teil der im Polyisoprene verbleibenden Doppelbindungen zur Gummivernetzung benötigt wird und ersetzt konsequent 97- 99,5 Prozent des Isoprens durch Isobutyl, welches nach Polymerisation über keine resultierenden Doppelbindungen mehr verfügt (Abb. 10).

Strukturformel für Butylkautschuk

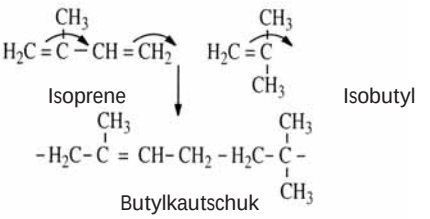

Abb. 10: Butylkautschuk

Als Folge stellt sich eine sehr hohe Alterungs- und chemische Beständigkeit, verbunden mit hoher Gasundurchlässigkeit, ein. Als reines Kohlenwasserstoff-Elastomer ist der Butylkautschuk jedoch genausowenig ölbeständig wie Naturgummi.

Vorteile:	Nachteile:
• hohe Chemikalienbeständigkeit	• mäßige mechanische Eigenschaften
• hohe Dämpfung	• geringe Festigkeit
• sehr gute Alterungsbeständigkeit	• Nicht ölbeständig
• sehr gute Witterungsbeständigkeit	
• sehr hohe Gasundurchlässigkeit	
• gute Kälteflexibilität	

Tabelle 6: Eigenschaften von Butylkautschuk

7.5. Fluorkautschuk (FKM = Fluorkautschuk-Monomere, Viton®)

Fluorkautschuk ist das modernste der in dieser Reihe vorgestellten Elastomere. Es gibt eine Vielzahl von Typen, welche sich in der Vielfalt ihrer Eigenschaften unterscheiden, wobei die später erwähnten grundlegenden Eigenschaften jedoch unverändert bleiben. Als Monomere werden in der Regel Vinylidenfluorid, Hexafluorpropylen und Tetrafluorethylen eingesetzt (Abb. 11).

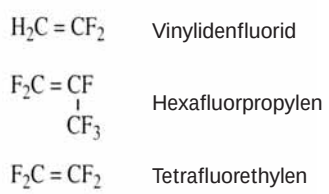

Abb. 11: Ausgangsmaterialien von Fluorkautschuken

Die entscheidenden Vorteile dieses Werkstoffes liegen in der extremen Stabilität der Kohlenstoff-Fluor-Bindung sowie der nahezu vollständigen Abschirmung der zentralen Polymerkette durch das Fluor. Die hohe Bindungsstärke bewirkt einen geringen Atomabstand, so daß die Dichte des Materials etwa doppelt so hoch ist wie die von Naturkautschuk. Das Fluor-Elastomer verfügt demzufolge über konkurrenzlose Chemikalien- und Alterungsbeständigkeit und ist extrem gasdicht.

Vorteile:	Nachteile:
• sehr hohe Gasundurchlässigkeit	• schlechte mechanische Eigenschaften
• sehr gute Chemikalienbeständigkeit	• schlechtes Kälteverhalten
• sehr gute Alterungsbeständigkeit	
• sehr gute Witterungsbeständigkeit	
• hohe Hitzebeständigkeit	

Tabelle 7: Eigenschaften von Fluorkautschuk

7.6. Polyvinylchlorid (PVC, Vinyl)

Bei PVC handelt es sich um einen Thermoplast und nicht, wie alle bisher besprochenen Werkstoffe. um ein Elastomer. Das heißt. Vinylchlorid wurde lediglich polymerisiert, nicht aber gummiartig vernetzt (Abb. 12).

Die fehlenden Doppelbindungen gewährleisten eine hohe Alterungsbeständigkeit und das Chloratom eine Kohlenwasserstoffresistenz.

Um den Werkstoff PVC als Handschuhmaterial nutzen zu können, müssen Weichmacher zugesetzt werden. Diese ermöglichen die notwendige Dehnbarkeit, Weichheit und Biegsamkeit des Materials. Der größte Teil der für die Herstellung von Weich-PVC verwendeten Weichmacher gehört zur Gruppe der Phthalsäureester. Die drei wichtigsten Phthalate sind Di-(2-ethylhexyl-) phthalat (DEHP, auch bekannt unter Dioctylphthalat DOP), Di-isononylphthalat (DINP) und Di-isooctylphthalat (DIDP). Geringere Bedeutung haben Ester der Adipinsäure und anderer organischer Säuren sowie Ester der Phosphorsäure. Phthalate sind akut wenig toxisch, können sich jedoch, wenn sie in den Körper gelangen, aufgrund ihrer guten Fettlöslichkeit im menschlichen Fettgewebe anreichern und zu chronischen Gesundheitsschädigungen führen.

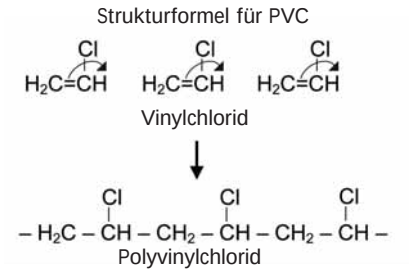

Abb. 12: Polyvinylchlorid

Bei sachgemäßer Anwendung von PVC-Handschuhen kann der Übergang von Phthalaten in den Körper ausgeschlossen werden. Werden sie jedoch beim Umgang mit fetthaltigen Lebensmitteln getragen, so können die Weichmacher aus dem Handschuhmaterial gelöst und in den Lebensmitteln angereichert werden. Diese Lebensmittel können dann zu einer diffusen Phthalat-Kontaminationsquelle werden, da sie mit dem Verzehr in den Organismus gelangen und sich im Fettgewebe einlagern können.

Das Bundesinstitut für gesundheitlichen Verbraucherschutz und Veterinärmedizin (bgvv) hat die Migration der Weichmacher Diethylhexylphthalat (DEHP) und Diethylhexyladipat (DEHA) beim Umgang mit Lebensmitteln aus verschiedenen Vinylhandschuhen untersucht. Man kam zu dem Schluss, dass bei länger dauerndem Tragen von Vinylhandschuhen eine dermale Belastung der Handschuhträger über dem vom SCF festgelegten spezifischen Migrationsgrenzwerts für DEHP von 3 mg/kg liegt. In Anbetracht der Exposition mit DEHP aus weiteren Quellen wird von einer derartigen Nutzung abgeraten:

Zitat des bgvv:
„Eine Verwendung von medizinischen Einmalhandschuhen aus weichmacherhaltigem PVC, die nicht für die Verwendung im Kontakt mit Lebensmitteln vorgesehen und auch nicht entsprechend den Vorschriften der Bedarfsgegenständeverordnung als für Lebensmittelbedarfsgegenstände gekennzeichnet sind, ist lebensmittelrechtlich zu beanstanden.“

An dieser Stelle merken wir an, dass der Begriff „medizinische Einmalhandschuhe“ hier irreführend ist. Weichmacherhaltige PVC-Handschuhe (Vinyl) sind im medizinischen Bereich grundsätzlich völlig fehl am Platz und ungeeignet, da Bauart und Material eine geringe mechanische Festigkeit und keinen sicheren Schutz gegenüber Bakterien und Viren bieten.

Über die tatsächliche Belastung der Lebensmittel in Deutschland mit DEHP und anderen Phthalaten gibt es zurzeit keine ausreichende Datenbasis. Aus Sicherheitsgründen sollten Handschuhe aus Weich-PVC (Vinyl) beim Umgang mit fetthaltigen Lebensmitteln nicht verwendet werden. Dies auch im

Hinblick auf die Umwelt – PVC ist biologisch nicht abbaubar.
Eine Weichmacherextraktion kann auch durch organische Lösungsmittel erfolgen. Das Material wird spröde und reißt. Vinylhandschuhe sollten daher auch beim Umgang mit organischen Lösungsmitteln nicht verwendet werden.

Vorteile:	Nachteile:
• gute Alterungsbeständigkeit	• sehr schlechte mechanische Eigenschaften
• gute Witterungsbeständigkeit	• schlechte Flexibilität
• ölbeständig	• schlechte Kälteflexibilität
• hohe mechanische Festigkeit	• Versprödung bei Weichmacherextraktion
• beständig gegen Wasser, Alkalien (z.B. Hydroxide, Laugen), nicht oxidierende Säuren (z.B. Salzsäure und Kohlenwasserstoffe).	• Quellung bei Chlorkohlenwasserstoffen (z.B. Trichlormethan, Dichlormethan, Methylenchlorid)

Tabelle 8: Eigenschaften von PVC (Vinyl)

Abb.13: Weichmacherextraktion aus Vinylhandschuhen, links: unbehandelter Handschuh, rechts: Handschuh nach Lösungsmittelkontakt

8. Leistungsbeschreibung von Chemikalienschutzhandschuhen: Chemische Resistenz ist kein ausreichendes Kriterium!

Die oft zitierte chemische Beständigkeit ist keine ausreichende Information, um die Barrierewirkung gegen Stoffe vollends zu beurteilen. Sie umschreibt im Wesentlichen nur die Veränderung von Barriereeigenschaften bei Zusammentreffen mit einem Stoff (Degradation?!). Bei der Auswahl einer Chemikalienschutzbarriere stehen jedoch Forderungen aus den Arbeits- und Umgebungsbedingungen im Vordergrund.
Um die geeignete Barriere auszuwählen, ist die vollständige Kenntnis über den Gefahrstoff notwendig. Diese Informationen sind den Sicherheitsdatenblättern der Chemikalienhersteller, bzw. -Inverkehrbringer zu entnehmen.

Die Beschaffenheit von Chemikalienschutzhandschuhen ist gekennzeichnet durch die verwendeten Werkstoffe und deren Schichtdicken, durch das Herstellungsverfahren, durch mögliche Oberflächenbehandlungen, durch die Struktur der Oberflächen und durch die Innenausstattungen der Schutzhandschuhe.

Die Qualität solcher Handschuhe zeigt sich im Grad der Schutzwirkung gegenüber bestimmten Chemikalien und Gemischen, im Fehlen schädlicher Inhaltsstoffe, in der Be- und Verarbeitung der Materialien, in ihrem Griffverhalten und Tragekomfort und in der Möglichkeit ihrer Wiederverwendung. Entgegen der allgemeinen Annahme ist das Schutzvermögen der elastomeren Chemikalienschutzhandschuhe zeitlich begrenzt.

8.1. Beständigkeit von Chemikalienschutzhandschuhen: Materialreaktionen

Das Tragen von Chemikalienschutzhandschuhen soll beim direkten Umgang mit chemischen Gefahrstoffen die Gesundheitsrisiken für den Anwender vermindern. Im Blickfeld stehen dabei sowohl die Verletzungen an den Händen, als auch Erkrankungen des gesamten Organismus, die sich aufgrund einer hautresorptiven Aufnahme von Gefahrstoffen einstellen können.

Im Hinblick auf die Schutzwirkung von Chemikalienschutzhandschuhen ist es unverzichtbar, dass die Handschuhe ihre Material- und Schutzeigenschaften über die Verwendungsdauer hinweg beibehalten. Ist das nicht der Fall, kommt es frühzeitig zu Wechselwirkungen zwischen Handschuhmaterial und Chemikalie, die das Leistungsprofil des Handschuhs verändern können.

Abgesehen davon, dass das Schutzhandschuhmaterial unbeeinflusst bleibt, sind bei einem Chemikalienkontakt die folgenden Wechselwirkungen möglich:

- **Zerstörung**
  Zerstörungsanfällig sind insbesondere die doppelbindungshaltigen Polymere, hier vor allem Naturkautschuk, der z.B. durch oxidierende Säuren zersetzt wird.
- **Degradation (z.B. Quellung)**
- **Penetration / Permeation (Durchdringung)**
  Die Durchdringung des Chemikalien-Schutzhandschuhs kann infolge einer Penetration oder Permeation erfolgen:

8.1.1. Penetration

Die Penetration ist das Durchdringen eines Stoffes durch Fehlstellen im Handschuhmaterial. Das Ausmaß der Penetration ist abhängig von der Größe der Fehlstellen (Penetrationsstellen) und werden andererseits durch den Oberflächenspannung bzw. Viskosität des Gefahrstoffes bestimmt.
Qualitätsbedingte Penetrationsstellen treten heutzutage recht selten auf. Im Zuge der Qualitätssicherung, welcher alle Handschuhe der Kategorie III zwingend unterliegen, lassen sich derartige Schwachstellen im Material mit relativ einfachen Hilfsmitteln lokalisieren. Bei der Verwendung von Chemikalienschutzhandschuhen gegenüber gesundheitsschädlichen Substanzen sollte der Anwender die Handschuhe dennoch stichprobenartig auf solche Schwachstellen hin überprüfen.

Sehr viel wahrscheinlicher ist das Auftreten von Penetration aufgrund von arbeitsbedingten Materialveränderungen. So kann es beispielsweise bei der Bearbeitung spitzer und/oder scharfkantiger Gegenstände zur unbemerkten Zerstörung des Handschuhmaterials kommen. Dies führt beim anschließenden Kontakt mit dem Gefahrstoff zum ungehinderten Eindringen der Substanz in das Handschuhinnere. Ebenso können chemische Einwirkungen auf den Handschuhwerkstoff Veränderungen in den mechanisch-physikalischen Materialeigenschaften bewirken. Diese Effekte werden im weiteren Verlauf des vorliegenden Fachberichtes unter dem Begriff „Materialdegradation“ eingehender behandelt.

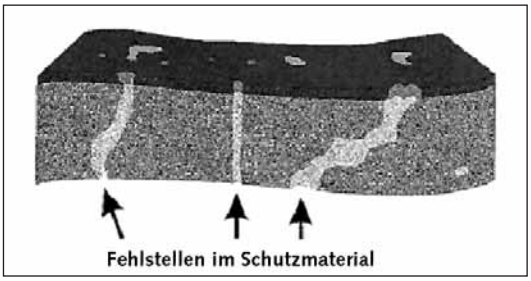

Abb. 14: Schematische Darstellung möglicher Penetrationsstellen im Querschnitt eines defekten Handschuhmaterials

Im Vergleich zum Einsatz neuwertiger Produkte kommt der Penetration bei der Wiederverwendung benutzter Chemikalienschutzhandschuhe eine durchaus relevante Bedeutung zu, weil es aufgrund des ersten chemischen Kontaktes bereits zu erheblichen Materialdefekten gekommen sein kann.

8.1.2 Permeation

Permeation ist das Durchdringen einer Chemikalie durch das Handschuhmaterial auf molekularer Ebene. (Abb. 15).

Hierbei „wandern“ (diffundieren) die Moleküle mit der Zeit durch das Schutzmaterial und gelangen auf diese Weise zur Haut des Anwenders. Dies geschieht nicht, wie bei der Penetration, an einzelnen Schwachstellen eines Handschuhes, sondern überall dort, wo es zum Kontakt zwischen Stoff und Handschuhoberfläche gekommen ist.

Die Permeation eines Gefahrstoffes durch das Schutzmaterial vollzieht sich in drei Schritten. An der Oberfläche des Handschuhes wird der Gefahrstoff von dem Schutzmaterial aufgenommen, anschließend wandern die Moleküle in Richtung des Konzentrationsgefälles durch die Schutzmembran, bis sie auf der Innenseite des Handschuhes wieder abgegeben werden, um schließlich in Kontakt mit der Hand und somit der Haut des Verwenders zu kommen. Bezeichnet werden die drei Stufen der Permeation mit Absorption, Diffusion und Desorption (Abb. 15).

Alle drei Stufen der Permeation werden durch die Beschaffenheit des Schutzhandschuhes und seines Materials beeinflusst. Hinzu kommen „äußere“ Faktoren, wie die Art der Chemikalie, die Temperatur und die Dehnung des Schutzmaterials.

Zur Permeation, also zur Durchdringung eines Gefahrstoffes durch das Schutzmaterial, kann es möglicherweise bereits wenige Minuten nach dem Kontakt mit einer chemischen Substanz kommen. Dies ist besonders dann der Fall, wenn sich das Material des Schutzhandschuhes nicht für den Einsatz in der verwendeten Substanz eignet.

Daneben ist die maximale Gebrauchsdauer eines Chemikalienschutzhandschuhes natürlich auch eine Funktion der Materialdicke. Viele Handschuhmaterialien weisen in dieser Beziehung einen linearen oder quadratischen Zusammenhang zwischen der maximalen Nutzungsdauer und der Schichtstärke auf.

Es kommt immer auf die geeignete Kombination zwischen dem Handschuhmaterial und der verwendeten chemischen Substanz an, damit der Handschuh in dieser Chemikalie möglichst lange eingesetzt werden kann.

Die maximale Nutzungsdauer eines Schutzhandschuhes kann durch äußere Einflüsse weiter verkürzt werden. Hier ist insbesondere die Temperatur ausschlaggebend, da die Durchbruchzeit in hohem Maße temperaturabhängig ist.

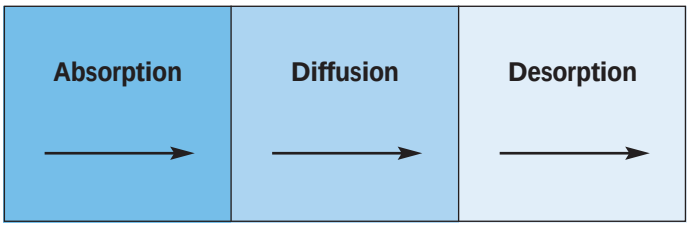

Abb. 15: Die drei Stufen der Permeation

Bei der Permeation ist es wichtig zu wissen, dass die Molekülwanderung durch das Material praktisch schon beim ersten Kontakt mit der chemischen Substanz beginnt und auch dann weiter fortschreitet, wenn der Kontakt zwischen dem Handschuh und dem Gefahrstoff noch vor dem Erreichen des Durchbruches zeitweilig oder ganz unterbrochen wird. Dieser Effekt ist für die Frage nach der Wiederverwendung von Chemikalienschutzhandschuhen von entscheidender Bedeutung.

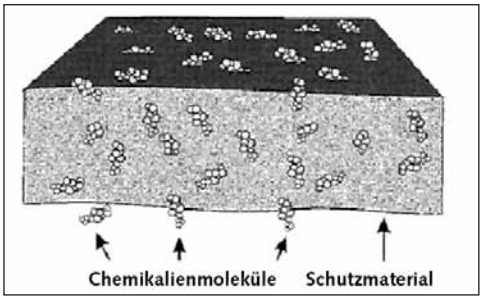

Abb. 16: Schematische Darstellung der Permeation

8.1.3 Degradation

Die Einwirkung einer chemischen Substanz auf einen polymeren Schutzhandschuh führt mit der Zeit nicht nur zu dessen Durchdringung, sondern kann auch deutliche Änderungen in den mechanisch-physikalischen Materialeigenschaften bewirken. Zu diesen Eigenschaften zählen unter anderem die Elastizität, die Reißdehnung, die Weiterreißfestigkeit und die elektrostatischen Kennwerte der Schutzmaterialien. Daneben kann natürlich auch das chemische Schutz- oder Leistungsvermögen des Materials nachhaltig beeinflusst werden. Jede Veränderung der genannten Werkstoffeigenschaften aufgrund des Kontaktes mit einer chemischen Substanz nennt man Degradation.
Man unterscheidet zwischen reversiblen und irreversiblen Degradationen. Während Materialquellungen in vielen Fällen reversibel sind, handelt es sich bei Versprödungen, Verhärtungen und bei der Werkstoffschrumpfung in der Regel um irreversible Degradationen, die nicht mehr rückführbar sind.

Bei der **Quellung** löst sich die Chemikalie im polymeren Handschuhmaterial. Hier gilt vor allem die Faustregel, dass sich ähnliches in ähnlichem löst, also polare Substanzen in polaren Kautschuken und unpolare in unpolaren Werkstoffen. Polares und unpolares ist hingegen weitgehend unverträglich miteinander. Hinzu kommen sterische Effekte, d.h. große Moleküle werden sich in einem engen Netzwerk(Fluorkautschuk) weniger lösen als kleine in einem schlecht vernetzten Elastomer.

Abb. 17: Degradation eines 2-schichtigen Handschuhs

Degradationen können auftreten, lange bevor der Durchbruch einer Chemikalie durch das Schutzmaterial erfolgt. Sie bewirken nicht nur eine Reduzierung von Trageeigenschaften z.B. durch eine starke Materialquellung, sondern sie können auch zu einem verminderten Schutzvermögen der Handschuhe führen.

Die mechanisch-physikalischen Materialeigenschaften von neuwertigen Schutzhandschuhen der Kategorie III werden im Zuge einer Zertifizierung der Handschuhe überprüft und in der Baumuster-Prüfbescheinigung dokumentiert. Die entsprechenden Daten müssen dabei bestimmten Vorgaben genügen und dürfen bei nachfolgenden Lieferungen die bescheinigten Werte nicht unterschreiten. Diese Regelung ist bezüglich der Produkthaftung von entscheidender Bedeutung. Werden die CSH länger eingesetzt, als die vom Hersteller angegeben Einsatzzeiten, greift die Produkthaftung nicht mehr für gesundheitliche Schädigungen des Anwenders.

Besonders wichtig ist die Thematik bei der Wiederverwendung von Chemikalienschutzhandschuhen, die bereits bei ihrem ersten Einsatz Kontakt mit einer chemischen Substanz hatten. Auch dann, wenn es sich bei diesem Kontakt nicht um das Eintauchen des Handschuhes in den Gefahr-

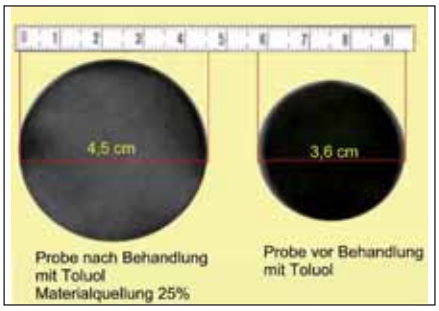

Abb. 18: Degradationsform Quellung

stoff, sondern um gelegentliche Spritzer gehandelt hat, kann es beim wiederholten Gebrauch des Handschuhes zur erhöhten Gefährdung des Anwenders kommen. Ist es an den Kontaktstellen zur Materialversprödung oder Verhärtung gekommen, so können bei der Materialdehnung während des nachfolgenden Gebrauches die degradierten Stellen aufreißen und dem Gefahrstoff ein rasches Eindringen in den Handschuh ermöglichen.

Materialverhärtungen und Versprödungen treten in der geschilderten Art häufig beim direkten Umgang mit konzentrierten, anorganischen Substanzen auf. Abb. 18 veranschaulicht den geschilderten Sachverhalt am Beispiel von Polychloropren nach der Einwirkung einer anorganischen Säure.

Organische Chemikalien und Gemische führen dagegen vermehrt zur Quellung der Schutzmaterialien. Auch wenn es sich dabei in der Regel um reversible Degradationen handelt, können die betroffenen Chemikalienschutzhandschuhe nicht wiederverwendet werden, da sich der Gefahrstoff noch im Handschuhmaterial und im Handschuhinneren befindet.

In den Fällen, in denen eine Materialreinigung und somit eine Wiederverwendung bereits benutzten Chemikalienschutzhandschuhe möglich ist, kann dies zu erheblichen Kosteneinsparungen bei deren Bereitstellung führen. Es sollte allerdings jede Maßnahme in dieser Richtung objektiv in Tests und in den entsprechenden Laborversuchen überprüft und die Wirksamkeit der Maßnahme dokumentiert werden.

Leider ist die Beurteilung der geschilderten Zusammenhänge in der Regel dem Anwender selbst nicht möglich. Das bedeutet jedoch nicht, dass ein wirksamer und kostengünstiger Schutz der Benutzer von Chemikalienschutzhandschuhe beim Umgang mit Gefahrstoffen nicht realisierbar wäre.

Quellung und Durchdringung sind Prozesse, die parallel oder auch zeitlich versetzt ablaufen können. Welcher jedoch der geschwindigkeitsbestimmende Schritt ist, muss im Einzelfall ermittelt werden. Eine hohe Quellung bedingt nicht zwangsläufig eine hohe Diffusionsrate (Durchdringung), ebenso wie eine geringe Quellung nicht lange Durchbruchszeiten mit einschließt. Ein Molekül kann beispielsweise in großen Mengen an der Oberfläche absorbiert werden, aufgrund seiner Größe aber weitgehend an der Diffusion gehindert sein, wohingegen ein kleines Molekül nur eine geringe Quellung bewirkt, jedoch rasch durch das Elastomer hindurch dringt.

Besonders kritisch wird es, wenn - wie leider häufig - Chemikaliengemische vorliegen. In diesem Falle gilt nicht der Satz, dass eine Kette so stark ist wie das schwächste ihrer Glieder. Vielmehr können in einem solchen Fall Synergismen wirken, mit der Folge, dass alle beteiligten Chemikalien den Schutzhandschuh um ein Vielfaches schneller zu durchdringen vermögen als jede einzelne in reinem Zustand. In diesem Zusammenhang ist es nicht nur wichtig zu wissen, aus welchen Chemikalien das Gemisch besteht. sondern auch in welchem Verhältnis diese enthalten sind.

Verständlich wird so auch die Rolle der Weichmacher in Permeationsprozess: Die Diffusion durch den Weichmacher ist häufig gegenüber derjenigen im reinen Polymer erheblich begünstigt.

Abb. 19: Irreversible Materialdefekte aufgrund von Degradation

8.1.4. Meßmethoden

Kenntnisse zur Degradation sind wichtig in der Beurteilung, wann, wo und wie lange ein Handschuh eingesetzt werden kann.

Eine Prüfnorm gibt es bisher nicht, wird jedoch zurzeit als DIN EN 374-4 erarbeitet. Bisher gibt die DIN EN 374-3 lediglich vor, den Handschuh nach der Penetrationsmessung unmittelbar nach dem Öffnen der Prüfzelle auf physikalische Änderungen zu untersuchen und diese gegebenenfalls aufzuzeichnen.

Die Hersteller treffen durchaus Aussagen zur Degradation. Meistens wird die Messung der Materialquellung oder eben die Prüfung der Durchstichfestigkeit für Degradationsangaben herangezogen. Die Prüfverfahren und auch die Interpretation der Prüfergebnisse sind jedoch unterschiedlich, so dass bisher kein Leistungsvergleich erfolgen kann.

Die Bestimmung der Degradation ist aufwändig und sollte kein Muss, sondern eine Option sein, insbesondere

- für teure Schutzhandschuhe und/oder
- wenn Handschuhe am gleichen Tag mehrfach oder
- wenn Handschuhe an mehreren Tagen weiter Anwendung finden sollen und/oder
- die Kontaktzeiten nahe an die Permeationszeiten her anreichen, die Durchbruchzeit also ausgereizt wird.

Wenn vergleichbare Angaben zur Degradation vorliegen, könnte die theoretisch ermittelte Schutzleistung in besseren Empfehlungen zu Tragezeiten überführt werden.

Nachfolgend bisher gängiger Messprinzipien zur Degradationsbestimmung:

Materialzerstörung

In der Regel ist eine attributive Prüfung ausreichend. Verbleibt eine gewisse Unsicherheit, so misst man die Änderung der physikalisch-mechanischen Eigenschaften wie Härte, Festigkeit, Dehnung und Modul nach Chemikalien-Einwirkung. Ein Abfall von mehr als 50 Prozent gegenüber den ursprünglichen Eigenschaften ist nicht mehr akzeptierbar.

Quellung

Die Quellung kann sowohl als Volumen als auch als Gewichtsänderung angegeben werden, wobei die Angabe der prozentualen Volumenänderung unter Gebrauchsaspekten am aussagekräftigsten ist. Werkstoffe mit Quellungen oberhalb 15 Vol. % werden als unbeständig, unterhalb vier Vol. % als beständig klassifiziert.

Durchdringung (Permeation)

Den Versuchsaufbau zur Messung der Permeation verdeutlichen die Abbildungen 18 und 19.
Es sollte darauf geachtet werden, dass die Durchbruchszeiten möglichst weit oberhalb der tatsächlichen Einsatzzeiten liegen, um eine maximale Sicherheit garantieren zu können.

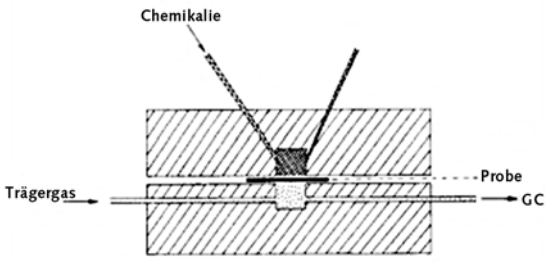

Abb. 20: Schematische Darstellung der Ermittlung der Durchbruchzeit von organischen Lösungsmitteln durch Handschuhmaterialien

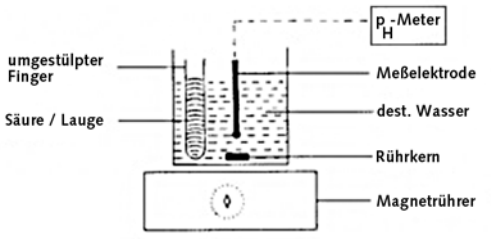

Abb. 21: Schematische Darstellung der Ermittlung der Durchbruchzeit von Säuren und Laugen durch Handschuhmaterialien

9. Schutzhandschuhauswahl

Bevor die eigentliche Handschuhauswahl vorgenommen wird, sollte zunächst ein Anforderungsprofil erstellt werden. Neben Anforderungen wie Handschuhgröße und -länge, Rutschfestigkeit, Tastempfinden, Oberflächenstruktur und Schweißaufnahme ist vor allem eine vollständige Dokumentation des Chemikalienkontaktes wichtig.
Festgehalten werden muss:

- Art der Chemikalien, bei Gemischen qualitative und quantitative Zusammensetzung.
- Aggregatzustand
- Temperatur
- Art des Kontaktes
- Dauer des Kontaktes

Eine kurze Checkliste zur Auswahl von Schutzhandschuhen finden Sie in der Anlage dieses Heftes.
Die Identifikation der betreffenden Chemikalien sollte unbedingt anhand von technischen- und Sicherheitsdatenblättern erfolgen, da sich überliefertes Wissen schon oft als fehlerhaft erwiesen hat. Dies gilt insbesondere für Chemikaliengemische.

Im nächsten Schritt wird eine Beständigkeitstabelle herangezogen. Sie stellt die unterschiedlichen Werkstoffe für Chemikalienschutzhandschuhe und diverse Chemikalien gegenüber. Eine seriöse Beständigkeitsliste enthält in der Legende eine genaue Beschreibung der Messmethodik sowie die Kriterien der Werkstoff-Beurteilung. Sie sollte sowohl Angaben über die Quellbeständigkeit (ein gequollener Handschuh ist unbrauchbar) als auch die Durchdringungszeiten machen, wobei letzteres das entscheidende Kriterium ist.

Wichtig ist, daß sich die Angaben auf konkrete Produkte beziehen und nicht, der besseren Vergleichbarkeit wegen, auf eine theoretische Schichtstärke normiert sind. Derartige Angaben sind in der Regel nicht übertragbar. Da der tatsächliche Handschuh weitaus komplexer aufgebaut ist (Mehrschichtaufbau. Beflockung, Trikot, etc.).

Die Angaben in den Beständigkeitstabellen beziehen sich sofern nicht anders angegeben – ausschließlich auf Messungen hei Raumtemperatur im Anlieferungszustand. Weichen die Einsatztemperaturen deutlich von der Raumtemperatur ab. bzw. wird der Handschuh zwischen einzelnen Einsätzen nicht gereinigt, sollte man Rücksprache mit dem Hersteller halten.

10. Die harmonisierten Normen

Die harmonisierten Normen sind so aufgebaut, dass es eine Norm für „Allgemeine Anforderungen“ (DIN EN 420) gibt, die außer für Handschuhe gegen „minimale Gefahren“ nicht für sich allein gilt, sondern nur in Verbindung mit einer weiteren, schutzspezifischen Norm. Die physikalisch/mechanischen Prüfungen der DIN EN 374 werden aus der DIN EN 388 übernommen.

Die Anwendungsbereiche werden durch Piktogramme gekennzeichnet, denen die einzelnen Schutzklassen in der Reihenfolge ihrer Prüfungen gemäß der zutreffenden Norm zugeordnet werden.

Das bedeutet für die Praxis, dass nicht mehr gegen einen Grenzwert geprüft wird, es wird also nicht mehr den Fall geben, dass ein Produkt eine Norm erfüllt bzw. nicht erfüllt, sondern die erzielten Ergebnisse werden klassifiziert, wobei Klasse bzw. Level 0 „gering“ und z.B. Level 5 „gut“ bedeutet.

Weitere Informationen zu den Normen erhalten Sie im BVH Info-Heft 3 „Europäische Standards für Chemikalienschutzhandschuhe“. Die im Bereich Schutzhandschuhe wichtigen Normen sind im Anhang aufgeführt.

11. Einige kurze Hinweise zum Schluss ...

Jeder nach DIN EN 374 auf Dichtigkeit geprüfte und als solcher bestätigte Handschuh hat lediglich eine **zeitlich begrenzte Barrierewirkung** gegenüber Chemikalien. Ob er der Barriereforderung an einen Arbeitsplatz genügt, entscheidet die Kontaktzeit / der ermittelte Schutzbedarf.
Elastomere Handschuhe mit Wandstarken unter 0,25 mm wurden für den Kurzzeitkontakt konzipiert. Nach Benetzung mit Chemikalien sind diese schnell zu wechseln. Fragen Sie Ihren Lieferanten!

Zum Thema „Einmalhandschuhe“ ...
Wanddünne Handschuhe von 0,1 mm (sogenannte Einmalhandschuhe) sind keine Chemikalienschutzhandschuhe. Wenn überhaupt stellen sie eine nur zeitlich sehr begrenzte Barriere gegenüber organischen Chemikalien dar. Diese Produkte sollten bei Kontakt mit Chemikalien nach kürzester Zeit ausgewechselt werden.Einmalhandschuhe sind durchaus im Laborbereich und in vielen anderen Bereichen geeignet, jedoch von informiertem Personal zu verwenden, das sehr genau weiß, dass diese nach Chemikalienkontakt kurzfristig gewechselt werden müssen.
Die Zeit, bis die auf den Handschuh aufgetroffene Chemikalie das Material durchdringt und auf der Haut auftrifft, beträgt oft nur eine Minute. Darum unsere Empfehlung:

Einmalhandschuhe sind nur im **möglichen** Kontakt mit Chemikalien einzusetzen und auch nur dann, wenn die Chance besteht, diese nach Chemikalienkontakt rasch zu wechseln.

Die Nennung von Level nach EN 374 (Durchbruchzeit) für Gefahrstoffe ist für Einmalhandschuhe nicht vorgesehen, da sie für den dauerhaften Kontakt mit Chemikalien **nicht** konzipiert und gefertigt wurden. Hier gibt es andere Chemikalienhandschuhe, die auch mittel- und langfristig einen geeigneten Schutz bieten.

Entscheiden Sie nie über den Einsatz eines Schutzhandschuhs, ohne

- **die Risiken ermittelt zu haben**
- **die Gefahrstoffe erfasst und deren Substitution geprüft zu haben**
- **die Leistungsdaten und die Benutzerinformation des ausgewählten Schutzhandschuhs schriftlich vorliegen zu haben**
- **dass die kritische Bewertung des Praxistests die Auswahl bestätigt**
- **dass dem Anwender der Handschuh-Plan vermittelt wurde**
- **dass sichergestellt wurde, dass auch mit dem geeigneten Schutzhandschuh sich der Gefahr bewusst gearbeitet wird**
- **dass geprüft wurde, dass bei Veränderung der Arbeitsbedingungen und/oder bei Einsatz neuer Gefahrstoffe die Handschuheignung immer noch passt**

Bundesverband Handschutz e.V.
Skagerrakstraße 72
D-46149 Oberhausen
Tel.: 02 08/62 50 182
Fax: 02 08/62 50 181
E-Mail: geschaeftsstelle@bvh.de
Internet: www.bvh.de

Bundesverband Handschutz e.V.

Ihr Partner in allen Fragen
zum Hand- und Hautschutz

BVH Info-Reihe

1 Wir über uns
2 Der Gesetzgeber fordert...
3 Europäische Standards für Chemikalienschutzhandschuhe
4 Chemikalienschutzhandschuhe
5 Durch die Gefährdungsermittlung zum optimalen Handschutz
6 Hitze, Schweißen, Feuer
7 Schnittschutz
8 Leder, ein vielseitiges Produkt
9 Hautschutz und Hautpflege
10 Hautreinigung
11 Hygienische Händedesinfektion
12 UV-Schutz
13 Einmalhandschuhe

Geschäftsstelle:

Skagerrakstraße 72
D-46149 Oberhausen
Tel. 02 08 / 62 50 182
Fax 02 08 / 62 50 181
E-Mail: geschaeftsstelle@bvh.de
Internet: www.bvh.de