



Kühlschmierstoffe und Hautschutz

Innovative Modelle zur Bewertung der Wirksamkeit
in der Entwicklung und Praxis

Kontakt:



A Brand like a friend



Wir kümmern uns um Ihre Haut.

Henkel Oberflächentechnik GmbH
Vertriebsservice
40191 Düsseldorf

Tel.: 0049-211 - 797 -3000
Fax: 0049-211 - 798 -2376
E-mail: surface.technologies@henkel.com
Internet: www.henkel-technologies.com

Herwe - chem.-techn. Erzeugnisse GmbH
Kleines Feldlein 16-20
74889 Sinsheim - Dühren

Tel.: 0049-7261 - 92 81 -0
Fax: 0049-7261 - 92 81 -20
E-mail: info@herwe.de
Internet: www.herwe.de

Kooperationspartner:



Technologies



HAUTSCHUTZ
HAUTREINIGUNG
HAUTPFLEGE



Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG	4
2.	DIE HAUT	6
2.1	Allgemeines	6
2.2	Epidermis	6
2.3	Basalmembran	7
2.4	Dermis (papillär, retikulär)	7
2.5	Hypodermis	7
2.6	Hautanhangsorgane	7
2.7	Schutzfunktion	8
3.	ALLGEMEINE ASPEKTE DES HAUTSCHUTZES	10
3.1	Definition und Bedeutung von beruflichen Hauterkrankungen	10
3.2	Arten beruflicher Hauterkrankungen	12
3.3	Vermeidung beruflicher Hauterkrankungen	14
3.4	Komponenten des persönlichen Hautschutzes	15
3.5	Wirkungsweise von Hautschutz- und Hautpflegemitteln	16
3.6	Wirksamkeitsnachweise für Hautschutz- und Hautpflegemittel	19
4.	HAUTGEFÄHRDUNGEN IN DER METALLBEARBEITUNG	21
4.1	Prozessablauf in der Metallbearbeitung	21
4.2	Arten von Kühlschmierstoffen (KSS)	22
4.3	Zusammensetzung von KSS und mögliche Gefährdung durch Inhaltsstoffe	22
4.4	Gefährdung durch äußere Veränderungen von KSS	24
4.5	Rechtliche Regelungen für Kühlschmierstoffe	26
5.	MASSNAHMEN ZUR VERMEIDUNG VON GESUNDHEITSGEFÄHRDUNGEN IN METALLBETRIEBEN	28
5.1	Optimierung der Prozesschemikalien	28
5.2	Optimierung der Arbeitsumgebung und der Arbeitsweise	29
5.3	Präparativer Hautschutz und Hautschutzplan	31
6.	UNTERSUCHUNGEN ZUR HAUTVERTRÄGLICHKEIT VON KÜHLSCHMIERSTOFFEN UND ZUR WIRKSAMKEIT VON HAUTSCHUTZMITTELN	33
6.1	BUS-Modell	33
6.2	Untersuchungen zur Hautverträglichkeit von Kühlschmierstoffen	36
6.3	Untersuchungen zur Wirksamkeit von Hautschutzmitteln	38
7.	ZUSAMMENFASSUNG	42
8.	ANHANG	43
8.1	Abkürzungen	43
8.2	Literatur	43
8.3	Abbildungsverzeichnis	45
8.4	Danksagung	45

1. Einleitung

In metallverarbeitenden Betrieben kann es durch wiederholten Kontakt mit Prozesschemikalien, u.a. durch Kühlschmierstoffe, zu berufsbedingten Erkrankungen der Haut kommen. Zu ihrer Vorbeugung und Vermeidung wurden in den vergangenen Jahren unterschiedliche Strategien sowohl in den Betrieben als auch bei den Herstellern von Prozesschemikalien und Hautschutzprodukten verfolgt. Wegen der besonderen Bedeutung für die Arbeitsplätze im Metallbereich haben die zuständigen Berufsgenossenschaften zahlreiche innerbetriebliche und übergreifende Initiativen gestartet.

So sind die Arbeitsplätze heutzutage oft so beschaffen, dass ein Kontakt mit Prozesschemikalien möglichst reduziert oder vermieden wird. Die spanende Metallbearbeitung wird zum Beispiel vielfach innerhalb hoch automatisierter Bearbeitungszentren durchgeführt, bei denen ein Dauerkontakt mit Bearbeitungsmedien nicht mehr gegeben ist.

In den letzten Jahren wurden verschiedene Anstrengungen unternommen, auch die Hautverträglichkeit der Prozesschemikalien weiter zu verbessern. Beispielsweise wurden bei den neuesten Entwicklungen von wassermischbaren Kühlschmierstoffen hautproblematische Inhaltsstoffe reduziert oder eliminiert, woraus Produkte mit nachweislich verbesserter Verträglichkeit resultierten.

Treten unter betrieblichen Bedingungen Hautveränderungen an Händen, Unterarmen oder im Gesichtsbereich von Beschäftigten auf, wird oft fälschlicherweise pauschal von einer „Allergie“ gesprochen. Tatsächlich können sehr unterschiedliche Mechanismen zum klinischen Bild der berufsbedingten Hauterkrankung führen:

- kurzfristig, wenn Gefahrstoffe, kontaminierte Prozesschemikalien oder Fehlanwendung akute, klinisch auffällige Hautreaktionen verursachen
- mittel- bis langfristig, wenn eine Dauerbelastung der Haut mit in der Einzelanwendung kaum irritativen Medien besteht, was in der Folge zu chronischen Hauterscheinungen (Abnutzungsdermatose) führen kann
- immunologische Reaktionen können bei persönlicher Überempfindlichkeit gegenüber bestimmten Stoffen (Allergenen / Sensibilisatoren) allergische Kontaktekzeme hervorrufen. Das Auftreten ist individuell geprägt und zeitlich nicht vorhersehbar. In vielen Fällen gehen allerdings chronische Hautschäden voraus, die über eine Schwächung der Barrierefunktion eine kritische Zunahme der Hautpenetration von Allergenen nach sich ziehen.

Zur Vorbeugung und Vermeidung berufsbedingter Hauterkrankungen hat sich neben der Aufklärung über hautbelastende Tätigkeiten der allgemeine Gebrauch von Hautschutzmitteln bewährt. Dies beweist die deutlich verbesserte Situation in Betrieben mit etabliertem Hautschutzkonzept, das neben gezieltem Hautschutz die Reinigung und Pflege der betroffenen Hautbereiche umfasst.

Neben diesen empirischen Erkenntnissen gibt es in neuerer Zeit verschiedene Ansätze, die Wirksamkeit von Hautschutzprodukten wissenschaftlich zu verifizieren und zu quantifizieren.

Einleitung

Zum einem sind es moderne hautphysiologische Methoden oder instrumentell-experimentelle Studien an freiwilligen Probanden, die auch zum Nachweis der Wirksamkeit von Kosmetika herangezogen werden. Zum anderen wurde in neuerer Zeit die Technologie der in-vitro-Methodik weiterentwickelt und für eine breite Anwendung einsatzfähig gemacht. Ein aktuelles Beispiel ist das BUS-Modell (isoliert perfundiertes Rindereuter, **B**ovine **U**dder **S**kin, Kietzmann et al. 1993), das sowohl zur Untersuchung der Hautverträglichkeit von Bau- und Prozesschemikalien, Kosmetika und kosmetischen Inhaltsstoffen, als auch zum Nachweis der Wirksamkeit von Hautschutzmitteln Verwendung findet.

Ziel der vorliegenden Schrift ist, in diesem komplexen Themenfeld kurzgefasste Informationen zu wichtigen Fragen des Hautschutzes sowie zu Entwicklung und Einsatz von modernen Kühlschmierstoffen zu bieten.

Die Broschüre gibt zunächst eine Einführung zu folgenden Themen:

- Aufbau und Schutzfunktion der Haut
- allgemeine Aspekte des Hautschutzes
- Hautgefährdungen bei der Metallbearbeitung
- Optimierung von Prozesschemikalien und Maßnahmen zum Hautschutz in den Betrieben.

Nachfolgend werden eigene Untersuchungsergebnisse vorgestellt. Diese betreffen:

- die Optimierung der Hautverträglichkeit von Kühlschmierstoffen bei der Entwicklung
- die Testung der Hautverträglichkeit von Kühlschmierstoffen unter Gebrauchsbedingungen
- die Effektivität von Hautschutzprodukten gegenüber realen, aus der Praxis entnommenen Bearbeitungsmedien.

2. Die Haut

2.1 ALLGEMEINES

Der menschliche Organismus besitzt mit der Haut ein Organ, das die Innenwelt effektiv gegen die Außenwelt abschließt und vornehmlich als Schutzorgan aufgebaut ist. Daher weist die Haut einen eigenständigen Stoffwechsel auf und hat der jeweiligen Funktion entsprechend ein sehr unterschiedliches Aussehen. Die menschliche Hautoberfläche beträgt, je nach Größe und Körperbau, 1 bis 2 m² und nimmt etwa 7% des Gesamtkörpergewichts ein. Die Haut ist damit das größte Organ des Menschen. Sie ist darüber hinaus in vielfältiger Weise eng und sichtbar mit der Psyche verbunden.

Im Einzelnen setzt sich die Haut aus vier Strukturkompartimenten (vgl. Abbildungen 1 und 2) zusammen, deren Funktion einen hohen Grad an Integrität erfordert:

- die äußere epidermale Schicht mit den Keratinozyten als vorherrschendem Zelltyp und den Hornzellen, die die Oberfläche bilden (siehe 2.2)
- die Basalmembran (siehe 2.3)
- die dermale Schicht (siehe 2.4)
- die hypodermale Schicht (siehe 2.5).

Die dermalen und hypodermalen Abschnitte repräsentieren mehr als 90% des gesamten Hautvolumens.

2.2 EPIDERMIS

Die Zellen der Basalschicht (Stratum basale) sitzen mit Ausstülpungen der Basalmembran auf und produzieren durch Teilung Tochterzellen. Diese Keratinozyten differenzieren sich in einer Zeitspanne von drei bis vier Wochen auf dem weiteren Weg zur Hautoberfläche.

Im darüber liegenden Abschnitt, der Stachelzellschicht (Stratum spinosum), sind die Zellen sehr eng durch Desmosomen (stachelartige Fortsätze) miteinander verbunden, um die Epidermis zu stabilisieren. Die Schichtdicke ist variabel. In der dünnen Haut des Augenlids sind es drei bis vier Lagen, in der Haut der Handinnenseite (Greiffläche) oder Fußsohle steigt die Zahl der Zellschichten auf 10 bis 20 an.

In der Granularzellschicht (Stratum granulosum), der letzten Zellschicht unter den verhornten Zellen, finden sich bereits Vorstufen von Keratin in großen und auffälligen Granula sowie von Hornschichtlipiden als spätere Kittsubstanz. Wie bei den Stachelzellen hängt auch hier die Zahl der Zellschichten von der Körperregion ab. Im Augenlidbereich sind es nur ein bis zwei Zellschichten, in der Haut der Handinnenfläche bis zu fünf.

In der Hornschicht (Stratum corneum) sind die typischen zellulären Strukturen wie z.B. der Zellkern nicht mehr erkennbar; die Zellen sind komplett keratinisiert, d.h. verhornt. Im unteren und mittleren Abschnitt der Hornschicht sind die Zellen sehr fest und eng durch Kittsubstanzen und besondere Haftstrukturen miteinander verbunden. Diese Bindung wird in Richtung der äußeren Hornzellschichten zunehmend lockerer. Auf der Oberfläche lösen sich ständig einzelne Zellen oder Zellverbände in Form von Schuppen. Ausbildung und Dicke der Hornschicht hängen von der mechanischen Belastung des betreffenden Hautbereichs ab.

die Haut

Zusätzlich liegen in der Epidermis zwischen den Keratinozyten weitere Zellen mit besonderen Funktionen. Die wichtigsten sind die Melanozyten und die Langerhansschen Zellen. Beide Zelltypen besitzen lange Zellausläufer und Fortsätze, um bestimmte epidermale Bereiche zu durchdringen. Die Melanozyten stellen das Pigment Melanin für die Aufnahme in die Keratinozyten bereit. Die dendritischen Langerhanszellen, die etwa 8% aller Epidermiszellen ausmachen, gehören zum Immunsystem. Sie sind der immunologische Außenposten des Organismus, der über die Lymphwege in enger Verbindung mit den Lymphknoten und anderen immunrelevanten Organen steht.

2.3 BASALMEMBRAN

Zwischen Epidermis und Dermis ist die Basalmembran eingebettet. Durch stempelartige Ausläufer der basalen Zellen ist sie mit der Epidermis und durch ankerartige Kollagenstrukturen mit der Dermis verbunden. Die Wechselwirkung zwischen beiden Hautkompartimenten wird durch diese enge Verbindung reguliert. Durchbrochen wird die Basalmembran durch Verästelungen der Hautnerven.

Wo die Epidermis sehr fest mit der Unterhaut verbunden sein muss, wie z.B. in der Handinnenfläche, nimmt der Grad der Faltung der Basalmembran entsprechend der mechanischen Belastung zu.

2.4 DERMIS (PAPILLÄR, RETIKULÄR)

Unmittelbar unter der Basalmembran liegt die lockere Struktur der papillären Dermis mit weiteren Nervenendigungen, den Lymphgefäßen und den Kapillaren des dicht organisierten Blutgefäßsystems, das der Versorgung der gefäßfreien Epidermis dient. In tieferen Hautschichten wird der wesentliche Teil der Dermis von retikulären Strukturen mit dicken Kollagenbündeln, elastischen Fasern und einem relativ niedrigen Grad der Gefäßorganisation gestellt. Der Grad der Hautfestigkeit ist von der Dicke des Bindegewebes der retikulären Dermis abhängig.

2.5 HYPODERMIS

Die Hypodermis liegt als innerste Hautschicht unter den Haarpapillen und besteht aus Binde- und Fettgewebe. Sie ist ein wesentlicher Bestandteil des Wärmeregulationssystems.

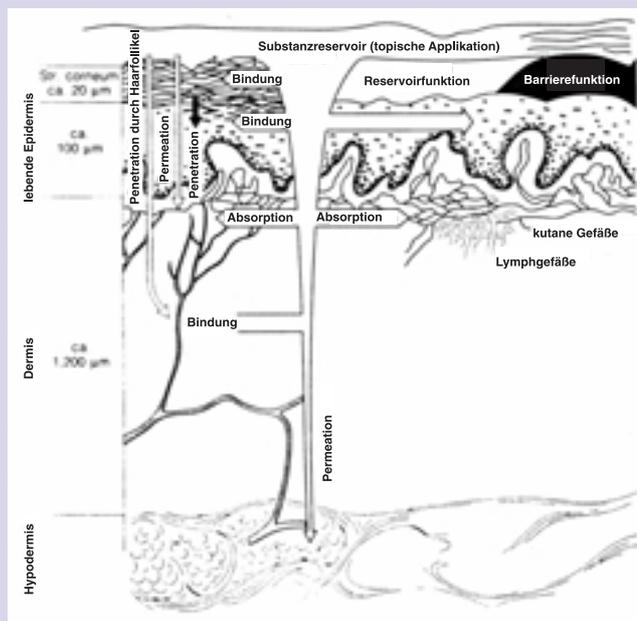
2.6 HAUTANHANGSORGANE

Zu den Hautanhangsorganen zählen Haare, Talg- und Schweißdrüsen sowie Nägel. Sie sind nicht gleichmäßig über die ganze Haut verteilt, sondern sehr spezifisch je nach Körperregion angeordnet.

2.7 SCHUTZFUNKTION

Die Schutzfunktion der Haut wird fast ausschließlich vom Hydrolipidfilm und den keratinisierten Zellschichten der Epidermis gewährleistet.

Abbildung 1:
Schematische Darstellung der vier Hautkompartimente mit Dickenangaben (μm) und Penetrationswegen (Structure and dynamics of the skin barrier, in: Skin Barrier – Principles of Percutaneous Absorption; gedruckt mit freundlicher Genehmigung; Verlag S. Karger, Basel)



Mit der „Penetration“ verlassen topisch applizierte Substanzen die Hornschicht in Richtung innere Epidermis. Der Begriff „Permeation“ wird verwendet, wenn die Substanz die Trennungslinie (Basalmembran) zwischen Epidermis und Dermis überwindet und die „Absorption“ mit der Aufnahme in den systemischen Kreislauf möglich wird. Dargestellt sind auch die möglichen Bindungs- und Absorptionsbereiche in Epidermis und Dermis mit der Möglichkeit der Fremdstoffmetabolisierung.

Einen Sonderfall stellt die Penetration in und über die Haarfollikel dar. Den Haarfollikeln wurde früher eine untergeordnete Rolle zugesprochen, da der Anteil der Haarfollikelöffnungen nur bei 0,1% der Hautoberfläche liegt. Es wird heute jedoch diskutiert, ob der follikuläre Penetrationsweg unmittelbar nach Kontakt eine größere Rolle spielt als der interfollikuläre Weg. Bezogen auf den Themenkomplex „Prozesschemikalien und Hautschutz“ kann den äußeren Follikelbereichen eine Reservoirfunktion zugeordnet werden.

Das Eindringen in die lebensfähige Epidermis und Dermis bzw. Hypodermis vollzieht sich abhängig von der Reservoir- bzw. Barrierefunktion in der Hornschicht (Stratum corneum). Das Hornschichtreservoir beinhaltet die Menge an Substanzen, die für eine weitere Penetration oder Permeation verfügbar ist. Es baut sich somit – abhängig von der Formulierung, Dauer und Intensität der Einwirkung – eine neue Hornschicht-Substanzphase auf. Ohne scharfe Grenze ist sie anatomisch der Barriere vorgeschaltet.

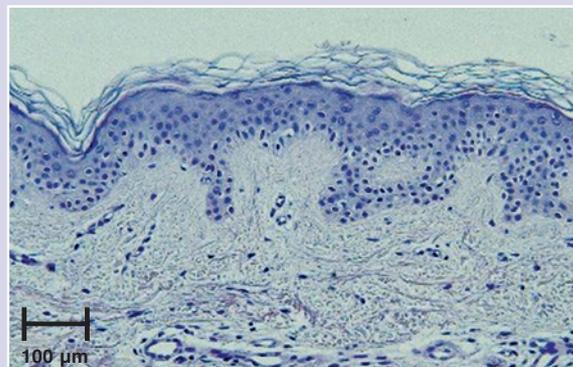
die Haut

Der Hydrolipidfilm (weniger als 1 μm dick, auch als Säureschutzmantel bezeichnet) wird vom Sekret der Talg- und Schweißdrüsen und den Hornschichtlipiden (Kittsubstanz) gebildet. Je nach Schweißmenge entsteht eine Emulsion vom Typ Wasser in Öl (W/O) oder Öl in Wasser (O/W). Der Hydrolipidfilm weist ein gewisses antimikrobielles Potential und Puffereigenschaften gegen alkalische und saure Substanzen auf. Sein pH-Wert liegt zwischen 4,2 und 5,6; er bildet damit die Basis der schwach sauren Reaktion der Hautoberfläche.

Der Hydrolipidfilm liegt direkt der Hornschicht auf. Diese ist etwa 10-20 μm dick und besteht aus dicht gepackten Lagen (10-20) von Hornzellen. Die Hornschicht schützt graduell vor penetrierenden Stoffen und mechanischen Einflüssen, je nach Ausbildung der Reservoir- und Barrierefunktion. Gleichzeitig verhindert sie den Wasser- und Elektrolytverlust des Organismus, indem der Wassergehalt der Zellen innerhalb weniger Mikrometer von etwa 85% auf 15% reduziert wird. Hinsichtlich des pH-Wertes wirkt die Hornschicht ebenfalls abgrenzend, da in der Granularzellschicht ein pH-Wert von 7,4, an der Hautoberfläche aber ein leicht saures Milieu (pH-Wert ca. 5,4) vorherrscht.

Die Hornschicht stellt in ihrer Gesamtheit jedoch keine absolute Barriere dar; sie erlaubt bereits unter physiologischen Bedingungen die regulierte Wasserabgabe nach außen und die Permeation von topisch applizierten Stoffen nach innen. Dabei verfolgen lipophile Stoffe den interzellulären Penetrationsweg (zwischen den Hornzellen) und hydrophile Stoffe den transzellulären Weg (durch die keratinisierten Hornzellen hindurch). Weitere Penetrationswege ergeben sich aus Öffnungen, die durch die Hautanhangsorgane, wie Haare, Talg- und Schweißdrüsen, gebildet werden.

Abbildung 2:
Menschliche Haut (Rücken, weibl.),
interfollikulärer Abschnitt
(Entnahme Dr. P. Foss, 66687 Wadern;
Entnahmetechnik: Histoshaver;
Objektivvergrößerung 20x;
gedruckt mit freundlicher Genehmigung
durch Dr. P. Foss).



Die Hornschicht, in der die Reservoir- und Barrierefunktion lokalisiert ist, liegt hier - präparationsbedingt - als lockerer Verbund flacher, kernfreier Zellen vor. Daher erscheint die Differenzierung zwischen der tiefer gelegenen „festen“ Hornschicht (Stratum compactum) und dem oberflächlich gelegenen Anteil (Stratum disjunctum) wenig ausgeprägt.

Bezeichnend für die Bedeutung einer intakten Hornschicht ist der Vergleich der relativen Dicke von Hornschicht (10-20 μm), Epidermis (100-150 μm) und Dermis (1000-1200 μm). Deutlich ist die enge Beziehung zwischen Epidermis und Dermis zu erkennen, wobei Bindegewebe und Gefäße (Blut- und Lymphgefäße) z.T. näher an der Hautoberfläche als die entsprechenden epidermalen Bereiche liegen und damit äußeren Einflüssen leichter zugänglich sind. Die Grenz- und Kontaktfläche zwischen Epidermis und Dermis (Basalmembran) ist demnach - altersabhängig - größer als die eigentliche, äußere Hautoberfläche.

3. Allgemeine Aspekte des Hautschutzes

3.1 DEFINITION UND BEDEUTUNG VON BERUFLICHEN HAUTERKRANKUNGEN

In der Anlage 1 zur Berufskrankheiten-Verordnung (BKV) sind berufliche Hauterkrankungen (BK-Ziffer 5101) wie folgt definiert:

BK 5101: Schwere oder wiederholt rückfällige Hauterkrankungen, die zur Unterlassung aller Tätigkeiten gezwungen haben, die für die Entstehung, die Verschlimmerung oder das Wiederaufleben der Krankheit ursächlich waren oder sein können.

In dieser Definition sind die wesentlichen Voraussetzungen, die zur Anerkennung der Berufskrankheit (BK) führen, bereits enthalten.

Erkrankungen gemäß BK 5101 nehmen innerhalb der Berufskrankheiten seit vielen Jahren einen Spitzenplatz ein. So wurden in den Jahren 1994-1998 insgesamt 392.490 BK-Meldungen bearbeitet, von denen 136.527 im Verdacht bestätigt wurden. Unter den bestätigten Fällen waren 40.424 Hauterkrankungen, was einem Anteil von 29,6% entspricht (vgl. Tabelle 1).

Tabelle 1:
Abschließend entschiedene BK-Fälle im Zeitraum 1994-98 (BK-Verdacht bestätigt)
Anteil der Hauterkrankungen am BK-Gesamtaufkommen und bei zwei Berufsgruppen der Metallbranche

	alle gewerblichen Berufsgruppen	Dreher (Berufsgruppe 221)	Metallschleifer (Berufsgruppe 225)
alle Berufserkrankungen	136.527	1.624	956
Hauterkrankungen (BK 5101)	40.424	824	413
prozentualer Anteil	29,6%	50,7%	43,2%

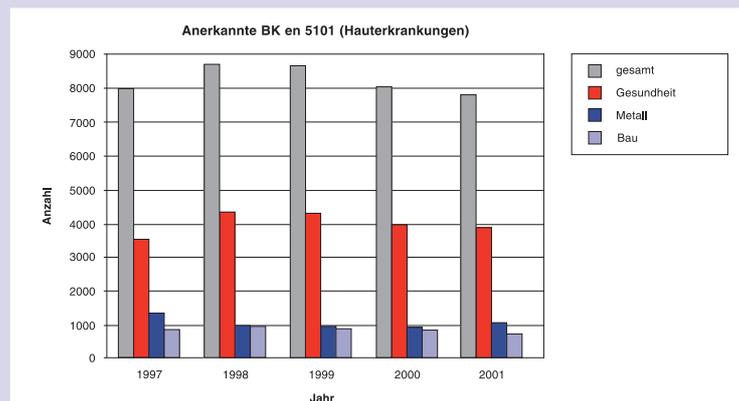
Quelle: BG-Statistiken

Innerhalb des Berufsabschnitts „Metallerzeuger/-bearbeiter“, dem insgesamt 24 Berufsgruppen angehören, zählen die „Dreher“ und „Metallschleifer“ zu den zahlenmäßig bedeutendsten. Bei diesen beiden Berufsgruppen war der Anteil der Hauterkrankungen am Gesamtaufkommen noch höher als im Durchschnitt aller gewerblichen Berufsgruppen; sie machen zwischen 40 und 50% aller berufsbedingten Erkrankungen aus. Allerdings ist hier die absolute Zahl an Hauterkrankungen relativ gering.

Die Daten der letzten Jahre zeigen, dass - auch durch Veränderungen am Arbeitsmarkt bedingt - die Schwerpunkte der Häufigkeit von Hauterkrankungen heute schon im Dienstleistungssektor liegen: Etwa 50% der anerkannten Berufserkrankungen nach BK 5101 fallen im Gesundheitsdienst an (siehe Abbildung 3), während die Metallbranche an zweiter Stelle mit deutlich geringeren Anteilen von 11-17% am Gesamtaufkommen rangiert. Vergleichbare Fallzahlen sind auch im Baugewerbe zu beobachten.

Hautschutz

Abbildung 3:
Anerkannte berufliche Hauterkrankungen (BK 5101) in der gewerblichen Wirtschaft in den Jahren 1997-2001

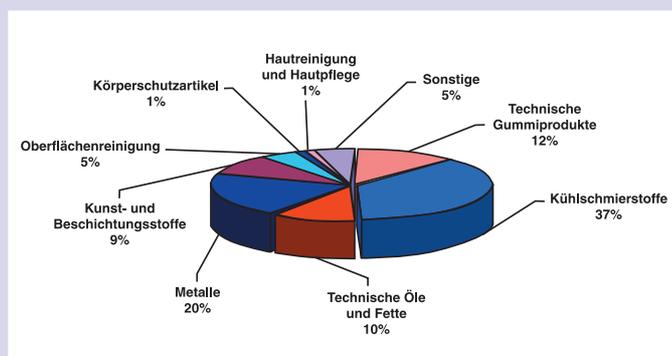


Quelle: BG-Statistiken, HVBG Referat ZIGUV, Sankt Augustin, Okt. 02

Unabhängig von der Verlagerung der Schwerpunkte sind berufliche Hauterkrankungen nach wie vor ein in wirtschaftlicher und sozialer Hinsicht belastender Faktor im gesamten Arbeitsbereich. Neben den für die Allgemeinheit entstehenden Kosten (rund 150 bis 160 Millionen Euro jährlich für Renten, Rehabilitationsmaßnahmen und Umschulungen) steht das Einzelschicksal der Betroffenen. Mögliche Folgen einer Hauterkrankung können der Verlust der gewohnten Tätigkeit bzw. des Arbeitsplatzes oder sogar das endgültige Ausscheiden aus dem Arbeitsleben sein.

Betrachtet man die Ursachen für Hauterkrankungen in der Metallbranche (siehe Abbildung 4), so sieht man, dass neben Ölen und Fetten, technischen Gummiprodukten und Metallen vor allem Kühlschmierstoffe eine Rolle spielen. Nach einer Veröffentlichung der Arbeitsgemeinschaft der Metallberufsgenossenschaften stellen sie mit 37% der untersuchten Fälle die Hauptursache dar.

Abbildung 4:
Ursachen von Hauterkrankungen im Metallbereich



Quelle: Arbeitsgemeinschaft der Metallberufsgenossenschaften ZH 1/467 (1999)

3.2 ARTEN BERUFLICHER HAUTERKRANKUNGEN

Berufliche Hauterkrankungen treten in der Regel an den Händen und Unterarmen auf, aber auch andere Hautbereiche (z.B. Gesicht, untere Extremitäten) können betroffen sein.

3.2.1 Kumulativ-toxisches Ekzem

Die häufigste Form der beruflichen Hauterkrankung ist das kumulativ-toxische Ekzem (Synonyme: Abnutzungsekzem, toxisch-degeneratives Ekzem, chronisch-degeneratives Ekzem, kumulativ-subtoxisches Kontaktekzem). Ekzeme sind als entzündliche, nicht infektiöse Reaktionen der Epidermis und Dermis definiert. Die Bezeichnung „kumulativ-toxisch“ weist darauf hin, dass gleich- oder verschiedenartige subirritative Einflüsse kumulativ zusammenwirken, d.h. sich aufsummieren. Da chronische Ekzeme auch von den Expositionsbedingungen, individuellen Faktoren (Atopiker) und Tätigkeiten im Privatleben abhängen, treten sie im Betrieb oft nur als Einzelfälle auf. Dennoch stellen sie mit einem Anteil von schätzungsweise 40% die Mehrzahl der beruflichen Hauterkrankungen dar.

Voraussetzung für die Entstehung des kumulativ-toxischen Ekzems ist ein wiederholter, chronischer Hautkontakt mit Noxen in nicht akut toxischen Konzentrationen (daher auch die Bezeichnung „kumulativ-subtoxisches Kontaktekzem“). Bei nur vereinzelt Hautkontakten mit solchen Noxen kommt es nicht zur Auslösung einer Ekzemreaktion.

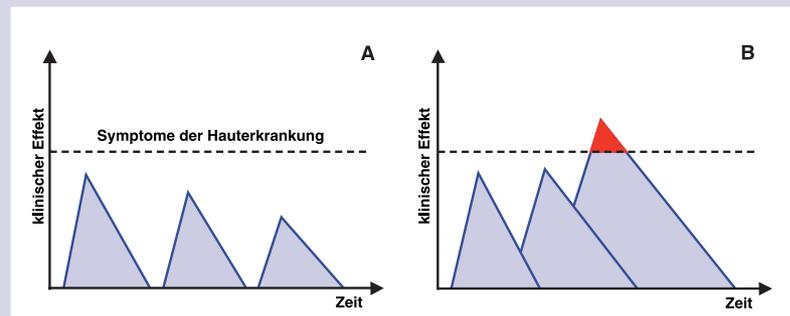
Eine typische Ursache für diese Ekzemform kann der anhaltende Umgang mit wässrigen Arbeitsstoffen sein. Dies sind z.B. Produkte und Zubereitungen wie Reinigungsmittel und -laugen, wassergemischte Kühlschmierstoffe, Handreiniger oder Desinfektionsmittel. Solche Stoffe können zu einer fortgesetzten Entfernung des oberflächlichen Hydrolipidfilms und einer vermehrten Quellung der Hornschicht mit nachfolgender mechanischer und chemischer Minderbelastbarkeit („Abnutzung“) führen. Weitere Folgen sind die Verminderung der Hautfeuchte („Austrocknung“) und das Auswaschen von Hornschichtlipiden („Entfettung“, vgl. 2.2). Besonders alkalische Arbeitsstoffe und Produkte können durch Veränderung des leicht sauren Hornschichtmilieus die Regeneration der betroffenen Hautareale beeinträchtigen.

Der Prozess der Ekzembildung kann Monate bis Jahre dauern. Hierbei kommt es zunächst zu subklinischen Hautveränderungen, die z.B. durch einen erhöhten transepidermalen Wasserverlust (TEWL) nachzuweisen sind. Danach kommt es zum Auftreten erster sichtbarer Veränderungen in Form einer trockenen, rissigen, wenig elastischen Hautoberfläche und in fließendem Übergang zu den typischen Symptomen des kumulativ-toxischen Ekzems (z.B. Juckreiz, Rötung, Schuppung).

Im Diagramm nach Malten (Abbildung 5) ist diese Entwicklung graphisch dargestellt. Im Beispiel A sind die einzelnen Schädigungen subtoxisch und liegen zeitlich weit genug auseinander, so dass eine vollständige Regeneration möglich ist. Die Haut erkrankt nicht und zeigt keine typische Symptomatik. Im Beispiel B fehlt die zeitliche Distanz der einzelnen Schädigungen und die Regeneration unterbleibt, wodurch sich zeitlich verzögert und in Abhängigkeit von individuellen Faktoren die volle Symptomatik ausbildet.

Hautschutz

Abbildung 5:
Diagramm nach Malten (W. Wigger - Alberti und P. Elsner, 2000)
gedruckt mit freundlicher Genehmigung; Springer-Verlag, Berlin und Blackwell Munksgaard, Kopenhagen



Subklinische Schädigungen der Hornschicht wie z.B. durch Quellung nach wiederholter Feuchtigkeitzufuhr, Keratidenaturierung durch toxische Inhaltsstoffe oder Austrocknung (erhöhter TEWL) verändern das Gleichgewicht der Barriere- und Reservoirfunktion und damit die Penetrations- und Absorptionseigenschaften erheblich. Unvollständige Regeneration führt dazu, dass Fremdstoffe – fettlösliche eher als wasserlösliche – leichter eindringen und die lebenden Zellen der Epidermis, die Basalmembran und die Unterhaut mit den Zellen des Bindegewebes und der Gefäße erreichen. Die dadurch ausgelösten zellulären, entzündlichen Reaktionen führen zu einer weiteren Reduktion der Barrierefunktion und bauen sich zum Vollbild des Ekzems auf.

3.2.2 Akut toxisches Ekzem

Seltener als das kumulativ-toxische Ekzem ist das akut toxische Ekzem, bei dem Noxen in toxischen Konzentrationen bereits nach einmaligem Kontakt eine unmittelbare Hautreaktion (z.B. Blasenbildung) verursachen. Hierzu sind beispielsweise Kontakte mit Säuren, Laugen, Oxidationsmitteln oder extrem entfettenden Medien zu zählen. Fehlanwendungen, aber auch kontaminierte oder anderweitig veränderte Prozesschemikalien können zu akuten Hautreaktionen führen. In diesem Fall ist oft eine größere Anzahl von Mitarbeitern betroffen, d.h. die Hautprobleme treten epidemieartig auf.

3.2.3 Allergisches Kontaktekzem

Eine gewisse Rolle spielt weiterhin das allergische Kontaktekzem, bei dem zunächst eine Sensibilisierung durch vorausgegangene Hautkontakte mit der Substanz oder einer strukturell ähnlichen Verbindung erfolgt. Grad und Häufigkeit einer Sensibilisierung hängen von der Immunogenität (allergenes Potential) und der Konzentration des Allergens, der Kontaktdauer und -frequenz sowie der individuellen Disposition ab. Es ist bekannt, dass die Wahrscheinlichkeit einer Sensibilisierung durch Schädigung der Hautbarriere – z.B. in Form eines kumulativ-toxischen Ekzems (oder Vorstufen davon) signifikant erhöht wird („2-Phasen-Ekzem“). Dabei wird das Eindringen von Allergenen in die lebenden Hautschichten soweit erleichtert, dass bereits Dosen,

geringer als durch Allergentests auf gesunder Haut bekannt, eine Sensibilisierung induzieren oder eine Reaktion auslösen können.

Eine nachgewiesene Sensibilisierung etwa gegen Biozide kann ihre Ursache auch in wiederholten Hautkontakten mit Produkten außerhalb der Berufstätigkeit haben. Das gleiche gilt für allergische Reaktionen gegen bestimmte Metalle, wie z.B. Cobalt, Chrom oder Nickel.

Im Unterschied zum kumulativ-toxischen und zum akut toxischen Ekzem ist beim allergischen Kontaktekzem nach Abheilung eine Belastbarkeit der Haut mit der auslösenden Substanz nicht gegeben. Bei jedem erneuten Kontakt wird die allergische Reaktion wieder ausgelöst.

3.3 VERMEIDUNG BERUFLICHER HAUTERKRANKUNGEN

Zur Vermeidung von Hauterkrankungen können im Prinzip folgende Wege eingeschlagen werden:

- Verringerung der Exposition durch Änderung der Arbeitsabläufe (organisatorische Maßnahmen) und Vorrichtungen (technische Maßnahmen)
- Verringerung der Exposition durch Änderung oder Verbesserung der Arbeitsstoffe
- Anwendung von Schutzkleidung (Handschuhe etc.) oder präparativem Hautschutz (Hautschutzsalben etc.)
- begleitende und ergänzende arbeitsmedizinische Maßnahmen.

Sehr wirkungsvoll ist eine Vermeidung der hautschädigenden Faktoren am Arbeitsplatz. Erfolgreiche Beispiele hierfür sind im Baugewerbe die Verwendung chromatarmer Zements und im Friseurgewerbe die Eliminierung von Glycerylmonothioglykolat in Dauerwellenpräparaten. Allein durch diese Maßnahmen konnte ein deutlicher Rückgang der Hauterkrankungen für diese Berufsgruppen erzielt werden.

Zur Vermeidung des Kontakts mit akut toxischen (auch systemtoxischen oder kanzerogenen) Substanzen ist – falls die Verwendung und Exposition absolut nicht vermieden werden kann – die Anwendung von persönlicher Schutzausrüstung notwendig und vorgeschrieben.

Hautschutzsalben (persönlicher Hautschutz) werden im allgemeinen in den Fällen zum Einsatz kommen, wo mit bestimmten Arbeitsstoffen in nicht akut toxischen Konzentrationen wiederholter Kontakt besteht und ein Tragen von Schutzkleidung aus verschiedenen Gründen nicht möglich oder zulässig ist (z.B. vermindertes Tastempfinden bzw. sich drehende Maschinenteile).

Wichtigste Indikation für Hautschutzmittel ist damit die Vermeidung des kumulativ-toxischen Ekzems und dessen Vorstufen und damit auch eine Reduktion der Wahrscheinlichkeit einer Sensibilisierung.

Eine weitere, wichtige Bedeutung im Sinne der Risikominimierung erlangt der Hautschutz beim Umgang mit Arbeitsstoffen, die toxische Eigenschaften erst durch Veränderungen im Einsatz erlangen, z.B. bei falscher Handhabung oder ungünstiger Arbeitsorganisation. Beispiele aus dem Metallbereich sind in Kapitel 4.4 beschrieben.

Als ergänzendes und begleitendes Instrument ist die Anwendung arbeitsmedizinisch-organisatorischer Maßnahmen, z.B. im Rahmen arbeitsmedizinischer Präventionsprogramme, zu nennen. Hierzu gehört die Gewinnung von betriebsspezifischen Daten (z.B. zur Hautgesundheit der Mitarbeiter, Arbeitsplatzanalyse, Arbeits-

Hautschutz

stoffanalyse) und die Beratungstätigkeit. Beide Maßnahmen stellen die Basis für eine effektive Verwirklichung der zuvor genannten Maßnahmenpakete dar. Ein weiteres Beispiel ist die Durchführung von dermatologischen Eingangsuntersuchungen von Mitarbeitern, die an Arbeitsplätzen mit hautbelastenden Tätigkeiten eingesetzt werden sollen.

3.4 KOMPONENTEN DES PERSÖNLICHEN HAUTSCHUTZES

Maßnahmen des persönlichen Hautschutzes im Betrieb bestehen aus drei untrennbar verbundenen Komponenten:

- Hautschutz (Schutzcremes, vor und während der Arbeit anzuwenden)
- Hautreinigung (Reinigungsmittel, je nach Verschmutzungsgrad)
- Hautpflege (Pflegecremes, nach Abschluss der Arbeit anzuwenden).

3.4.1 Hautschutz

Beim Hautschutz ist zunächst zu beachten, dass je nach Arbeitsstoff das geeignete Produkt verwendet wird. Verschiedene Typen von Hautschutzmitteln und ihre Wirkungsweise sind in Abschnitt 3.5 beschrieben.

Das Eincremen muss sehr sorgfältig und umfassend erfolgen. Gerade „versteckte“ Hautareale (z.B. Handseiten, Fingerzwischenräume, Nagelbett, Nagelfalz) sollten vollständig versorgt werden. Um eine optimale Schutzwirkung zu gewährleisten, sind die Hautschutzpräparate vor Aufnahme der Tätigkeit, nach mechanischer Belastung und insbesondere nach jeder Hautreinigung anzuwenden.

3.4.2 Hautreinigung

Eine dem Verschmutzungsgrad der Haut angepasste, schonende Hautreinigung ist ein wichtiger, aber häufig vernachlässigter Bestandteil des betrieblichen Hautschutzes.

Es gibt in der metallverarbeitenden Industrie Arbeitsplätze mit starker Verschmutzung der Hände (z.B. durch Graphit, Metallstaub, Lacke, Klebstoffe, Altöl), an denen Arbeitnehmer mehrmals am Tag (bis zu 20 mal !) die Hände reinigen müssen. Dadurch nimmt die Entfettung und Austrocknung der Hautoberfläche rasch zu. Die Handreinigung wird an solchen Arbeitsplätzen zu einem bedeutenden hautbelastenden Faktor, dem besondere Beachtung geschenkt werden sollte.

Da grundsätzlich jeder Reinigungsvorgang die Haut belastet, sollte prinzipiell ein möglichst milder Handreiniger verwendet werden. Wenn mittlerweile auch Produkte mit starker Reinigungskraft (durch den Einsatz hautmilder Tenside und Lösungsvermittler, weicher Reibekörper und von Rückfettern) eine relativ gute Hautverträglichkeit aufweisen, sind sie nur bei entsprechend starken Verschmutzungen sorgfältig dosiert anzuwenden. Sind aber bei solchen Verschmutzungsgraden Handreiniger mit ausreichender Reinigungskraft am Arbeitsplatz nicht verfügbar, so führt dies oft zur Verwendung stark hautschädigender Ersatzmittel (z.B. Handbürsten, Lösungsmittel). Daher ist es in vielen Fällen günstig, mehrere Hautreiniger mit abgestufter Reinigungskraft anzubieten, z.B. ein Produkt ohne und ein Produkt mit Reibekörper.



Von besonderer Bedeutung für die Handreinigung ist die konsequente Anwendung eines Hautschutzmittels vor der Arbeit, da so die entsprechenden Hautareale mit dem Präparat abgesättigt werden, die Schmutzhaftung verringert und damit der Reinigungsvorgang erleichtert wird. Auf diese Weise kann ggf. ein Produkt mit schwächerer Reinigungskraft eingesetzt werden.

Neben der Auswahl des Handreinigungsmittels ist auch die richtige Anwendung sehr wichtig. Hierzu wird zunächst eine kleine Menge Handreiniger auf der trockenen Haut verteilt und der Schmutz mit wenig Wasser gelöst. Wegen möglicher Tensidreste müssen die Hände danach gründlich abgespült werden. Es empfiehlt sich ein sorgfältiges Abtrocknen der Hände ohne übertriebene mechanische Belastung („Rubbeln“).

3.4.3 Hautpflege

Die Hautpflege als dritte Komponente des betrieblichen Hautschutzes soll nach der Arbeit die Regeneration der belasteten Hautbereiche fördern. Ziel ist es, in den arbeitsfreien Zeiten den natürlichen Hautzustand wieder zu erreichen. Die Wirkungsweise von Hautpflegemitteln ist im Abschnitt 3.5.5 beschrieben.

3.5 WIRKUNGSWEISE VON HAUTSCHUTZ- UND HAUTPFLEGEMITTELN

Die Wirkungsweise von Hautschutzpräparaten ist komplex, da sie einerseits eine schwer durchdringbare Schicht für die entsprechenden Arbeitsstoffe bilden können („barrier creams“), andererseits aber eine Schutzwirkung in der Hornschicht durch Einlagerung und Sättigung mit schützenden Substanzen entfalten. Weiterhin ist der gezielte Einsatz von Stoffen (z.B. Gerbstoffe), die durch Reaktion mit Proteinen der Hornschicht deren Festigung und damit einen Schutz hervorrufen, möglich.

Für die Wirksamkeit der Hautschutzpräparate sind nicht nur die einzelnen Inhaltsstoffe, sondern v.a. auch die Galenik (Emulsionstyp, Feinverteilung, Interaktion der Inhaltsstoffe) der Gesamt Rezeptur entscheidend. Diese bestimmt gleichzeitig in hohem Maße das Spreitvermögen und Einziehverhalten des Produkts. Da Hautschutzmittel nur dann flächendeckend ihren Zweck erfüllen können, wenn sie kosmetisch akzeptiert werden und die Arbeit nicht behindern, ist neben der Gesamtformulierung ein angenehmer Geruch und die gute Handhabbarkeit des Produkts von großer Bedeutung.

3.5.1 Hautschutzpräparate zum Schutz gegen nicht-wassermischbare Arbeitsstoffe

Präparate zum Schutz gegen nicht-wassermischbare Arbeitsstoffe (z.B. Öle, nicht-wassermischbare Kühlschmierstoffe, Fette, unpolare Lösemittel) haben die Aufgabe, diese Stoffe daran zu hindern, Lipide aus den Interzellularräumen der Hornschicht herauszulösen und in tiefere Hautschichten vorzudringen.

Diese Präparate sind fettarm oder fettfrei und haben meist eine wasserlösliche Grundlage vom Dispersionstyp O/W. Entsprechend werden Emulgatoren eingesetzt, die einen relativ hohen HLB-Wert (HLB = hydrophilic-lipophilic balance), d.h. eine relativ hohe Polarität und geringe Fettlöslichkeit, aufweisen.

Hautschutz

Als Barriersubstanzen sind vielfach filmbildende Polymere enthalten, wie Polyvinylalkohol oder Polyethylenglykole mittlerer Kettenlänge. Sie können einen gut haftenden, gegen viele lipophile Substanzen resistenten Film bilden.

Unterstützend werden bestimmte anorganische Feststoffe verwendet. Dazu zählen z.B. Talkum, ein wasserhaltiges Aluminiumsilikat mit hervorragender Hauthaftung, und Zinkoxid mit adstringierender Wirkung.

Soll das Hautschutzpräparat in besonderer Weise die anschließende Hautreinigung bei starker Verschmutzung (z.B. durch Metallabrieb, Graphit, Ölschmutz) unterstützen, werden zusätzlich Emulgatoren mit hohem HLB-Wert oder Tenside eingesetzt. Letztere sollten eine gute Hautverträglichkeit aufweisen; so sind schwach saure, hautmilde Tenside (wie z.B. Dinatriumlaurylsulfosuccinat u.a.) gegenüber den alkalisch reagierenden Tensiden (Seifen) vorzuziehen.

3.5.2 Hautschutzpräparate zum Schutz gegen wassermischbare Arbeitsstoffe

Bei Kontakt mit wassermischbaren Arbeitsstoffen (wassergemischte Kühlschmierstoffe, Salzlösungen, wässrige Reinigungsmittel, Desinfektionsmittel, verdünnte Säuren und Laugen und Baustoffe wie Kalk oder Zement) werden v.a. stark wasserabweisende Präparate mit hohen Lipidanteilen verwendet.

Sie verhindern das Aufquellen der Hornschicht und das damit verbundene Auswaschen feuchtigkeitbindender Stoffe. Auch das Herauslösen von Hornschichtlipiden (z.B. durch Waschaktivsubstanzen oder Emulgatoren) wird reduziert.

Da reine Kohlenwasserstoffprodukte vom Vaseline-Typ auf der Haut extrem fettig wirken, werden heute nur noch emulgierte Produkte mit entsprechend besseren kosmetischen Eigenschaften eingesetzt. Neben den klassischen W/O-Grundlagen sind auch Emulsionen vom Typ W/O/W und O/W auf dem Markt.

Als Schutzkomponenten sind lipophile Substanzen, vielfach Kohlenwasserstoffgemische wie medizinisches Weißöl und Vaseline enthalten. Diese bilden bei entsprechender Formulierung einen wasserresistenten Schutzfilm und wirken außerdem okklusiv; daher sind die entsprechenden Produkte auch zum Schutz vor Hautaustrocknung, z.B. bei großer Kälte, einsetzbar.

Zur Herstellung der W/O-Emulsionen werden spezielle Emulgatoren mit niedrigem HLB-Wert (z.B. Glyceryloleat) verwendet; stabilisiert werden sie häufig mit Magnesiumsulfat.

Vorteilhaft zum Schutz gegen Laugen oder alkalische Baustoffe ist eine Pufferung im schwach sauren Bereich (pH-Wert 5,5-6,5), da hierdurch das Neutralisationsvermögen der Haut gegenüber Alkalien unterstützt wird.

3.5.3 Hautschutzpräparate gegen wechselnde Arbeitsstoffe

Für Mitarbeiter, die mit wechselnden Arbeitsstoffen in Kontakt kommen, werden spezielle Hautschutzmittel angeboten. Diese sind zwar in allen Bereichen, d.h. gegen wassermischbare und nicht-wassermischbare Arbeitsstoffe einsetzbar, weisen aber im Vergleich zu den spezifischen Hautschutzpräparaten oft eine geringere Wirksamkeit auf.



Grundlage für diese Präparate sind O/W-Emulsionen mit oft sehr hohem Feststoffanteil. Als Wirkstoffe werden neben Filmbildnern teilweise auch adstringierende Substanzen (Gerbstoffe, Zinkoxid) zugesetzt, die durch Festigung der Hornschicht einen Schutz gegen wässrige Arbeitsstoffe bieten. Wachse und wachsähnliche Stoffe (Bienenwachs, langkettige Fettsäuren, Fettalkohole) sind ebenfalls gegen wässrige, aber auch gegen viele wasserunlösliche Medien resistent.

3.5.4 Hautschutzpräparate beim Tragen von dichtschießender Schutzkleidung und gegen mechanische Hautbelastung

In vielen Arbeitsbereichen werden zunehmend dichtschießende Handschuhe als Schutzkleidung („Körperschutz“) bei verschiedenen chemischen oder physikalischen Belastungen eingesetzt. Der Einsatz von gekapselten, vollautomatischen Bearbeitungsmaschinen erlaubt auch in der spanenden Metallbearbeitung die Verwendung von Handschuhen, da ein Kontakt mit sich drehenden Teilen nicht mehr möglich ist.

Obwohl die Schutzkleidung den direkten Kontakt mit Arbeitsmedien vermeidet, ist die lang andauernde Verwendung nicht unproblematisch: Durch den Luftabschluss kommt es zu einem Wärme- und Feuchtigkeitsstau (starkes Schwitzen), dessen Folge wiederum eine pH-Wert-Erhöhung und Erweichung der Hornschicht (Mazeration) und nach einiger Zeit auch eine mikrobielle Schweißzersetzung sind.

Als wirksame Bestandteile gegen diese Hauterscheinungen werden verschiedene Adstringentien und Antitranspirantien wie Aluminiumchlorhydrat und verschiedene synthetische oder pflanzliche Gerbstoffe eingesetzt. Diese Stoffe hemmen die Schweißbildung oder festigen die Haut durch Reaktion mit der Proteinmatrix der Hornzellen. Sie besitzen eine antimikrobielle Wirkung und vermindern dadurch die Schweißzersetzung.

Durch die hornschichtfestigenden Eigenschaften können die Adstringentien auch gegen rein mechanische Belastungen (z.B. Hautkontakt mit Sand, Drahtwolle, Glasfasern) wirksam werden. Grundlage der entsprechenden Präparate sind fettfreie Gele oder O/W-Emulsionen, da zu hohe Lipidgehalte die Durchlässigkeit bestimmter Handschuhtypen (z.B. Latexhandschuhe) negativ beeinflussen können.

3.5.5 Wirkungsweise von Hautpflegemitteln

Hautpflegemittel haben die Aufgabe, die belastete oder geschädigte Haut in ihrer Regeneration zu unterstützen. Nach der Arbeit und der anschließenden Handreinigung müssen der Haut hierzu vor allem Lipide und feuchtigkeitbindende Substanzen zugeführt werden.

Je nach Hautbelastung und Hauttyp können sowohl stark fettende W/O-Präparate als auch O/W-Cremes und -Lotionen verwendet werden. Entscheidend für die Pflegewirkung ist nicht nur der Feststoffgehalt – oft als „Fettgehalt“ bezeichnet – sondern vor allem auch die Art und Zusammensetzung der fettenden Stoffe. So werden vielfach einfache Präparate angeboten, die lediglich paraffinische Kohlenwasserstoffe (flüssiges Paraffin, Vaseline etc.) enthalten.

In Einziehverhalten, Spreitvermögen und Pflegewirkung vorteilhaft haben sich Lipide mit Esterstruktur erwiesen. Bedeutsam sind hier die natürlichen Pflanzenöle (z.B. Avocadoöl, Mandelöl, Kokosöl usw.), die teilweise

Hautschutz

unverseifbare Anteile (Sterine etc.) enthalten. Weiterhin zu nennen sind synthetische Öle auf Glycerinesterbasis (z.B. MCT-Öle), Wachse (Bienenwachs, Jojobawachs) oder andere Fettsäureester (Isopropylmyristat, Octyldodecanol usw.).

Durch Arbeitsbelastung und Handreinigung werden neben Lipiden bestimmte feuchtigkeitsbindende Stoffe, die als „NMF“ (natural moisturizing factor) natürlicherweise in den Zellzwischenräumen der Hornschicht vorkommen, teilweise entfernt. Hierbei handelt es sich um niedermolekulare Substanzen wie Natriumlactat, Harnstoff, Harnsäure, Salze von Hydroxycarbonsäuren etc. Diese Stoffe, aber auch andere Substanzen mit wasserbindenden Eigenschaften (z.B. Glycerin) werden in Hautpflegepräparaten eingesetzt, um den weiteren Feuchtigkeitsverlust der Haut zu vermindern.

Neben den Lipiden und Feuchtigkeitsregulierern enthalten die Präparate teilweise noch weitere, pflegende Zusätze. Dazu gehören u.a. zellwandschützende Stoffe (z.B. das antioxidativ wirkende Tocopherol und seine Derivate) und die Zellregeneration unterstützende Substanzen (z.B. Allantoin).

3.6 WIRKSAMKEITSNACHWEISE FÜR HAUTSCHUTZ- UND HAUTPFLEGEMITTEL

Hautschutz-, Hautreinigungs- und Hautpflegemittel zählen nach der Definition in § 4 des Lebensmittel- und Bedarfsgegenständegesetzes (LMBG) zu den kosmetischen Mitteln und unterliegen damit den entsprechenden europäischen und nationalen Rechtsverordnungen. Nach der 6. Änderung der EG-Kosmetik-Verordnung ist auch dem Nachweis der ausgelobten Wirksamkeit von Hautschutz- und Hautpflegemitteln Rechnung zu tragen.

Obwohl solche Nachweise schwerlich für alle Arten und Zubereitungsformen von Arbeitsstoffen zu erbringen sind, gibt es verschiedene Ansätze, Aufschluss über die Eignung von Hautschutzmitteln in verschiedenen Situationen zu erhalten. So liegen bereits Leitlinien „Beruflicher Hautschutz“ von wissenschaftlichen Fachgesellschaften vor.

Allgemein anerkannte Standardprüfmethoden existieren in diesem Bereich allerdings nicht, lediglich für Produkte zum Schutz vor UV-Strahlung gibt es normierte Verfahren.

Für die Überprüfung der Wirksamkeit von Hautschutzprodukten gibt es prinzipiell zwei methodische Ansätze:

3.6.1 In-vivo-Methoden

Hier erfolgt die Beurteilung anhand von Hautreaktionen bei Probanden nach wiederholter Applikation von Standardirritantien (Repetitiver offener Irritationstest, ROIT), vergleichend mit und ohne vorherige Anwendung von Hautschutzpräparaten. Aus der Differenzbetrachtung wird die Schutzwirkung des Präparates abgeleitet.

Häufig verwendete Standardirritantien sind:

- für wassermischbare Arbeitsstoffe:
Natriumlaurylsulfat (SDS, SLS), Milchsäure, Natronlauge
- für nicht-wassermischbare Arbeitsstoffe:
Toluol, n-Hexan.

Prüfparameter können sein:

- sichtbare Hautreaktionen (Rötung, Schwellung, Schuppung)
- messbare Größen wie der transepidermale Wasserverlust (TEWL), die corneale Hautfeuchte (RHF) oder der kutane Blutfluss (BFV).

Der Einsatz von in-vivo-Methoden unterliegt strengen ethischen und gesetzlichen Einschränkungen. Die Anwendung von Prozesschemikalien oder gesundheitsgefährdender Modellirritantien im Test kann ethisch und rechtlich problematisch sein. Tierexperimentelle Studien scheiden aus rechtlichen Gründen aus, da Hautschutzprodukte definitionsgemäß den Kosmetika zugerechnet werden.

3.6.2 In-vitro-Methoden

Grundsätzlich sind in-vitro-Methoden frei von ethischen und gesetzlichen Restriktionen und in dieser Hinsicht günstiger zu beurteilen als in-vivo-Verfahren. Zudem weisen sie häufig den Vorteil auf, dass die Untersuchungen meist schneller, wirtschaftlicher und wiederholbarer, d.h. frei von individuellen Einflüssen durch die Versuchspersonen, durchzuführen sind. Die Grenzen von in-vitro-Methoden liegen mitunter in der ungenügenden Vergleichbarkeit mit den in-vivo-Methoden und der mangelnden Übertragbarkeit auf die Situation im Werkalltag, d.h. in der fehlenden Praxisnähe.

Zu unterscheiden sind Testverfahren mit physikalischen Methoden von solchen auf biologischer Basis. Physikalisch kann sehr leicht die Löslichkeit von Formulierungen nach der Methode nach Suskind geprüft werden. Hierzu werden mit Hautschutzsalben bestrichene Gegenstände (z.B. Objektträger, Löffelstiel) in mit dem zu prüfenden Arbeitsstoff gefüllte Behältnisse getaucht und bewegt. Löst sich der Hautschutzauftrag teilweise ab oder ganz auf, ist das Präparat als Schutz gegen diesen Arbeitsstoff nicht geeignet.

Weitere physikalische Ansätze beziehen sich auf die Möglichkeit, Hautschutzmittel hinsichtlich ihrer Barriere- und Pufferwirkung zu untersuchen. Die Messung erfolgt dabei auf speziellen Trägerfolien in Permeationsmesszellen mit Hilfe von Indikatorreaktionen und Photometrie. Für Modelle, die auf biologischen Prinzipien basieren, sind als wichtige Kriterien der Grad der Fremdstoffmetabolisierung und die funktionsfähige Hornschicht zu nennen. Denn sowohl die Schadwirkung der verwendeten Modellnoxe wie auch die Wirksamkeit der zu prüfenden Hautschutzpräparate setzen in der Hornschicht an.

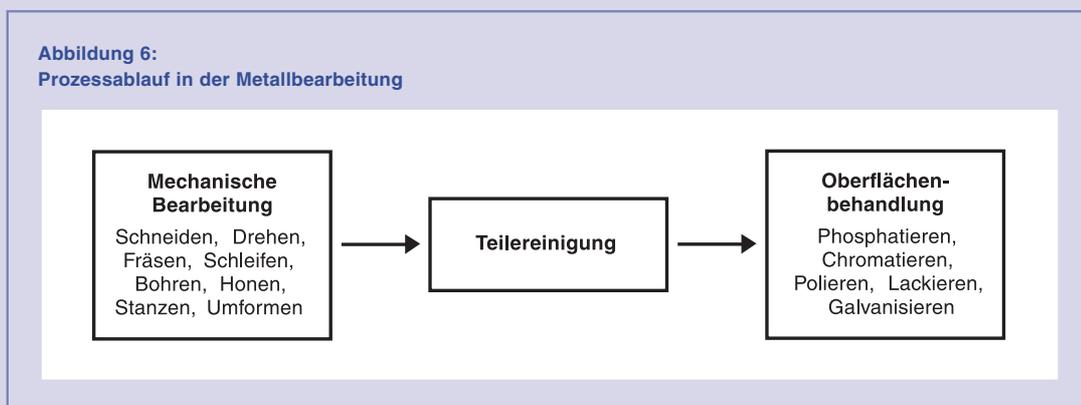
Die genannten Bedingungen finden sich in isoliert perfundierten Organen in Verbindung mit der Haut als Zielorgan. Beispiele sind die perfundierten Organmodelle, wie etwa die „Schweinepfote“, das „Schweineohr“ oder das „Rindereuter“. Das am häufigsten verwendete und in vielen Richtungen weiterentwickelte Testverfahren ist das Hautmodell des isoliert perfundierten Rindereuters (BUS-Modell = Bovine Udder Skin, Kietzmann et al. 1993), das u.a. zur Untersuchung der Absorptionskapazität von Arzneimitteln eingeführt wurde. Seither wurden in zahlreichen Studien u.a. die Penetration von kosmetischen Wirk- und Inhaltsstoffen unter leave-on und rinse-off Bedingungen sowie die zelluläre Reaktion nach topischer Applikation (offen / okklusiv) von Pharmaka, Kosmetika, Desinfektionsmitteln, Bau- und Prozesschemikalien untersucht (SIM-RED GmbH). Unter die zelluläre Reaktionskette fallen die rasch einsetzenden Änderungen des Arachidonsäurestoffwechsels (z.B. Prostaglandinkonzentrationen) und die am Ende auftretende irreversible Zellschädigung. Auf dieser experimentellen Basis mit invasiver Messmethodik wurde ein zweistufiges Prüfdesign entwickelt, um die Wirksamkeit von Hautschutzmitteln zu prüfen (siehe 6.3).

4. Hautgefährdungen in der Metallbearbeitung

4.1 PROZESSABLAUF IN DER METALLBEARBEITUNG

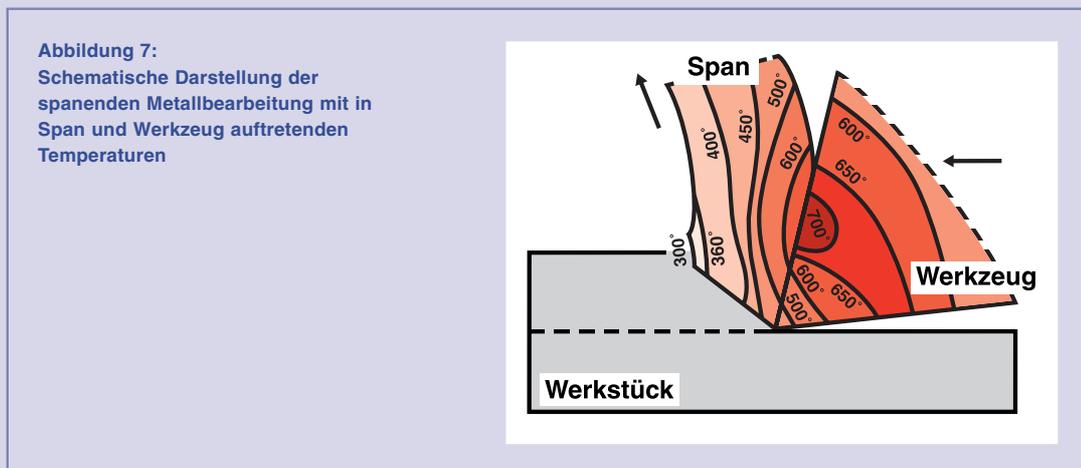
In der Metallbearbeitung werden verschiedene Medien eingesetzt, die den Arbeitsprozess unterstützen. Sie ermöglichen die werkstoffgerechte Bearbeitung oder dienen zur Reinigung bzw. zur chemischen Veränderung der Oberfläche von Werkstücken.

Nachfolgende Abbildung 6 zeigt einen typischen Prozessablauf der Metallbearbeitung.



Der mechanischen Bearbeitung können zusätzlich Reinigungsprozesse oder/und eine Behandlung mit Korrosionsschutzmitteln vorausgehen. Zu diesem Zweck werden Bearbeitungsmedien unterschiedlichster Zusammensetzung verwendet. Der Schwerpunkt der vorliegenden Broschüre liegt aber in der spanenden Metallbearbeitung (Schneiden, Drehen, Fräsen, Schleifen, Bohren, Honen) und damit bei den Kühlschmierstoffen.

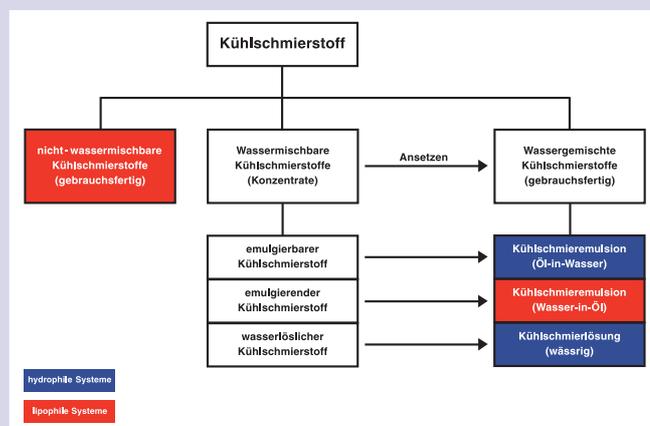
Abbildung 7 stellt schematisch den Zerspanungsvorgang dar.



4.2 ARTEN VON KÜHLSCHMIERSTOFFEN (KSS)

Kühlschmierstoffe sind Zubereitungen (Gemische), die bei der Metallbearbeitung zum Kühlen und Schmieren der Werkzeuge und Werkstücke eingesetzt werden. Weiterhin sorgen sie für das Abspülen und den Abtransport von Spänen. Man unterscheidet nach Löslichkeit und Emulsionsform verschiedene Arten von Kühlschmierstoffen:

Abbildung 8:
Arten von Kühlschmierstoffen



(Quelle: Bagschik U., Boveleth W., Gebert J., Rabente T., Sonnenschein G. (2001) Kühlschmierstoffe - Sonderausgabe von „sicher arbeiten“, Klingenberg Buchkunst, Leipzig, 6. Aufl., November 2001, modifiziert)

Nicht-wassermischbare KSS werden direkt ohne Zugabe von Wasser eingesetzt. Wassermischbare KSS ergeben nach dem Ansetzen mit Wasser je nach Inhaltsstoffen Kühlschmieremulsionen (disperse Systeme) oder Kühlschmierlösungen. Je nach Emulgatorsystem sind die fertigen Kühlschmieremulsionen hydrophil (Öl-in-Wasser = O/W) oder lipophil (Wasser-in-Öl = W/O). Am häufigsten im Einsatz sind die emulgierbaren Kühlschmierstoffe, die O/W-Emulsionen ergeben.

4.3 ZUSAMMENSETZUNG VON KSS UND MÖGLICHE GEFÄHRDUNG DURCH INHALTSSTOFFE

Kühlschmierstoffe müssen neben ihrer eigentlichen Aufgabe eine Vielzahl an Sekundäranforderungen erfüllen. Dazu gehören bei wassermischbaren KSS z.B.:

- gute Mischbarkeit mit dem Ansetzwasser (verschiedener Qualitäten, v.a. Wasserhärte)
- gute Stabilität (Lagerstabilität, Emulsionsstabilität, mikrobiologische Stabilität)
- Korrosionsschutz (Maschinen, Werkzeuge, Werkstücke)
- geringe Schaumbildung
- keine Aggressivität gegenüber nichtmetallischen Teilen (Dichtungen etc.)
- Kompatibilität mit Bearbeitungsmedien der nachfolgenden und vorausgehenden Prozessschritte
- Umweltverträglichkeit
- Hautverträglichkeit.

Gefährdungen

Zur Erfüllung der Anforderungen enthalten Kühlschmierstoffe neben den Grundstoffen eine Vielzahl von Additiven, die z.T. - zumindest isoliert betrachtet - ein hautschädigendes Potential aufweisen können. Typische Komponenten sind in Tabelle 2 aufgelistet.

Tabelle 2: Typische Bestandteile von KSS und mögliche Hautgefährdungen			
Stoff	Beispiele	Aufgabe	mögliche Hautgefährdung
Grundstoffe	mineralische, teilsynthetische und vollsynthetische Öle	Schmierwirkung	Hautentfettung, PAK (Benzo-(a)pyren) aus Mineralöl
polare Zusätze	natürliche Fette, Öle, synthetische Ester	Verbesserung der Haftung des Schmierfilms	z.T. Hautentfettung
EP-Zusätze (Hochdruckzusätze)	Organische Schwefel-, Phosphor- und Chlorverbindungen	Verschleißschutz	Hautentfettung, Sensibilisierung und Hautirritation durch Abbauprodukte
Korrosionsschutz-zusätze	Amine, Sulfonate, org. Borverbindungen, Tallölfettsäuren	Schutz der Metalle vor Oxidation	z.T. Sensibilisierung
Alterungsschutzstoffe	org. Sulfide, Zinkdithiophosphate, aromatische Amine	Verhinderung von Reaktionen im KSS (v.a. Oxidation)	z.T. Sensibilisierung
Festschmierstoffe	Graphite, Molybdänsulfide, Ammoniummolybdate	Verbesserung der Schmierung	z.T. Verschmutzung
Emulgatoren	Tenside, Petroleumsulfonate, Alkali- u. Aminseifen	Emulsionsbildung und -stabilisierung	Hautentfettung
Entschäumer	Silikonpolymere, Tributylphosphat	Verhinderung der Schaumbildung	z.T. Hautentfettung
Biozide	Phenolderivate, Formaldehydabspalter, Isothiazolinone u.a.	Verhinderung von Keimwachstum und -vermehrung	Sensibilisierung
<small>(Quelle: Bagschik U., Boveleth W., Gebert J., Rabente T., Sonnenschein G. (2001), modifiziert)</small>			



Die genannten Gefährdungspotentiale durch Einzelstoffe oder Stoffgruppen sind formulierungs- und konzentrationsabhängig und müssen in der Gesamtrezeptur bzw. in der gebrauchsfertigen Lösung nicht unbedingt vorliegen (vgl. auch 6.1.2). Die Zubereitungen können insgesamt eine gute Hautverträglichkeit aufweisen. In modernen, hautverträglichen Rezepturen wird auf möglicherweise problembehaftete Inhaltsstoffe weitestgehend verzichtet (siehe 5.1).

4.3.1 Gefährdung durch wassergemischte KSS

Hautgefährdungen gehen von allen wassergemischten Kühlschmierstoffen durch einen vermeintlich harmlosen Inhaltsstoff - das Wasser - aus. Länger andauernder Kontakt mit wässrigen Medien, besonders im Zusammenhang mit oberflächenaktiven Substanzen und erhöhtem pH-Wert, führt zu einer Quellung der Hornzellen und Entfettung der Hornschicht (Stratum corneum). Dies kann ein kumulativ-toxisches Ekzem verursachen (vgl. 3.2.1). Der erhöhte pH-Wert in KSS beeinträchtigt auch den Säureschutzmantel der Haut und damit das Abwehrvermögen gegen Mikroorganismen.

Hautprobleme sind häufig bei Personen anzutreffen, die im beruflichen wie im nicht beruflichen Alltag regelmäßigen Kontakt mit wässrigen Medien haben. Wasser alleine kann durch Eindringen in die Hornschicht schädigend auf die lebenden Epidermiszellen wirken. Die Beispiele „Spülhände“ und „Waschfrauenhände“ aus dem Privatbereich sind gut bekannt. Im betrieblichen Alltag sind neben den KSS auch die Hand- und Oberflächenreinigung sowie die Händedesinfektion von Bedeutung (siehe 3.4).

4.3.2 Gefährdung durch nicht-wassermischbare KSS

Hautveränderungen bei der Anwendung nicht-wassermischbarer Kühlschmierstoffe werden ebenfalls beobachtet. Sie wirken nicht hornschichtquellend und beeinflussen den pH-Wert der Haut nicht, können aber die Haut durch chronische Entfettung oder durch die verwendeten Additive (z.B. Antioxidantien) je nach Typ und Konzentration schädigen. Unsicher ist die Vorhersagbarkeit einer Reaktion mit der Talgdrüse bzw. deren Ausführungsgang oder dem Haarschaft. Bei empfindlichen Personen kann diese zur Ausbildung einer Ölakne führen.

4.4 GEFÄHRDUNG DURCH ÄUSSERE VERÄNDERUNGEN VON KSS

Im Verlauf der Anwendung von wassermischbaren und nicht-wassermischbaren Kühlschmierstoffen können durch äußere Kontamination und stoffliche Veränderungen zusätzliche Gefährdungen entstehen. Besonders akut toxische Hautreaktionen sind in der Regel auf solche nachträglichen Veränderungen unter Einsatzbedingungen zurückzuführen.

4.4.1 Nitrosaminbildung

N-Nitrosamine sind potente Kanzerogene. Sie entstehen in einer Reaktion sekundärer Amine mit Nitrit oder anderen nitrosierenden Substanzen (z.B. Distickstofftrioxid). Die zahlenmäßige Bedeutung von Krebserkrankungen durch KSS-bedingten Nitrosaminkontakt ist allerdings sehr gering. Von 1988 bis Mitte 1994 wurden dem Hauptverband der gewerblichen BGen lediglich 35 Fälle gemeldet und hiervon fünf anerkannt.

Gefährdungen

Heute ist die Bildung von Nitrosaminen in Kühlschmierstoffen weitgehend ausgeschlossen. Dies ist auf das Verbot des Einsatzes der Reaktionspartner (Nitrit, sekundäre Amine) in der TRGS 611 (vgl. 4.5) zurückzuführen. Die Ausgangsstoffe können allerdings auch durch Einschleppung (Ansetzwasser, Fremdprodukte, Verunreinigungen) oder mikrobielle Veränderungen in geringen Konzentrationen in den Kreislauf gelangen.

4.4.2 Weitere äußere chemische und physikalische Veränderungen

Eine wichtige Gefahrenquelle gebrauchter KSS stellt die Entstehung von metallischem Feinstabrieb vom Werkstück oder Werkzeug dar. Durch den Gehalt der wassergemischten KSS an oberflächenaktiven Substanzen werden neben dem Ölteil auch kleinste Metallteilchen in der Schwebelösung gehalten und können zu Mikroverletzungen in der Hornschicht führen.

In diesem Zusammenhang besteht die Möglichkeit, dass sich im KSS auch Metallionen anreichern. Allergische Hauterkrankungen durch Kontakt mit cobalt- oder nickelhaltigen KSS (z.B. beim Werkzeugschleifen) wurden bereits nachgewiesen. Allerdings zeigen vergleichende Reihenuntersuchungen an Auszubildenden vor Eintritt ins Berufsleben und Mitarbeitern, die wegen Hauterkrankungen dauerhaft an einen trockenen Arbeitsplatz versetzt wurden, dass der Metallallergie keine zahlenmäßige Bedeutung für die Hauterkrankungen zukommt.

Weiterhin können beim Einsatz von KSS durch Zersetzungs Vorgänge (Pyrolyse, Oxidation) Sekundärprodukte entstehen. Auf diese Weise ist es möglich, dass sich zusätzlich biologisch aktive Bestandteile im KSS ansammeln.

Ein generelles Problem stellt das Aufkonzentrieren der KSS im Kreislauf sowie auf Maschinen-, Werkzeug- und Hautoberflächen durch Verdunstung dar. Die dadurch auftretenden überhöhten Konzentrationen an Inhaltsstoffen können ebenfalls hautgefährdend wirken. Im Spritzbereich von Werkzeugmaschinen bilden sich beispielsweise unter bestimmten Bedingungen „Sekundärkonzentrate“ mit KSS-Gehalten bis zu 50%.

4.4.3 Mikrobiologische Veränderungen und Nachkonservierung

Ein Eintrag von Mikroorganismen in KSS-Systeme kann durch das Ansetzwasser, Einbringen von Schmutz, Staub und Lebensmittelresten, ungenügend gereinigte Leitungssysteme oder Hautkontakt erfolgen.

Die organischen Komponenten der wassergemischten KSS stellen prinzipiell einen Nährboden für Mikroorganismen dar. Begünstigt wird das Wachstum durch „tote Winkel“ und raue Oberflächen im System (in Rohrleitungen, Auffangbecken und Filtersystemen). Bestimmte Mikroorganismen entwickeln sich unter Luftabschluss. Zu solchen anaeroben Bedingungen kommt es in stehenden Systemen (z.B. fehlende Umwälzung am Wochenende u.ä.) oder durch luftabschließende Ölschichten an der Oberfläche (z.B. Verunreinigung durch Fremdöle).

Ein mikrobiologischer Befall und die daraus resultierenden stofflichen Veränderungen („Zersetzung“, „Umkippen“ oder „Brechen“) der Emulsion können zu technischen (Korrosion, Verschleiß an Werkzeugen) und hygienischen Problemen (fauliger Geruch durch Schwefelverbindungen, Belastung durch Bakterien und Pilze) führen.

Es sind aber auch Beeinträchtigungen in Bezug auf die Gesundheit möglich:

- Entstehung sensibilisierender oder hautreizender Abbauprodukte
- bakterielle Hautinfektionen, z.B. Entzündungen bei Schnittverletzungen
- Erleichterung der Nitrosaminbildung durch pH-Wert-Absenkung und Erhöhung der Nitritkonzentration.

Gegen übermäßiges Wachstum von Mikroorganismen werden vielen Produkten Biozide zugesetzt (siehe Tabelle 2). Die Biozide werden unterschieden in Formaldehyd absplattende und solche, die kein Formaldehyd freisetzen. Die Formaldehydabsplattende sind wasserlöslich und effektiver gegen Bakterien als gegen Vermehrung. Nicht Formaldehyd absplattende Produkte sind teils fett- und teils wasserlöslich und effektiv sowohl gegen Pilze als auch gegen Bakterien. Zur Nachkonservierung werden üblicherweise die nicht Formaldehyd absplattenden Isothiazolinone eingesetzt.

Bei richtiger Dosierung und entsprechender Formulierung stellen die Biozide kein besonderes Gefährdungspotential dar. Gleiche oder chemisch ähnliche Stoffe werden beispielsweise auch zur Konservierung von Kosmetika eingesetzt. Bei der Durchführung von Maßnahmen zur Nachkonservierung oder Stoßkonservierung ist allerdings zu beachten, dass eine Überdosierung oder die Verwendung von nicht mit der Formulierung kompatiblen Bioziden ebenfalls Hautprobleme (Hautreizung, Sensibilisierung) verursachen kann.

4.5 RECHTLICHE REGELUNGEN FÜR KÜHLSCHMIERSTOFFE

Aufgrund der möglichen Gefährdungen durch KSS wurden gesetzliche, berufsgenossenschaftliche und andere Regelungen oder Richtlinien aufgestellt, in denen die Verwendung bestimmter Inhaltsstoffe verboten oder eingeschränkt wird und der Umgang mit chemischen Substanzen reglementiert ist. In Tabelle 3 sind die aktuellen Regelwerke zusammengestellt.

Regelwerk / Abschnitt	Inhalt
Gefahrstoff-VO § 4a	Einstufung von Inhaltsstoffen (ggf. Selbsteinstufung durch den Hersteller)
§ 14	Lieferung eines Sicherheitsdatenblattes durch den Hersteller (s. auch TRGS 220)
§ 15 Anh. IV	Verbot von Nitrit und nitrosierenden Inhaltsstoffen
§ 16	Ermittlungspflicht des Arbeitgebers bezüglich der Gefährdung durch eingesetzte Arbeitsstoffe, ggf. Ersatz
§ 18	Überwachungspflicht der Einhaltung von Luftgrenzwerten (MAK, TRK, BAT); siehe auch TRGS 402, 403, 900 und Bundesarbeitsblatt 3/96
TRGS 905	Einstufung von best. Inhaltsstoffen als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend

Gefährdungen

Regelwerk / Abschnitt	Inhalt
TRGS 611	Verwendungsbeschränkungen v.a. für Nitrit und sekundäre Amine in wassermischbaren KSS wegen der Bildung von N-Nitrosaminen. Spezifiziert die TRGS 552
TRGS 531	Schutzmaßnahmen bei Gefährdungen der Haut durch Arbeiten im feuchten Milieu
BG-Regel BGR 143 (früher ZH 1/248)	Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit KSS Ratschläge für die betriebliche Praxis
VKIS-VSI-IGM - Stoffliste für KSS nach DIN 51385 für die Metallbearbeitung (Zusammenstellung, aus unterschiedlichen Quellen)	Anforderungen an wassermischbare/nicht wassermischbare KSS und Zusatzstoffe: <ul style="list-style-type: none">- Liste verbotener Stoffe- Liste von Stoffen mit Grenzwerten/Konzentrationsgrenzen- Liste zu deklarierender Stoffe (arbeitsmedizinisch-toxikologisch/ökologisch relevant)- Liste zu deklarierender Stoffe (prozesstechnisch relevant)

5. Maßnahmen zur Vermeidung von Gesundheitsgefährdungen in Metallbetrieben

Die im Folgenden genannten Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Haut beim Umgang mit Prozesschemikalien, insbesondere mit wassergemischten KSS, sind teils konzeptioneller, teils organisatorischer Art. Zur Durchsetzung aller Maßnahmen ist es unabdingbar, durch Schulungen und Betriebsanweisungen alle an den Arbeitsprozessen Beteiligten mit den entsprechenden Kenntnissen zu versorgen. Für den Hautschutz ist in 5.3 als Beispiel ein Hautschutzplan für Metallbetriebe aufgeführt. Nicht näher beschrieben sind hier arbeitsmedizinische Maßnahmen (Eingangsuntersuchungen zur Auswahl der Mitarbeiter, Präventionsprogramme etc., siehe 3.3).

5.1 OPTIMIERUNG DER PROZESSCHEMIKALIEN

Hersteller von Prozesschemikalien wie auch die Berufsgenossenschaften haben in den letzten Jahren durch Produktumstellungen und Aufklärungsmaßnahmen enorme Verbesserungen hinsichtlich der Gesundheits- und Umweltverträglichkeit der Arbeitsstoffe erzielt. Problematische Prozesschemikalien wurden erkannt und entweder ersetzt oder modifiziert.

So wurde bei modernen Produkten (z.B. Kernprogramm von Henkel Technologies), die die gesetzlichen Anforderungen (siehe 4.5) erfüllen oder übertreffen, gezielt der Anteil möglicherweise haut- und umweltproblematischer Additive minimiert. Aus einer optimierten Gesamtformulierung resultieren Prozesschemikalien mit ausgezeichneter Hautverträglichkeit, hervorragenden technischen Eigenschaften und einer guten Umweltverträglichkeit.

Bei wassermischbaren Kühlschmierstoffen kann dies im Einzelnen erreicht werden durch:

- Verzicht auf bekannte gesundheits- und umweltproblematische Inhaltsstoffe wie z.B. sekundäre Amine und Chlorparaffine
- hervorragende Emulsionsstabilität
- ausgewogene mikrobiologische Eignung
- Boosterung mit einem hautverträglichen Additiv bei EP-Anwendungen (EP = Extreme Pressure)
- Reduzierung der Anwendungskonzentrationen.

Die Kennzeichnung von Prozesschemikalien nach der Gefahrstoff-Verordnung bezieht sich generell auf die Konzentration und erfolgt auf der Basis ihrer Inhaltsstoffe. In dieser Hinsicht ist festzustellen, dass die Kennzeichnung R38 („Reizt die Haut“) keinem der KSS-Konzentrate der Henkel Technologies (Kernprogramm) zuzuordnen ist.

Für verschiedene KSS (siehe Tabelle 4) wurden zusätzlich Untersuchungen (in-vivo und in-vitro) hinsichtlich der Hautverträglichkeit durchgeführt. Mit Ausnahme von MULTAN[®] 201 und 233 erfolgten alle Untersuchungen an Emulsionen bei 4 bzw. 5 Vol.-%iger Konzentration.

Die beiden angewandten Prüfmethode auf Hautverträglichkeit unterscheiden sich nicht nur prinzipiell, sondern auch in wesentlichen Punkten der Durchführung und Auswertung. Der einfache 24 Stunden-Patch-Test nach Colipa-Standard wird unter geschlossenen Bedingungen mit Probanden durchgeführt. Seine Auswertung beginnt erst 6 Stunden nach Applikationsende und erfolgt klinisch, d.h. subjektiv (Rötung, Schwellung, Schuppung). Eine objektive, quantitative Feststellung der Hautverträglichkeit in den ersten Minuten oder Stunden des KSS-Kontakts ist demnach nicht möglich.

Maßnahmen

Der in-vitro BUS-Test wird unter offenen Bedingungen durchgeführt, mit allen Folgen der Aufkonzentrierung der Testsubstanz durch Verdunstung entsprechend der praktischen Anwendung. Die Auswertung von Ganzhautbiopsien (Epidermis und Dermis) erfolgt mit biochemischen Meßmethoden, die zwei wesentliche Phasen des Irritationsmechanismus abbilden. Auf diese Weise werden, entsprechend dem Diagramm nach Malten (siehe Abbildung 5), auch subklinische Hautreaktionen unmittelbar und in den ersten Stunden nach KSS-Kontakt quantitativ und objektiv erfasst.

Tabelle 4:
Untersuchungen zur Hautverträglichkeit von modernen KSS (Henkel Technologies MULTAN® Produkte)

MULTAN®	24h Patch-Test* (Probandenstudie) in-vivo-Methode	BUS-Modell** (perfundierte Euterhaut) in-vitro-Methode	Kennzeichnung R38 („Reizt die Haut“)
97-10 D	R 9900636	untersucht	Nein
71-10	R 0000730	untersucht	Nein
77-70	R 0100640	nicht untersucht	Nein
60-1	R 0100981	nicht untersucht	Nein
21-60	R 0001006	nicht untersucht	Nein
70-40	R 0000513	untersucht	Nein
97-10 D /201	R 0000514	nicht untersucht	Nein
201 unverdünnt	R 9800654	untersucht	Nein
233 unverdünnt	R 9800886	untersucht	Nein

* Henkel Technologies, unveröffentlichte Berichte ** SIMRED GmbH

Für die in Tabelle 4 angeführten KSS (4-5 Vol.-% bzw. unverdünnt) weisen die Ergebnisse der unterschiedlichen Testverfahren eine sehr gute Hautverträglichkeit aus.

5.2 OPTIMIERUNG DER ARBEITSUMGEBUNG UND DER ARBEITSWEISE

Das Arbeitsumfeld kann durch zwei Maßnahmenpakete optimiert werden:

- Reduzieren des Hautkontakts mit den Prozesschemikalien
- regelmäßige Kontrolle und Vermeidung unnötiger exogener Belastung der Prozesschemikalien und damit Erhalt ihrer Hautverträglichkeit.

5.2.1 Kontaktreduzierung

Prozesschemikalien sind für ihre Funktion in der Metallverarbeitung konzipiert bzw. optimiert und weisen ungeachtet einer nachgewiesenen Hautverträglichkeit keine hautpflegenden Eigenschaften auf. Da die Arbeitsstoffe bei Langzeitkontakt eine Hautentfettung bewirken können, sollte die Kontaktdauer auf das notwendige Maß beschränkt werden (vgl. 4.3.1 und 4.3.2).

Dies kann erreicht werden durch:

- vollautomatische Beschickung der Bearbeitungsmaschinen
- Kapselung der Maschinen mit Unterbrechung der KSS-Zufuhr beim Öffnen
- Anbringung von geeigneten Spritzschutzeinrichtungen und Absauganlagen
- das Tragen von Schutzhandschuhen, was bei Handhabung von sich drehenden Maschinenteilen nicht zulässig ist
- rasche, automatisierte Reinigung von bearbeiteten Werkstücken.

5.2.2 Schutz der Prozesschemikalien vor externen Einflüssen

Während der Standzeit des KSS kann die gute Hautverträglichkeit aufrecht erhalten werden, indem das Arbeitsmedium vor übermäßiger Verunreinigung, mikrobieller Belastung und vorzeitiger Zersetzung geschützt wird. Wichtige Maßnahmen zur Pflege der KSS sind:

- Minimierung des Einschleppens von Fremdölen wie Hydrauliköl, dadurch Vermeidung von Ölschichten in Vorratsbehältern und damit anaerober Bedingungen und Wachstum bestimmter Keime
- ggf. Abscheidung von Fremdölen mittels Skimmern, Zentrifugen etc.
- ggf. Schaffung von Vorrichtungen zur Umwälzung des KSS-Kreislaufes bei längeren Stillstandzeiten zur Vermeidung von Ölschichten und Bereichen mit anaeroben Bedingungen
- Schaffung eines ausreichenden Umlaufvolumens, damit Vermeidung zu hoher Temperaturen und dadurch bedingtem übermäßigem Keimwachstum
- Optimierung des KSS-Abflusses und Vermeidung rauer Oberflächen und unzugänglicher Stellen im System, um eine Ansiedelung und Vermehrung von Mikroorganismen zu erschweren
- Minimierung des Schmutzeintrags von außen z.B. durch Kapselung, Vermeiden von Laufgittern über offenen Systemen
- möglichst quantitative Feststoffabscheidung (Filtersysteme).

5.2.3 Betriebliche Prüfung, Nachkonservierung und Austausch der KSS

Neben diesen vorbeugenden technischen Maßnahmen der KSS-Pflege ist es unabdingbar, die Qualität der Bearbeitungsmedien ständig zu überwachen und diese im Bedarfsfall nachzubehandeln bzw. auszutauschen.

Die betriebliche Überprüfung des KSS beinhaltet die Messung folgender Parameter:

- Konzentration
- Nitritgehalt
- pH-Wert
- z.T. Keimzahl.

Eine Nachkonservierung kann durch Auffüllen mit frischem KSS erfolgen. Im Bedarfsfall kann gezielt mit Bioziden nachkonserviert werden. Eine Überdosierung der Biozide ist zu vermeiden.

Ist die Emulsion nicht mehr gebrauchsfähig, muss sie ganz oder teilweise ausgetauscht werden. Eine Festlegung fester Wechselintervalle hat sich hier als betrieblich praktikabel erwiesen.

Maßnahmen

Einhergehend mit dem Wechsel muss das gesamte Umlaufsystem gründlich gereinigt und desinfiziert werden. Dieser Vorgang wird mit Hilfe von Systemreinigern durchgeführt, die vor dem Wechsel der Gebrauchsemulsion beigegeben werden. Nach dem Ablassen der Emulsion muss das System gründlich gespült werden.

5.3 PRÄPARATIVER HAUTSCHUTZ UND HAUTSCHUTZPLAN

Die Anwendung des präparativen Hautschutzes hat sich als Ergänzung der vorab beschriebenen Maßnahmen (siehe 5.1, 5.2) in der Metallbearbeitung bewährt.

In vorangehenden Abschnitten (vgl. 3.5) sind Aufbau und Wirkungsweise von Hautschutzmitteln dargestellt. Folgende Tabelle zeigt allgemein und beispielhaft, bei welchen Prozesschemikalien bestimmte Hautschutzmittel anzuwenden sind.

Tabelle 5: Prozesschemikalien und anzuwendende Hautschutzmittel	
Prozesschemikalie bzw. Hautbelastung	Anzuwendende(s) Hautschutzmittel
1. Wassermischbare (hydrophile) Arbeitsstoffe Kühlschmieremulsionen O/W, Kühlschmierlösungen, wässrige Korrosionsschutzmittel, Phosphatierlösungen, wässrige Reiniger	Herwesan Acqua oder Herwesan Acqua Liquido
2. Nicht-wassermischbare (lipophile) Arbeitsstoffe Nicht-wassermischbare KSS, Kühlschmieremulsionen W/O, Stanzöle, Ziehöle, Tiefziehöle, Erodieröle, Kaltreiniger	Herwesan Olio oder Herwesan Olio Liquido
3. Wechselnde Arbeitsstoffe Stoffe aus 1. und 2. in wechselnder Anwendung	Herwesan Due oder Herwesan Due Liquido
4. Tragen von dichtschießenden Handschuhen (dauerhaft)	Herwe Emulsion

Im Betrieb werden die im Einzelfall anzuwendenden Hautschutzpräparate im Hautschutzplan dokumentiert. Er wird von den Verantwortlichen und deren Berater (Vorgesetzter, Sicherheitsbeauftragter, Betriebsarzt, BG-Mitarbeiter), ggf. in Zusammenarbeit mit dem Hautschutzhersteller, erstellt. Im Hautschutzplan sind auch die entsprechenden Handreiniger und das/die nach Arbeitsabschluss eingesetzte(n) Hautpflegemittel aufgeführt.

Es kann sinnvoll sein, in verschiedenen Arbeitsbereichen getrennte Hautschutzpläne für die jeweilige Arbeitsstoffbelastung zu erstellen, um für den einzelnen Mitarbeiter eine bessere Übersichtlichkeit zu erreichen. Folgendes Beispiel zeigt einen Hautschutzplan, wie er im Produktionsbereich eines Metallbetriebs vorliegen kann:

Abbildung 9:
Beispiel für einen Hautschutzplan in Metallbetrieben

HAUTSCHUTZPLAN		HERWE	
 Technologies			
Hautbelastung / Anwendungsbereich	HAUTSCHUTZ vor der Arbeit	HAUTREINIGUNG während und nach der Arbeit	HAUTPFLEGE nach der Arbeit
WASSERMISCHBARE ARBEITSSTOFFE verdünnte Säuren und Laugen wässrige Reinigungsmittel wassergemischte Kühlschmierstoffe	HERWESAN ACQUA 	bei mittlerer Verschmutzung HERCULAN 	HERWE CURA 
	HERWESAN ACQUA LIQUIDO 	bei starker Verschmutzung HERCULAN FORTE 	HERWE CURA LIQUIDO 

6. Untersuchungen zur Hautverträglichkeit von Kühlschmierstoffen und zur Wirksamkeit von Hautschutzmitteln

Um alle Anforderungen an Kühlschmierstoffe beim Zusammenwirken von Arbeitsstoff, Mensch, Maschine und Umwelt erfüllen zu können, wird eine Vielzahl von Inhaltsstoffen benötigt. Allgemeine toxikologische Daten zu diesen Inhaltsstoffen und Additiven, die oft nur in technischer Qualität vorliegen, reichen nicht aus, um die lokale Verträglichkeit während der Produktentwicklung und vor dem Einsatz zu bewerten. Unter Betriebsbedingungen liefern zudem Zersetzungsprodukte, Mikroorganismen und Kontaminationen durch andere Prozesschemikalien ein schwer überschaubares Maß an Folgestoffen, die miteinander reagieren können. Durch anwendungsnahe Erkenntnisse aus standardisierten Studien vor und während des Einsatzes von KSS lassen sich weitere technische, organisatorische und persönliche Schutzmaßnahmen vor Ort ableiten oder ein Produktwechsel wirtschaftlich begründen.

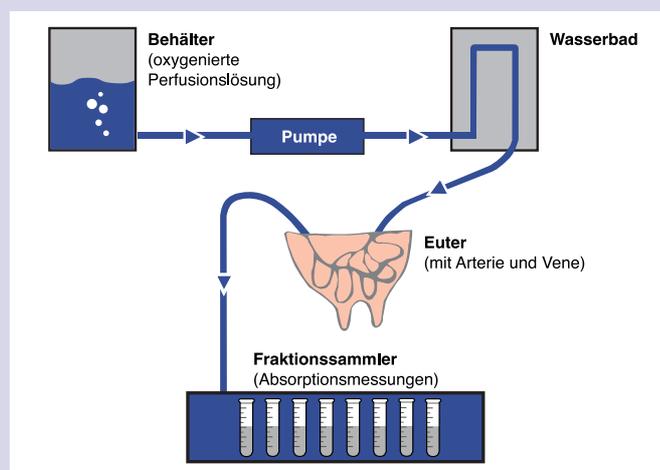
6.1 BUS-MODELL

Für die nachfolgend dargestellten Untersuchungen wurde das in-vitro-Hautmodell des „isoliert perfundierten Rindereuters“ (Bovine Udder Skin; BUS-Modell; Entwicklung und Durchführung: SIMRED GmbH, 30938 Großburgwedel) verwendet. (vgl. auch 3.6.2 und 5.1). Diese Methode, die seit einigen Jahren u.a. für die KSS-Entwicklung und -anwendung von Henkel Technologies eingesetzt wird, beinhaltet sowohl eine funktionsfähige Hornschicht wie auch einen aktiven, aeroben Hautstoffwechsel. Im BUS-Modell wird mit Hilfe von Ganzhautbiopsien und biochemischen Methoden die Entwicklung der lokalen Verträglichkeit nach bestimmten Expositionszeiten verfolgt, mit unbehandelter Haut verglichen und bewertet.

6.1.1 Versuchsaufbau und Probenentnahme

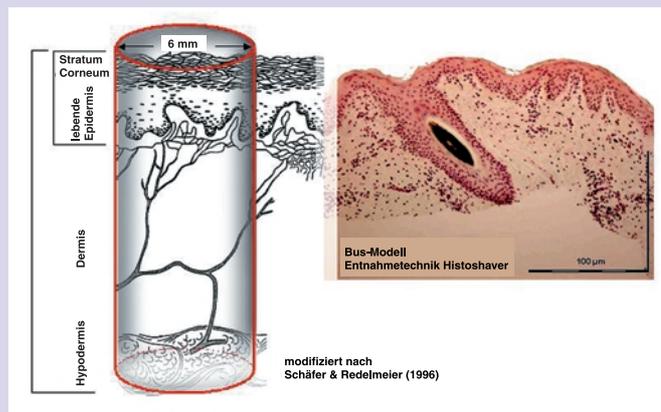
Im BUS-Test wird das isolierte Rindereuter perfundiert, um die Haut über mehr als acht Stunden lebensfähig zu erhalten. Der experimentelle Aufbau ist in Abbildung 10 schematisch dargestellt. Weitere Beschreibungen zu Modell und Versuchsaufbau sind der angegebenen Literatur zu entnehmen.

Abbildung 10:
Experimenteller Aufbau des
BUS-Tests (SIMRED GmbH)
(siehe auch Titelseite:
BUS-Test in der Anwendung,
mit Applikationsstellen)



Die Testsubstanz wird auf das Euter aufgetragen (offene oder geschlossene Applikation). Für die Bestimmung der biochemischen Parameter werden Ganzhautbiopsien (d=6mm, Hautstanze Fa. Stiefel) entnommen. Abbildung 11 zeigt schematisch (links) eine Ganzhautbiopsie und den histologischen Schnitt (rechts, H&E-Färbung) durch die Euterhaut (pigmentiert) mit follikulären und interfollikulären Abschnitten (Entnahmetechnik: Histoshaver).

Abbildung 11:
Ganzhautbiopsie für Messungen im BUS-Modell und histologischer Schnitt



6.1.2 Hautreaktionen und Messparameter im BUS-Modell

Hautreaktionen treten auf, wenn die Hornschichtbarriere insuffizient wird. Das ist dann der Fall, wenn Inhaltsstoffe mit Irritationspotential aus der Formulierung freigesetzt werden und die Hornschichtbarriere bzw. die epidermalen Zellen zu penetrieren vermögen. Im BUS-Modell wird die Reaktion der Hautzellen invasiv mit Hilfe von Ganzhautbiopsien über mehrere Zeitpunkte verfolgt. Der Zusammenhang zwischen Absorption, Irritationspotential und Reaktion ist in Abbildung 12 dargestellt.

Abbildung 12:
Voraussetzungen für lokale Unverträglichkeit/Wirkung

Absorption	+	Potential	=	Effekt
		negativ		nein
		negativ		nein
		positiv		nein
		positiv		Lokale Wirkung Lokale Irritation

Untersuchungen

Die zelluläre Reaktion nach örtlicher Anwendung einer Formulierung mit Irritationspotential kann als Verlauf in einer Expositions-Wirkungskurve veranschaulicht werden (Abbildung 13 a).

Am Beginn stehen die physiologische Aktivierung des Gewebes und reversible Strukturänderungen der Zellmembran (Zellreizung). Das Endstadium der zellulären Reaktion ist die irreversible Zellschädigung (Zytotoxizität). Der Kurvenverlauf wird u.a. durch das eingesetzte Produkt, die Expositionsdauer und die Barrierefunktion der Haut beeinflusst.

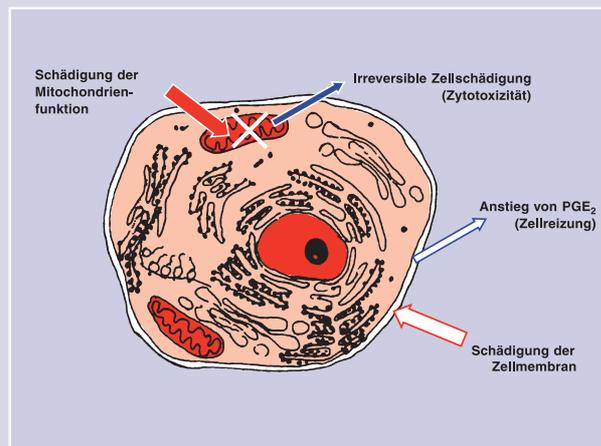
**Abbildung 13:
Zelluläre Reaktionen**

**13 a) Expositions-Wirkungskurve
(modifiziert nach P. Nicotera, 1996)**



**Abbildung 13:
Zelluläre Reaktionen**

**13 b) Darstellung der zellulären
Vorgänge, die im Test biochemisch
erfasst werden**



Die zellulären Reaktionen werden im BUS-Modell u.a. durch biochemische Bestimmung zweier verschiedener Parameter quantifiziert:

- Der Grad der reversiblen Zellreizung wird mit der Gewebekonzentration des Prostaglandin E₂ (ng PGE₂/μg DNA) gemessen. Prostaglandine sind Teil des Arachidonsäurestoffwechsels und als Endzündungsmediatoren ursächlich an der Hautrötung und -schwellung beteiligt. Mit zunehmender Zellreizung nimmt die Prostaglandinkonzentration im Gewebe zu.
- Das Ausmaß der irreversiblen Zellschädigung wird durch den Methyl-Thiazol-Tetrazolium-Test (MTT-Test) bestimmt. Hierbei wird über die Mitochondrienfunktion der Anteil der noch lebensfähigen Zellen im Vergleich mit unbehandelten Hautarealen gemessen. Nur funktionsfähige Mitochondrien in lebenden Zellen vermögen den im Test zugesetzten wasserlöslichen Farbstoff MTT in wasserunlösliches Formazan zu überführen. Bei zunehmender Zellschädigung verringert sich daher der gemessene Formazan-Wert (μg Formazan/μg DNA).

Mit dem Prüfdesign des BUS-Irritationstests ist es möglich, die Kinetik beider Parameter über drei Expositionszeiten (Kurzzeit: 0,25 h und 1,0 h, überlange Einwirkzeit: 3,0 bis 5,0 h) in unbehandelter und behandelter Haut zu ermitteln und die Hautverträglichkeit der Testsubstanz abzuleiten.

6.2 UNTERSUCHUNGEN ZUR HAUTVERTRÄGLICHKEIT VON KÜHLSCHMIERSTOFFEN

Zur Hautverträglichkeit von KSS und zu den eingesetzten Methoden haben zahlreiche Autoren Ergebnisse vorgelegt. Die meisten dieser Daten beziehen sich auf in-vivo-Standarduntersuchungen (Probandenstudien, Tierversuche) mit frischen, ungebrauchten KSS. Standardisierte Labordaten für gebrauchte KSS liegen nur in Einzelfällen vor. So haben Untersuchungen ergeben, dass Kühlschmierstoffe aus Betrieben mit hoher Inzidenz irritativer Kontaktekzeme auch experimentell an Hautgesunden (Repetitiver Irritationstest, RIT) die stärksten Hautirritationen verursachten.

Im Nachfolgenden werden mit dem BUS-Modell durchgeführte Untersuchungen (SIMRED GmbH) an Kühlschmierstoffen der Produktlinie MULTAN[®] bzw. deren Ergebnisse verkürzt dargestellt (siehe Pittermann W., Holtmann W., Kietzmann M.; in Vorbereitung).

Untersuchungen

Tabelle 6 stellt eine Auswahl der getesteten Kühlschmierstoffe mit Produktbeschreibung, Einsatzkonzentration und pH-Wert dar.

Tabelle 6: Beispiele für untersuchte KSS der Henkel Technologies - MULTAN® - Reihe				
MULTAN®	97-10 D	70-40	201	233
Einsatzkonzentration (Vol.-%)	5%	4%	100%	100%
pH-Wert	9,2	9,2	Öl	Öl
Hochleistungs-KSS, borfrei	X			
Biozid, Formaldehyd abspaltend	X	X		
Mineralölfrei, nachwachsende Rohstoffe			X	X
Hochleistungs-KSS, borhaltig		X		
Native Öle, Bestandteil HD-Konzept			X	X

6.2.1 Untersuchungen zum Biozideinsatz in KSS (wassermischbar)

Biozide sind häufig Inhaltsstoffe wassermischbarer KSS mit hoher biologischer Wirksamkeit, die in der Anwendung Konzentrationsschwankungen unterliegen. Sie werden auch im Rahmen der Nachkonservierung ersetzt bzw. zugesetzt.

Mit dem beschriebenen Testverfahren wurden am Beispiel von MULTAN® 97-10 D die Irritationspotentiale verschiedener Biozidprodukte in unterschiedlichen Einsatzkonzentrationen bestimmt. Eine Optimierung des Biozideinsatzes hinsichtlich Wirkstoff und Konzentration ist somit möglich.

6.2.2 Untersuchungen zur Einsatzkonzentration von KSS (wassermischbar)

Die Festlegung der Einsatzkonzentration von wassermischbaren KSS hängt in erster Linie von technischen und wirtschaftlichen Zielvorgaben ab. Mit dem BUS-Modell ist es möglich geworden, konzentrationsabhängige Tests zur Hautverträglichkeit durchzuführen.

Unter anderem wurden am Beispiel von MULTAN® 97-10 D in-vitro-Tests mit unterschiedlichen, z.T. deutlich überhöhten Konzentrationen durchgeführt und dabei ein breites, dermatologisch günstiges Konzentrationsspektrum für dieses Produkt ermittelt.

6.2.3 Untersuchungen zu Emulgatorsystemen in KSS (wassermischbar)

Emulgator- und Tensidsysteme sind wichtige KSS-Bestandteile, um die technisch notwendigen, feindispersen Emulsionen mit Teilchengrößen von unter 200 nm zu erhalten. In der Interaktion mit der Barriere in der Hornschicht können diese Inhaltsstoffe biologisch wirksam werden.

Die Kühlschmierstoffe MULTAN[®] 97-10 D und MULTAN[®] 70-40 unterscheiden sich in ihren Emulgatorsystemen, Schmierstoffkomponenten bzw. Borgehalt und wurden beispielhaft untersucht.

Beide KSS weisen bei einer Einsatzkonzentration von 4 bzw. 5 Vol.-% und einem pH-Wert von 9,2 eine sehr gute Hautverträglichkeit aus. Relevante Unterschiede zwischen den Produkten waren nicht zu beobachten, d.h. das eingesetzte Emulgatorsystem war für beide KSS-Produkte dermatologisch neutral. Beide Produkte sind nach den verwendeten Testmodellen (Patch, BUS) sehr günstig zu bewerten.

6.2.4 Untersuchungen zu nativen Ölen im MULTAN[®]-HD-Konzept

Das Hauptmerkmal des HD-Konzepts ist der Zusatz von Produkten auf Basis nativer Öle pflanzlichen Ursprungs zur technischen Leistungsverbesserung.

Mit dem BUS-Irritationstest wurden die beiden auf nativer Basis formulierten Öle MULTAN[®] 201 und MULTAN[®] 233 unverdünnt untersucht.

Für MULTAN[®] 201 lagen bereits Ergebnisse aus Humanstudien (24h-Patchtest und andere nicht-invasive Testverfahren) vor, die insgesamt eine sehr gute Hautverträglichkeit dokumentieren. Die Ergebnisse aus dem BUS-Test bestätigen dies für MULTAN[®] 201 und weisen eine gleich gute Hautverträglichkeit auch für MULTAN[®] 233 aus. Wesentliche Unterschiede zwischen beiden Produkten konnten nicht gemessen werden.

6.3 UNTERSUCHUNGEN ZUR WIRKSAMKEIT VON HAUTSCHUTZMITTELN

6.3.1 Vorbemerkung

Treten in einem Betrieb Hautbeschwerden auf, so wird zunächst die Frage nach der Verträglichkeit des eingesetzten KSS zu stellen sein. Die Verantwortlichen müssen sich überdies vergewissern, ob dem Hautschutzplan entsprechend verfahren wurde und/oder das Schutzpotential der verfügbaren Produkte unter den eigenen betrieblichen Bedingungen ausreichend ist.

Die nachfolgende Studie entwickelte sich aus einem solchen Praxisfall. Aufgrund ungewöhnlich häufiger, KSS-bedingter Hautreaktionen (Rötungen / Juckreiz) wurde in einem metallbearbeitenden Betrieb die Hautverträglichkeit des KSS sowie die Wirksamkeit des angebotenen Hautschutzprodukts überprüft (siehe Literatur: Pittermann W., Geke J.).

Untersuchungen

6.3.2 BUS-Modell (Hautirritation und Hautschutz)

Die Frage des Wirksamkeitsnachweises von Hautschutzpräparaten wurde in den vergangenen Jahren intensiv diskutiert (vgl. 3.6). Einen Schwerpunkt bildeten dabei in-vivo-Probandenstudien in Form von Reizversuchen mit induzierter, wiederholter Schädigung durch Modellnoxen, wie zum Beispiel SDS oder Toluol. Laborstudienresultate mit frischen oder gebrauchten KSS als Noxe liegen bis dato nicht vor. Andere in-vivo-Studien, wie etwa Tierversuche verbieten sich entweder aus ethischen oder gesetzlichen Gründen (siehe 3.6.1).

Das BUS-Studiendesign zur Bestimmung der Hautirritation (siehe 6.1) wurde zum Wirksamkeitsnachweis von Hautschutzprodukten mit offener Applikation weiterentwickelt und in zahlreichen Projekten, wie z.B. mit Marktprodukten gegen lipophile Noxen abgesichert und publiziert. Das Prüfdesign sieht vor, die Noxe auf unbehandelter und mit Hautschutz vorbehandelter Haut parallel zu applizieren. Damit ist es möglich, den Grad des Schadenspotentials (Noxe) wie auch der Schutzwirkung des Hautschutzpräparats (HSP) zu verfolgen und zu vergleichen.

Die gebrauchte KSS-Emulsion (Einsatzkonzentration ca. 5%) aus dem Betrieb wurde codiert in 8 unabhängigen Eutertests (SIMRED GmbH) verwendet. Die Applikation erfolgte offen (2 g/100 cm²). Ein weiteres Hautfeld wurde mit dem zu prüfenden Hautschutzprodukt (Herwesan Acqua, Herwe GmbH; 2 g/100 cm²) für 15 Minuten vorbehandelt. Nach dieser Einwirkzeit sind die volatilen Bestandteile der Schutzcreme verdunstet und die Hornschicht in Abhängigkeit von der Formulierung gesättigt. Die erste Ganzhautbiopsie wird 15 Minuten nach Beginn der KSS-Applikation entnommen. Die Entwicklung der Reaktion der HSP- und KSS- behandelten Haut wird mit der nicht vorbehandelten Haut und der unbehandelten Kontrollhaut verglichen. Auf diese Weise wird nicht nur der Schädigungsgrad des KSS, sondern auch das Schutzpotential der Creme über 3 Expositionszeiten (0,25 h, 1,0 h und 5,0 h) standardisiert bewertet.

Die Absicherung der Versuchsdaten über alle Expositionsbereiche erfolgte durch Varianzanalyse mit anschließendem LSD-Test (LSD = Least Square Difference) für multiple Vergleiche.

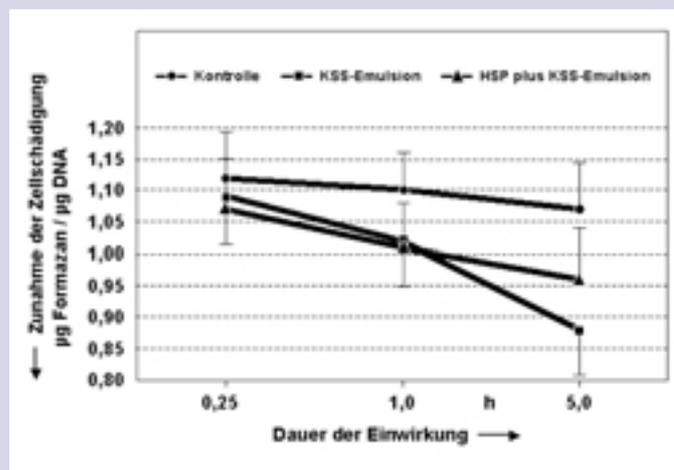
6.3.3 Ergebnis und Zusammenfassung

In einem standardisierten in-vitro-BUS-Hauttest wurde die Hautverträglichkeit eines kommerziell verfügbaren, gebrauchten Kühlschmierstoffs in einer Konzentration von ca. 5 Vol.-% und die Wirksamkeit eines marktgängigen Hautschutzprodukts (Herwesan Acqua, W/O-Emulsion) gegenüber diesem KSS geprüft. In Abbildung 14 (Zellschädigung) und Abbildung 15 (Zellreizung) sind jeweils drei Werte pro Zeitpunkt für die unbehandelte, die mit gebrauchter KSS-Emulsion behandelte sowie die mit Herwesan Acqua vorbehandelte und anschließend mit KSS nachbehandelte Hautfläche aufgezeigt. Die Ergebnisse und Bewertung der kombinierten in-vitro-Studie weisen aus, dass die gebrauchte KSS-Emulsion zum Zeitpunkt der Prüfung hautunverträglich war und somit als Ursache für die festgestellten Hautveränderungen angesehen werden muss.

Nach einer Expositionszeit von 15 Minuten konnten biochemisch noch keine Veränderungen nachgewiesen werden. Die Hautreaktion (Zellreizung / Zellschädigung) begann nach einer Einwirkungsdauer von 1,0 h. Aus dem Grad und dem Verlauf der zellulären Reaktion ist auf eine Hautunverträglichkeit nach wiederholtem Kontakt zu schließen, d.h. die klinischen Befunde bei Mitarbeitern im Betrieb wurden experimentell bestätigt. Die Vorbehandlung (15 Minuten) durch das Hautschutzprodukt Herwesan Acqua reduzierte die Hautreaktion

signifikant. Während das Merkmal der Zellschädigung (Abbildung 14) nur gering und nach langer Expositionsdauer (5,0 h) beeinflusst wurde, war die Reduktion der Zellreizung zum Zeitpunkt der maximalen Konzentration (1,0 h) deutlich: Die Ausschüttung des für den weiteren Reaktionsablauf wichtigen Entzündungsmediators Prostaglandin E₂ wurde signifikant vermindert (Abbildung 15).

Abbildung 14:
Zellschädigung (μg Formazan/
 μg DNA) im BUS-Modell nach
Applikation eines irritativ wirksamen,
gebrauchten KSS (wassermischbar) ohne
und mit vorheriger Anwendung des
Hautschutzpräparates Herwesan Acqua
(HSP)

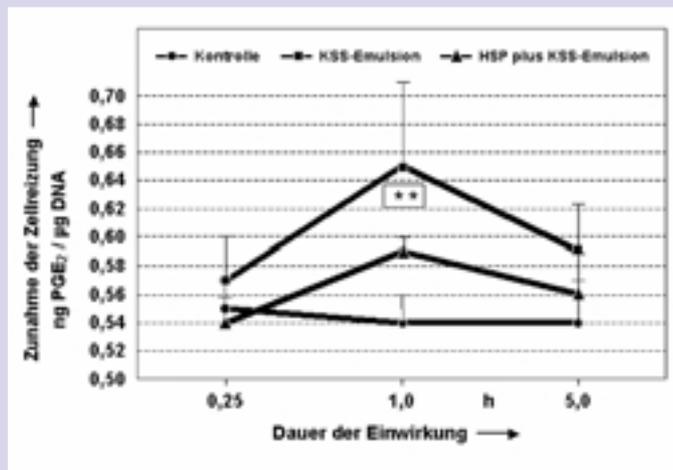


Ergebnisse zum Verlauf der Zellschädigung, gemessen durch den MTT-Test: Im Gegensatz zur PGE₂-Gewebskonzentration (Abb.15) wird für diesen Verlauf eine geringe, spontane Zunahme der Zahl der geschädigten Zellen sichtbar. Durch die offene Applikation der lokal unverträglichen, gebrauchten KSS-Emulsion wird diese Zunahme der irreversiblen Zellschädigung wesentlich und bis zum Ende der Einwirkzeit verstärkt.

Die Vorbehandlung (15 Minuten) der Haut mit Herwesan Acqua (HSP) führt innerhalb der Einwirkzeit von einer Stunde zu keinen Veränderungen der zellulären Reaktion. Nach weiteren vier Stunden ergibt sich tendenziell ein Unterschied zwischen vorbehandelten und nicht-vorbehandelten Hautarealen. Der Unterschied ist nicht signifikant.

Untersuchungen

Abbildung 15:
Zellreizung (ng PGE₂ / µg DNA)
im BUS-Modell nach topischer
Applikation eines irritativ wirksamen,
gebrauchten KSS
(wassermischbar) ohne und mit
vorheriger Anwendung des
Hautschutzpräparates
Herwesan Acqua (HSP)



Ergebnisse zum Verlauf der Zellreizung: Nach der offenen Applikation der gebrauchten KSS-Emulsion wird die maximale Zunahme der PGE₂- Gewebskonzentration nach einer Einwirkzeit von einer Stunde gemessen. Nach weiteren 4 Stunden der Einwirkung erweist sich die Zunahme als reversibel. Im Vergleich dazu bleibt die Konzentration in der unbehandelten Kontrolle über 5 Stunden konstant.

Die Vorbehandlung (15 Minuten) der Haut mit Herwesan Acqua (HSP) reduziert die maximale Freisetzung von PGE₂ nach 1,0 h statistisch signifikant ($p \leq 0,01$). Damit wird die subklinische Schädigung der KSS-Emulsion deutlich unterdrückt.

Nach den bisherigen Erfahrungen mit dem kombinierten BUS-Modell zur Erfassung der Hautverträglichkeit in Kombination mit dem Wirksamkeitsnachweis von Hautschutzmitteln kann dem Produkt Herwesan Acqua eine gute Schutzfunktion gegen hautgefährdende, wassermischbare KSS unter Praxisbedingungen zuerkannt werden.

7. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Broschüre ist es, erstmals einen praktikablen und informativen Leitfaden für das komplexe Themenfeld „Kühlschmierstoffe und Hautschutz“ vorzulegen. Schwerpunkt der Ausführungen sind die dermatologischen und regulatorischen Aspekte in Entwicklung und Anwendung von KSS und die besonderen Erfordernisse des gewerblichen Hautschutzes unter Praxisbedingungen.

Zahlreiche Initiativen der zuständigen Berufsgenossenschaften (BG) zur Aufklärung der Gesundheits- und Hautgefährdung durch Kühlschmierstoffe beweisen eindrucksvoll die Bedeutung des Managements von Arbeitsstoffen in der metallverarbeitenden Industrie.

Weitere wesentliche Beiträge wurden und werden erst durch eine zielgerichtete Optimierung der Kühlschmierstoffe durch die Hersteller in der Entwicklung und Anwendung erreicht.

Für wassermischbare KSS des Kernprogramms von Henkel Technologies wurden konkrete Schritte beschrieben, um mögliche Gefährdungen zu minimieren und die Verträglichkeit zu steigern. Dazu zählt die sorgfältige Bewertung der eingesetzten Rohstoffe unter Verzicht auf hautsensibilisierende und umweltproblematische Inhaltsstoffe sowie die Reduzierung der Einsatzkonzentrationen.

Diese Entwicklungen führten und führen zu Kühlschmierstoffkonzentraten höchster Qualität, für die keine Kennzeichnung mit R38 („Reizt die Haut“) erforderlich ist. Die Hautverträglichkeit wurde in der Anwendungskonzentration von 5,0% gemäß Colipa-konformen 24h-Patch- und in-vitro-Tests (BUS-Modell, SIM-RED GmbH) geprüft. Nach beiden Modellen wurden sehr günstige Werte erhalten.

Das in-vitro-Hautmodell des BUS-Systems bietet darüber hinaus die einzigartige Möglichkeit, Inhaltsstoffe von KSS, wie z.B. Biozide und Emulgatoren, z.T. in verschiedenen Konzentrationen auf ihre Eignung in Formulierungen zu prüfen. Zusätzlich erlaubt diese biochemische Methodik, Gebrauchsemulsionen aus der Praxis vergleichend zu untersuchen.

Eine wichtige Maßnahme zur Vermeidung von Hautgefährdungen durch Arbeitsstoffe stellt der abgestimmte Einsatz von Hautschutzprodukten dar. Mit dem speziellen Prüfdesign des BUS-Modells zum Wirksamkeitsnachweis von Hautschutzmitteln wurde die Möglichkeit eines validen in-vitro-Modells aufgezeigt. So wurde die Wirksamkeit eines Hautschutzpräparats (Herwesan Acqua, Herwe GmbH) gegenüber realen, irritierenden, aus der Praxis entnommenen wassermischbaren Kühlschmierstoffen nachgewiesen.

Eine enge Zusammenarbeit in der Praxis zwischen Kühlschmierstoff- und Hautschutzmittelhersteller bietet neue Entwicklungsmöglichkeiten. Den Kunden wird damit weltweit ein abgestimmtes Produktkonzept in der Metallbearbeitung angeboten.

8. Anhang

8.1 ABKÜRZUNGEN

BFV	.....	.Blood flow velocity (Kutaner Blutfluss)
BKV	.....	.Berufskrankheiten-Verordnung
BG	.....	.Berufsgenossenschaft
BIA	.....	.Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit
BK	.....	.Berufskrankheit
BUS	.....	.Bovine udder skin (Isoliert perfundiertes Rindereuter)
EP	.....	.Extreme pressure (Hochdruck)
H&E-Färbung	.....	.Hämatoxylin-Eosin-Färbung
HSP	.....	.Hautschutzpräparat
HVBG	.....	.Hauptverband der Berufsgenossenschaften
IGM	.....	.IG Metall
KSS	.....	.Kühlschmierstoff
LMBG	.....	.Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz
LSD	.....	.Least significant difference
MCT	.....	.Medium chain triglyceride (Triglycerid aus mittelkettigen Fettsäuren)
MTT	.....	.Methyl-Thiazol-Tetrazolium-Test
NMF	.....	.Natural moisturizing factor (Natürlicher Feuchtigkeitsfaktor)
O/W	.....	.Öl in Wasser
PAK	.....	.Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PGE ₂	.....	.Prostaglandin E ₂
RHF	.....	.Relative Hautfeuchte (Corneale Hautfeuchte)
RIT	.....	.Repetitiver Irritationstest
ROIT	.....	.Repetitiver offener Irritationstest
SDS (SLS)	.....	.Natriumdodecylsulfat (Natriumlaurylsulfat)
TEWL	.....	.Transepidermaler Wasserverlust
TRGS	.....	.Technische Regel für Gefahrstoffe
W/O	.....	.Wasser in Öl
ZIGUV	.....	.Zentrales Informationssystem der gesetzlichen Unfallversicherung

8.2 LITERATUR

Bagschik U., Boveleth W., Gebert J., Rabente T., Sonnenschein G. (2001)
Kühlschmierstoffe; Sonderausgabe von „sicher arbeiten“, 6. Aufl., November 2001; Klingenberg Buchkunst, Leipzig

Bäumer W., Kietzmann M. (2000)
The isolated perfused bovine udder as a model of dermal eicosanoid releaser; ATLA 28, 643-649

Bäumer W., Kietzmann M. (2001)
Effects of steroidal and non-steroidal antiphlogistic drugs on eicosanoid synthesis in irritated skin: studies with the isolated perfused bovine udder; J. Pharm. Pharmacol. 53, 743-747

Beruflicher Hautschutz (2003)
Gemeinsame Leitlinie der Arbeitsgemeinschaft für Berufsdermatologie (ABD) in der Deutschen Dermatologischen Gesellschaft (DDG) und der Gesellschaft für Dermopharmazie e.V. (GD)

- Berufskrankheiten – Verordnung (BKV)
vom 31. Oktober 1997; BGBl. I S.2623
Beyer H., Walter W. (1988)
Lehrbuch der organischen Chemie; 21. Auflage, S. Hirzel Verlag, Stuttgart
- BG Maschinenbau und Metall-Berufsgenossenschaft (Herausgeber) (2001)
Kühlschmierstoffe; 6. aktualisierte Ausgabe
- BG-Regel BGR 143
Regeln für Sicherheit und Gesundheitsschutz beim Umgang mit Kühlschmierstoffen (bisher ZH 1/248); 07/1994
- Deleo V.A., Carvers M.P., Hong J., Fung K., Kong B., DeSalva S. (1996)
Arachidonic acid release: An in-vitro alternative for dermal irritancy testing; *Fd. Chem. Toxic.* 34, 167-176
- Dicke W., Mehlem P., Funk-Stendel I. (1996)
Alles über Hautschutz, Hautreinigung, Hautpflege; Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven
- Fey H., Otte I. (1991)
Wörterbuch der Kosmetik; Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart
- Forslind B. (2000)
The structure of the human skin barrier; in: *Handbook of Occupational Dermatology* (eds.: L. Kanerva, J.E. Wahlberg, P. Elsner, H.I. Maibach), 56-63; Springer Verlag, Berlin
- Förster Th., Jackwerth B., Pittermann W., van Rybinski W., Schmitt M. (1997)
Properties of emulsions: Structure and skin penetration; *Cosmetics & Toiletries* 112, 73-82
- Förster Th., Pittermann W., Schmitt M., Kietzmann M. (1999)
Skin penetration properties of cosmetic formulations using a perfused bovine udder model; *J. Cosmet. Sci.* 50, 147-157
- Foulds I.S. (2000)
Cutting fluids; in: *Handbook of Occupational Dermatology* (eds.: L. Kanerva, J.E. Wahlberg, P. Elsner, H.I. Maibach), 691 – 700; Springer Verlag, Berlin
- Frosch P.J., Kurte A. (1994)
The efficacy of skin barrier creams (IV). The repetitive irritation test (RIT) with a set of 4 standard irritants; *Contact Dermatitis* 31, 161-168
- Gesetz über den Verkehr mit Lebensmitteln, Tabakerzeugnissen, kosmetischen Mitteln und sonstigen Bedarfsgegenständen (Lebensmittel- und Bedarfsgegenstände-gesetz)
i.d.F. der Bekanntmachung vom 9. September 1997; BGBl. III /FNA 2125-40-1-2
- Hautkrankheiten und Hautschutz
GUV 50.0.11 Theorie und Praxis der Prävention; Herausgeber: Gesetzliche Unfallversicherung, BGW (1993)
- Issberner U., Klose W., Kremer J., Matthies W., Geke J. (1999)
P3-Multan HD Emulsion: Dermatologische Untersuchungen zur Hautverträglichkeit eines neuartigen Kühlschmierstoffkonzepts; *Tribologie und Schmierungstechnik* 46, 38-43
- Jackwerth B., Pittermann W., Kietzmann M. (1996)
Bovine udder skin model (BUS): Innovatives in-vitro-Modell zur Penetration, Resorption und Irritationswirkung kosmetischer Stoffe und Formulierungen; *Parfümerie und Kosmetik* 77, 37-40
- Kietzmann M., Bäumer W., Bien E., Lubach D. (1999)
Anmerkungen zu hautirritierenden Wirkungen von Zement; *Dermatosen* 47, 184-189
- Kietzmann M., Löscher W., Arens D., Maaß P., Lubach D. (1993)
Perfused bovine udder as an in-vitro model of percutaneous drug absorption. Skin viability and percutaneous absorption of dexamethasone, benzoyl peroxide and etofenamate; *J. Pharm. Toxicol. Meth.* 30, 75-84
- Kligman A.M. (2000)
Hydration injury to human skin: A view from the horny layer; in: *Handbook of Occupational Dermatology* (eds.: L. Kanerva, J.E. Wahlberg, P. Elsner, H.I. Maibach), 76-80; Springer Verlag
- Klotz A., zur Mühlen A., Röcher W., Kirchoff R., Veeger M. (2002)
Neue Wirkprinzipien für Hautschutzmittel; *die BG*, September 2002, 460-463
- Lademann J., Otberg N., Richter H., Jacobi U., Schaefer H., Blume-Peytavi U., Sterry W. (2003)
Follikuläre Penetration – ein entscheidender Penetrationsweg von topisch applizierten Substanzen; *Hautarzt* 54, 321-323

Anhang

- Lampen P., Pittermann W., Heise H.M., Schmitt M., Jungmann H., Kietzmann M. (2003)
Penetration studies of vitamine E-acetate applied from cosmetic formulations to the stratum corneum of an in-vitro model using quantifications by tape-stripping, UV-spectroscopy and HPLC; J. Cosmet. Sci. 54, 119-131
- Lautenschläger H. (1996)
Kühlschmierstoffe – Forderungen des modernen Hautschutzes; Mineralöltechnik 6/96
- Nicotera P. (1996)
Alteration of cell signalling in chemical toxicity; Arch. Toxicology (Suppl. 18), 3-11, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (1996)
- Nöring R. (1995)
Evaluierung eines arbeitsmedizinischen Programms zur Prävention berufsbedingter Hauterkrankungen; Arbeitsmed., Sozialmed., Umweltmed. 30, 251-256
- Nöring R., Storck J. (1994)
Welche Bedeutung hat eine epicutane Sensibilisierung gegen Chrom, Kobalt, Nickel in einem metallverarbeitenden Großbetrieb?; Vortrag anlässlich der 3. Tagung der Arbeitsgemeinschaft für Berufs- und Umweltdermatologie (ABD) e.V., München, 1994
- Pittermann W. (1997)
In-vitro-Methoden und Alternativen: Erfahrungen und Argumente; Kosmetikjahrbuch 1997, Rohstofflexikon, 422-433; Verlag für chemische Industrie H. Ziolkowski GmbH, Augsburg
- Pittermann W. (1998)
Mit Tierorganmodellen versuchstierfrei forschen; Parfümerie und Kosmetik 79, 46-47
- Pittermann W. (1999)
Tierversuchsfrei forschen mit dem Rindereuter-Modell. In-vitro-Haut- und Schleimhauttests im Fokus kosmetischer Forschung; Parfümerie und Kosmetik 80, 38-41
- Pittermann W., Gassenmeier Th., Nieveler S., Förster Th., Kietzmann M. (2000)
Experimentally induced epidermal barrier perturbation: Measurement of transepidermal water loss (TEWL) using the isolated perfused bovine udder skin (BUS) model; IFSCC-magazine 3, 29-32
- Pittermann W., Geke J.
Wassermischbare Kühlschmierstoffe, Hautverträglichkeit und Hautschutz - Ein Bericht aus der Praxis; MM - Das IndustrieMagazin; Publikation in Vorbereitung
- Pittermann W., Holtmann W., Kietzmann M.
In-vitro Studien zur Hautverträglichkeit von Kühlschmierstoffen; Dermatologie in Beruf und Umwelt / Occupational and Environmental Dermatology; Publikation eingereicht
- Pittermann W., Holtmann W., Kietzmann M. (2003)
Prävention gegen lipophile Noxen durch Hautschutzprodukte; Arbeitsmed., Sozialmed., Umweltmed. 38, 435-442
- Pittermann W., Hörner V., Förster Th., Kietzmann M. (1997)
Use of natural and artificial skin models in cosmetic research; SÖFW-Journal 123, 666-670
- Pittermann W., Jackwert B., M. Schmitt M. (1997)
The isolated perfused bovine udder skin model: A new in-vitro model for the assessment of skin penetration and irritation; In-vitro Toxicology 10, 17-21
- Pugliese P. T. (1996)
Physiology of the skin; Allured Publishing Corporation, Carol Stream, IL, USA
- Richtlinie 2003/15/EG des Europäischen Parlamentes und des Rates vom 27.02.2003
zur Änderung der Richtlinie 76/768/EWG des Rates zur Angleichung der Rechtsvorschriften der Mitgliedsstaaten über kosmetische Mittel; ABl. EG L66/26
- Rippke F., Schreiner V., Schwanitz H.J. (1999)
Das saure Hornschichtmilieu – neue Erkenntnisse zur Physiologie und Pathophysiologie des Haut-pH-Wertes; Dermatosen/Occup. Environ. 47, 230-245
- Schaefer H., Redelmaier Th. (1996)
Skin barrier – principles of percutaneous absorption; Verlag S. Karger, Basel
- Schlüter-Wigger W., Elsner P. (1996)
Efficiency of commercially available protection creams in the repetitive irritation test (RIT); Contact dermatitis 34, 278-283

Schnetz E., Diepgen T.L., Elsner P., Frosch P.J., Klotz A.J., Kresken J., Kuss O., Merk H., Schwanitz H.J., Wigger-Alberti W., Fartasch M. (2000)
Multicenter study for the development of an in vivo model to evaluate the influence of topical formulations on irritation; Contact Dermatitis 12, 336-341

Technische Regel für Gefahrstoffe – TRGS 552
N-Nitrosamine; Ausgabe: März 1996, zuletzt geändert: BArbBl. Heft 9/1998

Technische Regel für Gefahrstoffe – TRGS 611
Verwendungsbeschränkungen für wassermischbare bzw. wassergemischte Kühlschmierstoffe, bei deren Einsatz N-Nitrosamine auftreten können; Ausgabe: Oktober 2002

Technische Regel für Gefahrstoffe – TRGS 905
Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe; Ausgabe: März 2001, zuletzt geändert : BArbBl. Heft 3/2002

Technische Regel für Gefahrstoffe TRGS 531
Gefährdung der Haut durch Arbeiten im feuchten Milieu (Feuchtarbeit); Ausgabe: September 1996

Tiedemann K.-H. (1996)
Methoden des persönlichen Hautschutzes; in: Hautschutz, Hautreinigung, Hautpflege – Produktinformationen für Werksärzte und Sicherheitsingenieure; 2. Aufl., Herwe GmbH, Sinsheim

Tiedemann K.-H., Zöllner G., Adam M., Becker D., Boveleth W., Eck E., Eckert Ch., Englitz H.-G., Geier J., Koch P., Lessmann H., Müller J., Nöring R., Rocker M., Rothe A., Schmidt A., Schumacher Th., Uter W., Warfolomeow I., Wirtz C. (2002)
Empfehlungen für die Epicutantestung bei Verdacht auf Kontaktallergie durch Kühlschmierstoffe - 2.) Hinweise zur Arbeitsstofffestung; Dermatol. Beruf Umwelt/Occup. Envir. Dermatol. 50, 180-189

Tsai T.-F., Maibach H.I. (1999)
How irritant is water? An overview; Contact dermatitis 41, 311-314

Verordnung über Kosmetische Mittel (Kosmetikverordnung)
i.d. Neufassung vom 7. Oktober 1997, zuletzt aktualisiert am 23. April 2003; BGBl I S. 2410

Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Gefahrstoffverordnung)
i.d. Bekanntmachung der Neufassung vom 15.11.1999; BGBl. I S. 2233

VKIS – VSI – IGM
Stoffliste für Kühlschmierstoffe nach DIN 51385 für die Metallbearbeitung; Stand: November 2002

Voss H. (1998)
Definition und Messung eines Hautschutzzfaktors; SÖFW-Journal 2/98, 60-71

Warner R.R. (1999)
Water disrupts stratum corneum lipid lamellae: Damage is similar to surfactants; J. invest. Dermatol. 113, 960-966

Wiberg N. (1985)
Holleman – Wiberg, Lehrbuch der anorganischen Chemie; Kap. 1.5.5.3.: Nitrosylverbindungen; 596-600; 91.-100. Aufl.; Walter de Gruyter Verlag, Berlin, New York

Wigger-Alberti W., Elsner P. (1997)
Predictive testing of metalworking fluids: a comparison of 2 cumulative human irritation models and correlation with epidemiological data; Contact Dermatitis 36, 14-20

Wigger-Alberti W., Elsner P. (2000)
Barrier creams and emollients; in: Handbook of Occupational Dermatology (eds.: L. Kanerva, J.E. Wahlberg, P. Elsner, H.I. Maibach), 490-496; Springer Verlag, Berlin

Wigger-Alberti W., Elsner P. (2000)
Contact dermatitis due to irritation; in: Handbook of Occupational Dermatology (eds.: L. Kanerva, J.E. Wahlberg, P. Elsner, H.I. Maibach), 99-110 (Abb. 5); Springer Verlag, Berlin

Witern K. P. (1988)
Hautpflegemittel; in: Umbach W. (Hrsg.): Kosmetik - Entwicklung, Herstellung und Anwendung kosmetischer Mittel, 79-94; Georg Thieme Verlag Stuttgart

Wulfhorst B., Schwanitz H.J. (2001)
Hautkrankheiten und Hautschutz; Schriftenreihe ‚Theorie und Praxis der Prävention‘ GUV 50.0.11; Bundesverband der Unfallkassen, München in Zusammenarbeit mit der Berufsgenossenschaft für Gesundheitsdienst und Wohlfahrtspflege

AUTOREN

Dr. Wolfgang Pittermann, Henkel KGaA
Dr. Olaf Munz, Herwe GmbH

unter Mitarbeit von
 Simone Brenck, Henkel KGaA
 Dr. Jürgen Geke, Henkel KGaA
 Dr. Thomas Konrad, Herwe GmbH
 Brian-James Rothwell, Henkel KGaA

IMPRESSUM

Herausgeber: Henkel KGaA, Herwe GmbH
 Redaktion: Dr. Wolfgang Pittermann, Henkel KGaA
 Dr. Olaf Munz, Herwe GmbH
 Dr. Thomas Konrad, Herwe GmbH
 Copyright: Henkel KGaA, Herwe GmbH
 Gestaltung und Satz: Atelier Torsten Deigner, Falkau
 Druck und Verarbeitung: Badenia Verlag und Druckerei GmbH, Karlsruhe
 Stand: August 2003

Die hier enthaltenen Informationen entsprechen unseren bisherigen Testergebnissen und praktischen Erfahrungen. Sie sind keine rechtliche Zusicherung bestimmter Eigenschaften oder Eignungen für einen konkreten Einsatzzweck und befreien den Kunden wegen der Fülle möglicher Einflüsse nicht von eigenen Prüfungen und entsprechenden Vorsichtsmaßnahmen.

8.3 ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Schematische Darstellung der vier Hautkompartimente mit Dickenangaben (μm) und Penetrationswegen (gedruckt mit freundlicher Genehmigung; Verlag S. Karger, Basel)	6
Abbildung 2: Menschliche Haut (Rücken, weibl.), interfollikulärer Abschnitt (Entnahme Dr. Pierre Foss, 66687 Wadern; Entnahmetechnik: Histoshaver; Objektivvergrößerung 20x; mit freundlicher Genehmigung durch Dr. P. Foss gedruckt).	7
Abbildung 3: Anerkannte berufliche Hauterkrankungen (BK 5101) in der gewerblichen Wirtschaft in den Jahren 1997-2001	11
Abbildung 4: Auslöser von Hauterkrankungen im Metallbereich	11
Abbildung 5: Diagramm nach Malten (W. Wigger - Alberti und P. Elsner, 2000) gedruckt mit freundlicher Genehmigung; Verlage Springer, Berlin und Blackwell Munksgaard, Kopenhagen	13
Abbildung 6: Prozessablauf in der Metallbearbeitung	21
Abbildung 7: Schematische Darstellung der spanenden Metallbearbeitung	21
Abbildung 8: Arten von Kühlschmierstoffen	22
Abbildung 9: Beispiel für einen Hautschutzplan in Metallbetrieben	32
Abbildung 10: Experimenteller Aufbau des BUS-Tests (SIMRED GmbH)	33
Abbildung 11: Ganzhautbiopsie für Messungen im BUS-Modell und histologischer Schnitt	34
Abbildung 12: Voraussetzungen für eine lokale Unverträglichkeit/Wirkung	34
Abbildung 13: Zelluläre Reaktionen	35
Abbildung 14: Zellschädigung (μg Formazan/ μg DNA) im BUS-Modell nach Applikation eines irritativ wirksamen, gebrauchten KSS (wassermischbar) ohne und mit vorheriger Anwendung des Hautschutzpräparates Herwesan Acqua (HSP)	40
Abbildung 15: Zellreizung (ng PGE ₂ / μg DNA) im BUS-Modell nach Applikation eines irritativ wirksamen, gebrauchten KSS (wassermischbar) ohne und mit vorheriger Anwendung des Hautschutzpräparates Herwesan Acqua (HSP)	41

DANKSAGUNG

Die Autoren danken allen Beteiligten für die fundierten Diskussionsbeiträge zum Manuskript und die anderweitige Unterstützung bei der Erstellung dieser Broschüre. Besonderer Dank gilt:

Herrn Dr. med. Rolf Grebenstein	Werksarzt, Robert Bosch GmbH, Blaichach
Herrn Dr. med. Reinhard Nöring	Werksarzt, Volkswagen AG, Kassel
Herrn Dipl. Chem. Michael Rocker	Leiter des Sachgebietes Kühlschmierstoffe Fachausschuss Maschinenbau, Fertigungssysteme, Stahlbau Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft, Mainz
Herrn Dr. med. Karl-Heinz Tiedemann	Leitender Werksarzt, ZF Lenkungstechnik, Schwäbisch Gmünd
Herrn Dr. med. Dipl. Chem. Lothar W. Weber	Betriebsarzt, Universität Ulm
Herrn Dr. med. Hubert Wehner	Werksarzt Volkswagen AG, Wolfsburg