

Toxikologische Aspekte bei der Verwendung von wassermischbaren Kühlschmierstoffen und Minimalmengenschmierstoffen

von

Wolfram Föllmann, Marcus Kleber, Stefanie Lucas, Ingrid Ester und Meinolf Blaszkewicz

Zusammenfassung

In der metallverarbeitenden Industrie werden für unterschiedliche Prozesse Kühlschmierstoffe (KSS) als Fertigungshilfsstoffe eingesetzt, um die Prozesssicherheit und die Produktivität zu erhöhen. Bei den KSS handelt es sich um wassergemischte Emulsionen oder nicht-wassermischbare Stoffe. Aufgrund der vielfältigen Aufgaben des KSS (z. B. Reduzierung der Reibung und Abführung der Prozesswärme) stellt dieser ein komplexes Gemisch verschiedener chemischer Substanzklassen dar, das für jede Anwendung und jeden Anwender optimiert wird.

Die Kosten für die KSS stellen einen wesentlichen Faktor der gesamten Fertigungskosten (ca. 16 % bezogen auf das Werkstück) dar. Ein Großteil dieser KSS-Kosten entfallen auf die Entsorgung von gebrauchten Emulsionen (Pfeifer 1993). Eine neue Technologie ermöglicht es, viele Prozesse der metallverarbeitenden Industrie ohne den Einsatz von KSS durchzuführen. Diese so genannte Trockenbearbeitung ist für ein großes Spektrum an Werkstoffen (Stahl, Aluminium, Grauguss) bei den spanenden Fertigungsverfahren Drehen und Fräsen möglich und entspricht der industriellen Praxis. Bohrverfahren besitzen einen Anteil von ca. 60 % an den Zerspanaufgaben und sind für eine Trockenbearbeitung aus wirtschaftlichen Erwägungen und unter Umweltaspekten besonders interessant. Diese Fertigungsverfahren sind aber im Hinblick auf eine Trockenbearbeitung besonders kritisch, da die Wirkstelle im Inneren des Bauteils liegt und der KSS als weitere Funktion den Spantransport gewährleisten muss. Zudem erzeugen Bohrverfahren wegen der

vergleichsweise großen Kontaktfläche eine große Wärmemenge, die ebenfalls aus der Bohrung abgeführt werden muss. In vielen Fällen, insbesondere beim Bohren von schwer zerspanbaren Werkstoffen, ist die Trockenbearbeitung bislang nicht möglich.

Ein Kompromiss zwischen dem KSS-Einsatz und der Trockenbearbeitung, der sich besonders für Bohrverfahren anbietet, ist die Minimalmengen Kühlschmierung (MMKS). Hierbei wird ein spezieller Schmierstoff, der in der Regel als Einzelstoff, meist aus den Verbindungsklassen Fettalkohole oder Fettsäureester, eingesetzt wird, mit Druckluft u. a. durch die im Bohrwerkzeug liegenden Kühlkanäle zur Wirkstelle geführt. Der Verbrauch liegt zwischen 20 und 50 ml Schmierstoff pro Stunde und ist eine Verlustschmierung, im Gegensatz zu den konventionellen KSS, die im Kreislauf geführt werden.

Einleitung

Bei der Verwendung von konventionellen KSS und Ölen für die MMKS können Arbeitnehmer bei verschiedenen Arbeitsabläufen über direkten Hautkontakt oder durch Dämpfe und Aerosole aus der Umgebungsluft mit Bestandteilen dieser Stoffe in Berührung kommen. In der Literatur (Stork et al. 1995; BG Maschinenbau- und Kleinereisenindustrie 1991) wird über konventionelle KSS mit den enthaltenen Bakteriziden und Fungiziden, mit entstandenen Reaktionsprodukten, eingeschleppten Fremdstoffen und Mikroorganismen als Auslöser für berufsbedingte Krankheiten berichtet. Es werden dabei Hauterkrankungen und Beeinflussungen der Lungenfunktion beschrieben. Die

Aufnahme über den Verdauungstrakt ist zwar prinzipiell möglich, Krankheitsbilder werden aber wegen der geringen oralen Toxizität nicht diskutiert (Stork et al. 1995). Beim Einsatz der MMKS sind kaum Erfahrungen in diesem Zusammenhang vorhanden.

In der Liste der Arbeitsstoffe, die im Metallgewerbe berufsbedingte Hauterkrankungen verursachen, stehen die KSS an erster Stelle. Neben starken Reizungen der Haut und damit verbundenen Kontaktekzemen und Ödemen wird ein allergisierendes Potenzial bei Arbeitern in der Industrie durch KSS-Bestandteile beobachtet. Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) in nicht-wassermischbaren KSS sind als Auslöser von Hautkrebs anerkannt (Berufsgenossenschaft der Maschinenbau- und Klein-eisenindustrie 1991).

Für den Bereich der Atemwege zeigen unterschiedliche Studien Gesundheitsbeeinträchtigungen auf, die auf die Inhalation von KSS-Aerosolen zurückgeführt wurden. So wurden für den Menschen Schleimhautreizungen, Lungenfunktionsstörungen und Bronchitis beobachtet. Allergisches Bronchialasthma wird bei Inhalation von Methyl-estern pflanzlicher Fettsäuren diskutiert. Lungenfibrosen bei Schleifern werden mit einer Cobalt-Exposition und einer Exposition bestimmter Schimmelpilzspezies aus KSS in Zusammenhang gebracht (Stork et al. 1995).

Über das Erbgut verändernde und Krebs erzeugende Potenzial von KSS oder Inhaltsstoffen gibt es in der Literatur widersprüchliche Angaben. Einzelne Autoren leiten aus epidemiologischen Studien eine erhöhte Wahrscheinlichkeit für Krebs der Bauchspeicheldrüse, des Darms, der Harnblase, der Leber und der Haut beim Umgang mit KSS her. Man geht davon aus, dass nur einige Substanzklassen oder auch Mikroorganismen aus der komplexen KSS-Rezeptur für diese gesundheitsschädigenden Wirkungen verantwortlich sind (Stork et al. 1995).

Eine Reduktion der bisher bekannten Gesundheitsgefahren wird durch Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS) geregelt. Für den Bereich der KSS sind als wichtige Regeln die TRGS 220 (Vorhandensein von Datenblättern des verwendeten KSS), TRGS 540 (Umgang mit sensibilisierenden Stoffen), TRGS 611 (Verwendungsbeschränkung von wassermischbaren KSS), die TRGS 900 (Luftgrenzwert für KSS-Aerosole und -Dämpfe), die TRGS 901 (Begründung des Grenzwertes) und die TRGS 905 (Liste von kanzerogenen Stoffen in KSS) zu nennen (Nöthlichs 2001).

Über Gefahren durch Öle für die MMKS und die Auswirkungen dieser Technik auf den Arbeitnehmer sind in der Literatur bisher kaum Erfahrungen vorhanden. Durch den verminderten KSS-Einsatz kommt es zu einer Erhöhung der Prozesstemperaturen, so dass Reaktionsprodukte während der Bearbeitung entstehen können, die von dem Arbeiter über die Atemwege aufgenommen werden können. Während ein Hautkontakt durch das Tragen von Handschuhen vermieden werden kann, ist eine Aufnahme über die Atemwege, auch bei gekapselten Anlagen, nie ganz zu vermeiden.

Aufgabenstellung

In dem Projekt „Bohren mit Wendeschneidplatten - Arbeitsmedizinische Untersuchungen“ war es Ziel, die toxikologischen Aspekte sowohl bei der Nass-Bearbeitung mit konventionellen KSS als auch bei der Bearbeitung mit der MMKS vergleichend zu untersuchen und die toxikologische Datenglage in diesem Bereich zu verbessern, um so Aussagen über das Gefahrenpotenzial der neu einzuführenden Technik zu treffen.

Erfassung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe beim Umgang mit KSS

Die Erfassung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe am Arbeitsplatz beim Umgang mit konventionellen KSS und Ölen für die MMKS stehen im Vordergrund der Untersuchungen. Diese Stoffe können in den KSS

bereits enthalten sein oder bei der Bearbeitung freigesetzt werden. Des Weiteren können sie durch mikrobiellen Abbau oder thermisch gebildete Reaktionsprodukte erst entstehen. Aufgrund der komplexen und variierenden Zusammensetzung der KSS, der unterschiedlichen Bearbeitungsprozesse und der jeweiligen mikrobiellen Verhältnisse kann das Spektrum der gesundheitsschädlichen Arbeitsstoffe sehr verschieden sein. Es war daher nötig, ein Konzept zu entwickeln (siehe **Abb. 1**), das über Screening-Methoden, Bestimmungsverfahren bestimmter chemischer Parameter und Anlagen zur Simulation thermischer Ereignisse eine Abschätzung des Gefahrenpotenzials ermöglicht (Kleber et al. 1999). Die Ergebnisse

können dann sinnvolle Messungen vor Ort ermöglichen.

Im Bereich der analytisch-chemischen Untersuchungen wird zunächst in Emulsionen der Nitrit-Gehalt (nach TRGS 611 <20 mg/l) und der pH-Wert (nach TRGS 611 pH-Abweichung nicht geringer als 0,5 der frischen Emulsion) als Marker für eine mögliche Nitrosamin-Bildung bestimmt. Weiterhin gibt die Keimzahl und der Formaldehyd-Gehalt (Formaldehyd als biozides Agens) eine Auskunft über den Zustand der Emulsion. Beim Bohren unter Einsatz wasser-mischbarer KSS werden Temperaturen bis ca. 450 °C an der Schneide erreicht. Daher ist es wichtig, den Temperatureffekt auf den

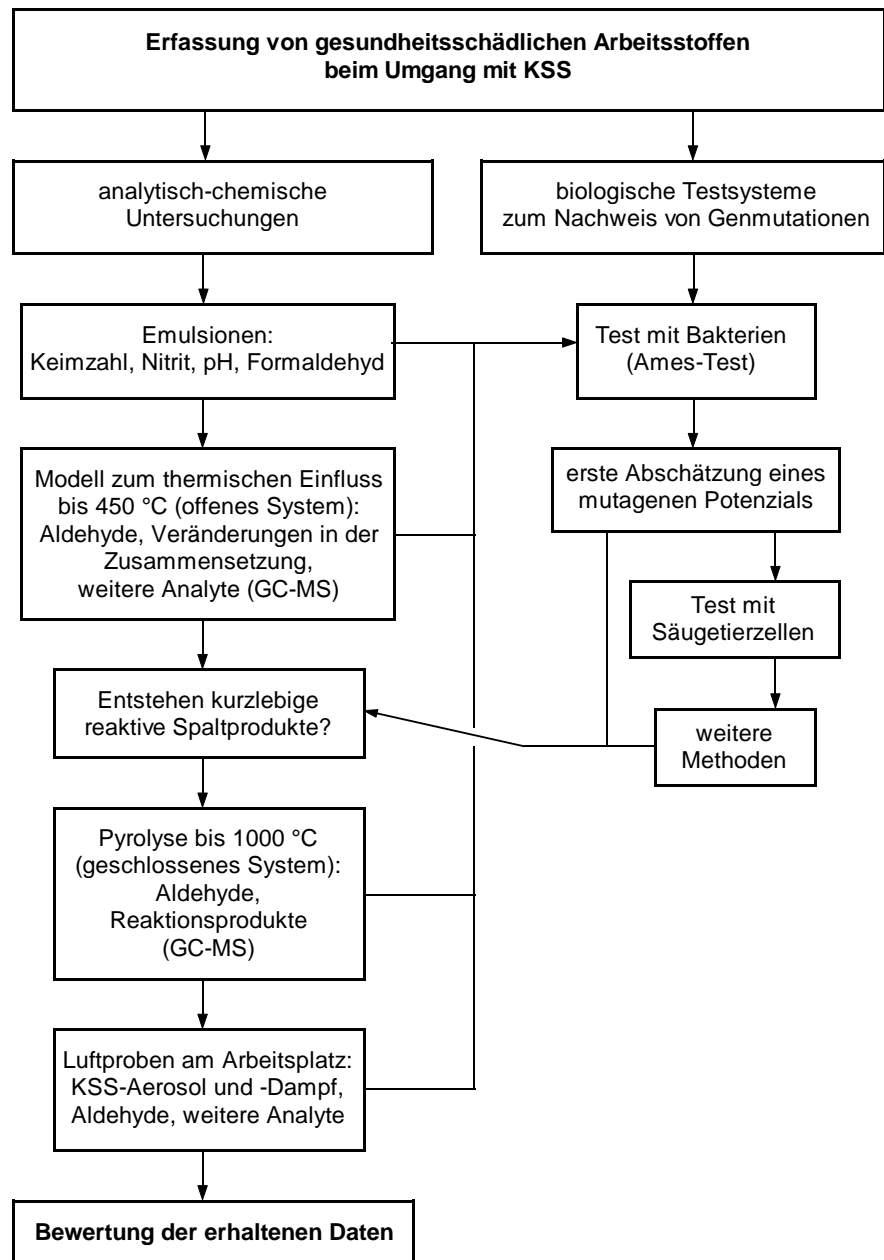


Abb. 1: Konzept zur Erfassung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe beim Umgang mit KSS

Schmierstoff mit Hilfe einer Modellanlage im Labormaßstab in diesem Temperaturbereich (offenes System) zu simulieren und analytisch-chemisch zu begleiten. Zugleich wurden damit Proben für das biologische Testsystem generiert. Bei der MMKS entstehen aufgrund des geringeren Wärmeleitkoeffizienten der Luft im Vergleich zum Wasser ca. 200 °C höhere Prozesstemperaturen. Des Weiteren ist eine Entstehung von leichtflüchtigen Reaktionsprodukten zu überprüfen. Es war daher die Etablierung einer zweiten Modellanlage notwendig, die höhere Temperaturen berücksichtigt und geschlossen ist, damit geringe Mengen an Reaktionsprodukten noch nachzuweisen sind (geschlossenes System). Die erhaltenen Informationen sollen in Probennahmeverfahren bestimmter Analyte in der Luft am Arbeitsplatz münden. Unabhängig davon wird die Summe an KSS-Aerosol und -Dampf in der Luft bestimmt, für die nach der TRGS 900 ein Grenzwert von 10 g/m³ festgelegt ist. Darüber hinaus wird die Bestimmung von Aldehyden in der Luft durchgeführt, die als mögliche Reaktionsprodukte auftreten können. Dazu gehört auch Formaldehyd, der als aktives biozides Agens in den Formaldehyd abspaltenden Bioziden enthalten ist.

Im Bereich der biologischen Testsysteme wurde der Salmonella-Mutagenitätstest (Ames-Test) zum Nachweis von Genmutationen verwendet. Dieser ist ein Standard-Test bei der Bewertung von Chemikalien nach dem Chemikaliengesetz und ermöglicht eine erste Abschätzung des mutagenen Potenzials, das mit weiteren Methoden abgesichert werden sollte.

Die Ergebnisse von Einzeltests zur Erfassung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe stehen nicht im Vordergrund, da sie oft nur eine begrenzte Aussagefähigkeit haben. Erst nach umfassender Bearbeitung aller Parameter dieses Konzeptes ist eine Bewertung der erhaltenen Einzeldaten und eine daraus resultierende Schlussfolgerung möglich.

Analytisch-chemische Untersuchungen

Im Bereich der analytisch-chemischen Untersuchungen stehen die Etablierung von relevanten Bestimmungsverfahren und Versuche zum thermischen Einfluss auf die KSS im Vordergrund, die eine Vorhersage über mögliche Reaktionsprodukte in der Luft am Arbeitsplatz ermöglichen sollen. In der TRGS 900 ist für die Summe aus KSS-Aerosol und KSS-Dampf als bestimmbare Luftbelastung ein Grenzwert von 10 mg/m³ festgelegt. Das Bestimmungsverfahren für diesen Parameter wurde nach der bestehenden DFG-Methode (DFG 1996) etabliert und auf die MMKS adaptiert. Es sind noch Konzentrationen bis zu 90 µg/m³ Luft nachweisbar. Dieser Wert ist abhängig von dem verwendeten Schmierstoff. Des Weiteren wurde ein Verfahren zur Bestimmung von 12 Aldehyden in der Luft am Arbeitsplatz entwickelt. Es sind Konzentrationen bis 20 µg/m³ Luft nachweisbar. Darin enthalten ist Formaldehyd, das durch die Formaldehyd abspaltenden Biozide in konventionellen KSS vorhanden ist und in die Luft übergehen kann. Es existiert für Formaldehyd ein MAK-Wert von 620 µg/m³ Luft. Acrolein, das als möglicherweise Krebs erzeugend beim Menschen eingestuft ist (MAK-Kategorie III 3) und dessen Entstehung bei der Verbrennung von Fettalkoholen in Diskussion steht, wird in dem Bestimmungsverfahren ebenso erfasst. Weiterhin sind langkettige Aldehyde (C2- bis C9-Aldehyde), die als Crack-Produkte von Fetten entstehen können, Benzaldehyd und Crotonaldehyd mit dem Bestimmungsverfahren quantitativ nachweisbar. Diese Verfahren wurden in der Praxis an Arbeitsplätzen eingesetzt.

Felduntersuchung 1

Es wurden Untersuchungen beim Bohren von Stahl (Ck 45) unter Einsatz von Emulsionen und vergleichend mit der MMKS durchgeführt. Die Bearbeitung erfolgte unter bohrtechnischen Standardparametern mit Wendeschneidplatten-Bohrern. Zur Schmierung mit Emulsion wurden 40 l/min und

eine Rinnenspülung im zirkulierenden System verwendet. Die MMKS arbeitete mit 0,3-0,5 ml/min Fettalkohol (4 bar Luftdruck) als Verlustschmierung. **Abb. 2** zeigt schematisch das gekapselte Bearbeitungszentrum mit Absaugung und die Probennahmeorte (P1-P4), an denen die Summe für KSS-Aerosol und -Dampf gemäß TRGS 900 und Aldehyde in der Luft bestimmt wurden. Die Ergebnisse für die Bestimmung des Summenwertes für KSS-Aerosole und -Dämpfe sind in **Tab. 1** wiedergegeben. Die Werte am Bedienerpult und am Palettenwechsler, an denen sich ein Arbeiter bevorzugt aufhält, unterschreiten deutlich den Grenzwert von 10 mg/m^3 . Am Probennahmeort P3 wird der Grenzwert mit $11,7 \text{ mg/m}^3$ Luft leicht überschritten. Hier befindet sich ein offener Abschnitt der Rinnenspülung, die zu einer deutlichen auch geruchlich wahrnehmbaren Luftbelastung führt.

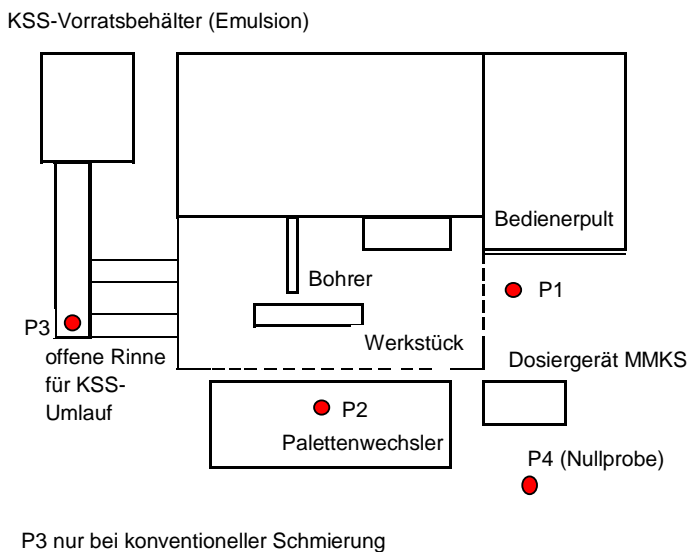


Abb. 2: Bearbeitungszentrum zum Bohren mit Probennahmeorten

Die Bestimmung der Aldehyde erfolgte an den Punkten P1 bis P4 und zusätzlich unter Einsatz der MMKS in unmittelbarer Nähe zum Bohrkopf. Es konnten keine Aldehyde innerhalb der Nachweisgrenzen bestimmt werden (siehe **Tab. 2**). Bei der konventionellen Schmierung wurde ein KSS verwendet, der als Biozid Natriumpyrithion enthält, das kein Formaldehyd abspaltendes Biozid ist. Somit ist eine Formaldehyd-Belastung der Luft hier nicht zu erwarten. Weiterhin wurden für die benutzte Emulsion die Keimzahl, der Nitritgehalt und der pH-Wert ermittelt, die jeweils unkritische Größen erreichten.

Die Summe aus KSS-Aerosol und -Dampf für die MMKS liegt mit 0,5 (P1) und $1,7 \text{ mg/m}^3$ Luft (P2) ebenfalls deutlich unterhalb des Grenzwertes. Es ist allerdings kritisch anzumerken, dass innerhalb der 2-stündigen Probennahme der Bohrprozess nicht kontinuierlich, sondern mit größeren Pausen betrieben wurde.

Verschiedene KSS-Proben, z. B. Emulsionen, Luftproben und Rückstände auf Spänen wurden im Ames-Test untersucht.

Felduntersuchung 2

Es wurden Luftmessungen bei der Schrapp- und Schlichtbearbeitung mit 3 Drehmeißeln von Aluminium-Felgen (Al-Mg-Si-Legierung) für den PKW-Bereich durchgeführt. Die Schmierstoffzuführung erfolgte über 3 Kanäle (1 innen, 2 außen) mit 100 ml/h Öl auf Basis synthetischer Fettstoffe als Verlustschmierung, also unter Mindermengenbedingungen.

Tab. 1: Bestimmung der Summe von KSS-Aerosol und -Dampf in der Luft in mg/m^3

	P1	P2	P3	P4
Schmierung mit Emulsion	1,6	1,0	11,7	0,4
Minimalmengenschmierung	0,5	1,7	-	0,4

Grenzwert: 10 mg/m^3

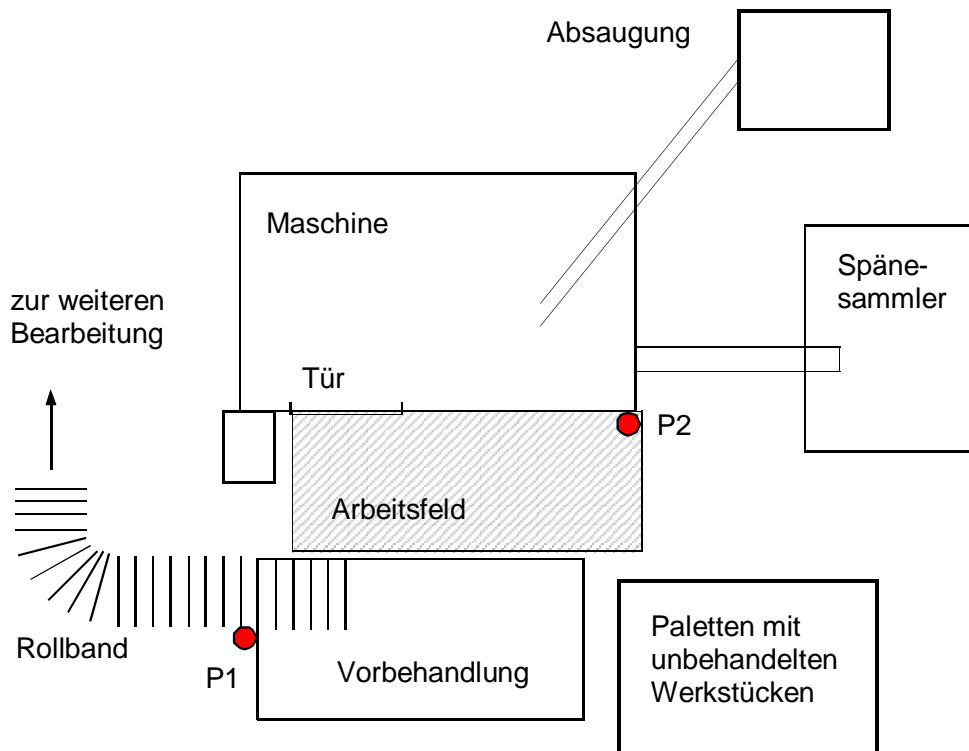


Abb. 3: Bearbeitungszentrum für Schrupp- und Schlichtbearbeitung von einer Aluminium-Legierung mit Probennahmeorten

Abb. 3 zeigt schematisch das gekapselte Bearbeitungszentrum, an dem eine externe Absauganlage zu Testzwecken angebracht war. Die Probennahmeorte P1 und P2 wurden so gewählt, dass der Arbeiter an der Maschine möglichst wenig in seinem Arbeitsablauf behindert wurde und diese dennoch in unmittelbarer Nähe zum Arbeitsfeld lagen.

An den Probennahmeorten P1 und P2 wurde die Summe an KSS-Aerosol und -Dampf und Aldehyde in der Luft bestimmt. Für die Summe an KSS-Aerosol und -Dampf ergab sich für P1 im Mittel ein Wert von $1,6 \text{ mg/m}^3$, für P2 ein Wert von $1,5 \text{ mg/m}^3$, also Werte, die deutlich unterhalb des Grenzwertes von 10 mg/m^3 liegen. Zu einem bestimmten Zeitpunkt der Probennahme wurde für 15 min die Absauganlage abgestellt und umgebaut. In dieser Zeit war ein starker Rauch-Austritt aus der Anlage zu beobachten. Für den Arbeiter war es nur schwer möglich unter diesen Bedingungen zu arbeiten, da dieser die Anlage zum Felgenrechsel betreten musste. Der Summenwert für KSS-Aerosol und -Dampf, der über

eine Zeit von 2 h gesammelt wird, ist hier bereits mit $2,2 \text{ (P1)}$ und $2,5 \text{ mg/m}^3 \text{ (P2)}$ gegenüber den Mittelwerten durch den 15-minütigen Ausfall erhöht. Damit würde bei längerem Ausfall bzw. beim Fehlen der externen Absauganlage der Grenzwert überschritten. Bei der Probennahme konnten keine Aldehyde als mögliche Reaktionsprodukte an den Probennahmestellen P1 und P2 innerhalb der Nachweisgrenzen bestimmt werden (**Tab. 2**).

Weiterhin wurden Öl-Proben aus dem Abscheider der externen Absauganlage im Ames-Test untersucht und mit dem ungebrauchten Öl verglichen.

Die Simulation der thermischen Effekte auf den KSS beim Bearbeitungsprozess wird mit Hilfe von zwei Modellsystemen im Labormaßstab durchgeführt. Bei dem offenen System (**Abb. 4**) wird mit Hilfe eines Zerstäubers ein Öl-Aerosol erzeugt, das über eine Heizstrecke zu einem Luft-Probennahmekopf geführt wird. Die Heizstrecke soll Temperaturprozesse und mögliche chemische Reaktionen an der Zerspanstelle simu-

Tab. 2: Ergebnisse der Aldehyd-Bestimmung bei den Felduntersuchungen

Aldehyd	Felduntersuchung 1	Felduntersuchung 2	NWG / $\mu\text{g}/\text{m}^3$
Formaldehyd	< NWG	< NWG	4
Acetaldehyd	< NWG	< NWG	6
Propionaldehyd	< NWG	< NWG	11
Butyraldehyd	< NWG	< NWG	11
Valeraldehyd	< NWG	< NWG	18
Capronaldehyd	< NWG	< NWG	11
Oenanthaldehyd	< NWG	< NWG	16
Caprylaldehyd	< NWG	< NWG	16
Pelargonaldehyd	< NWG	< NWG	19
Acrolein	< NWG	< NWG	11
Crotonaldehyd	< NWG	< NWG	9
Benzaldehyd	< NWG	< NWG	12

NWG = Nachweisgrenze des Verfahrens

lieren. Der Probennahmekopf enthält analog zur DFG-Methode (DFG 1996) einen Filter und ein Adsorbens. Das Probenmaterial kann auf Veränderungen der Zusammensetzung untersucht und zur Bestimmung des mutagenen Potenzials in den Ames-Test eingesetzt werden. Des Weiteren wird das Aerosol auf Aldehyde untersucht. Darüber hinaus wird eine aktive Probennahme mit Adsorbentien durchgeführt, die Reaktionsprodukte binden sollen. Durch Extraktion des Adsorptionsmaterials und nachfolgender Analyse mit Hilfe der Gaschromatographie und Massenspektrometrie (GC-MS) sollen flüchtige Reaktionsprodukte identifiziert werden.

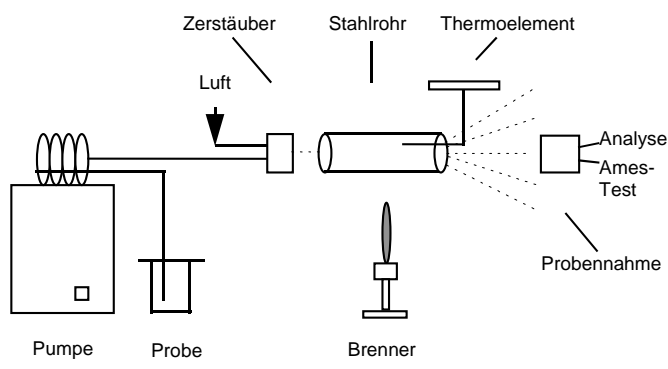


Abb. 4: Simulationsanlage zum thermischen Einfluss (offenes System)

Das geschlossene System (**Abb. 5**) kann bis 1000 °C betrieben werden. Die Öl-Probe wird in eine heizbare Probenkammer aus Quarz geschleust. Dort können Metallspäne eingebracht werden, um auch katalytische Effekte des Werkstückmaterials zu berücksichtigen. Über einen Luftstrom werden die Reaktionsprodukte zu einem Adsorptionsmaterial transportiert, dort gebunden und wie oben beschrieben anschließend identifiziert.

Die bisherigen Ergebnisse zum thermischen Einfluss auf die Schmierstoffe zeigen, dass sowohl die KSS-Konzentrate der wasser-mischbaren KSS als auch die Öle für die MMKS ein breites Spektrum an Zersetzungs- und Reaktionsprodukten bilden. In **Abb. 6** ist für einen Einzelstoff, in diesem Falle ein als MMKS-Medium verwendeter Fettalkohol, eine chromatographische Analyse einer generierten Luftprobe dieses Stoffes dargestellt. Man erkennt eine Vielzahl an Reaktions- bzw. Zersetzungsprodukten, die man bei der Analyse des unbenutzten Einzelstoffes nicht findet. Dabei handelt es sich wahrscheinlich um langkettige Alkohole und Alkane. Nach dem derzeitigen Stand der Untersuchungen konnten dabei noch keine Stoffe mit bekannten adversen Eigenschaf-

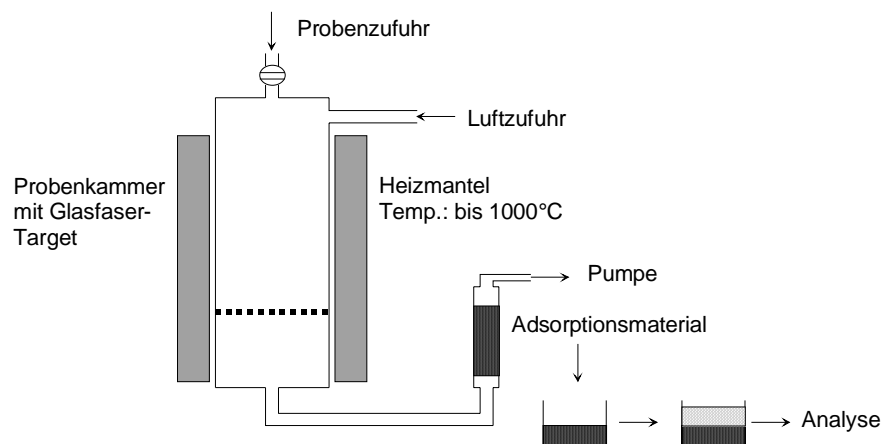


Abb. 5: Simulationsanlage zum thermischen Einfluss (geschlossenes System)

ten identifiziert werden. Im Falle der 5%igen Emulsionen der KSS-Konzentrate zeigen sich die Zersetzungs- und Reaktionsprodukte in den generierten Luftproben nicht. Wahrscheinlich fließt die aufgenommene Energie in die Verdampfung des Wassers und nicht in die Zersetzung der Öle. Weiterhin konnten bei diesen Untersuchungen in den Aerosolen keine Aldehyde, auch nicht Formaldehyd, nachgewiesen werden. In frisch angesetzten KSS wurden in den Emulsionen allerdings bis zu 260 mg/l Formaldehyd gefunden.

Da diese Untersuchungen sehr umfangreich sind, konnten sie in diesem Projekt nicht vollständig zum Abschluss gebracht werden. Weitere Untersuchungen dieser Art gerade auf dem Gebiet der MMKS sind aber nötig und sinnvoll.

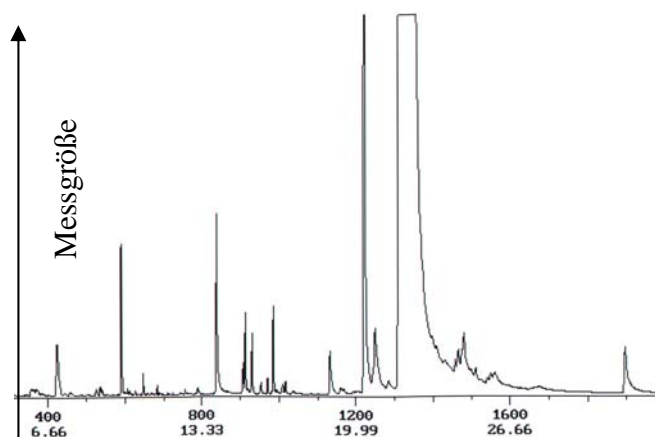


Abb. 6: Chromatogramm einer generierten Luftprobe eines Fettalkohols

Methoden zur Bestimmung von Genmutationen

Zur Beurteilung der toxikologischen Aspekte gibt es für die verwendeten Stoffe eine Vielzahl an Parametern, u. a. auch die Frage nach dem Krebs erzeugenden (kanzerogenen) Potenzial. Eine zentrale Rolle bei der Entstehung von Krebs spielt die Veränderung des Erbgutes, die durch chemische Substanzen an der DNA hervorgerufen werden kann. Ist der Organismus nicht in der Lage, solche DNA-Schäden zu reparieren, werden sie bei der Zellvermehrung als Mutationen weitergegeben. Mit Hilfe des Ames-Tests, der in diesen Untersuchungen verwendet wird, kann die mutagene Wirkung von Stoffen nachgewiesen werden. Für die Abschätzung des mutagenen Potenzials von chemischen Stoffen ist dieser Test geeignet.

Der Ames-Test ist eine Standard-Methode, um diese Untersuchungen vorzunehmen. Es handelt sich hierbei um einen Bakterientest mit Salmonellen. Im Ausgangszustand sind diese Bakterien auf einem bestimmten Minimalnährboden nicht überlebensfähig. Durch Zusatz einer zu untersuchenden Chemikalie kann eine Mutation ausgelöst werden, die die Bakterien dann in die Lage versetzt, sich auf diesem Minimalnährboden doch zu vermehren und als Kolonie zu wachsen. Die Bakterienkolonien sind zählbar und werden als Revertanten bezeichnet. Eine Substanz wird dann als mutagen im Ames-Test be-

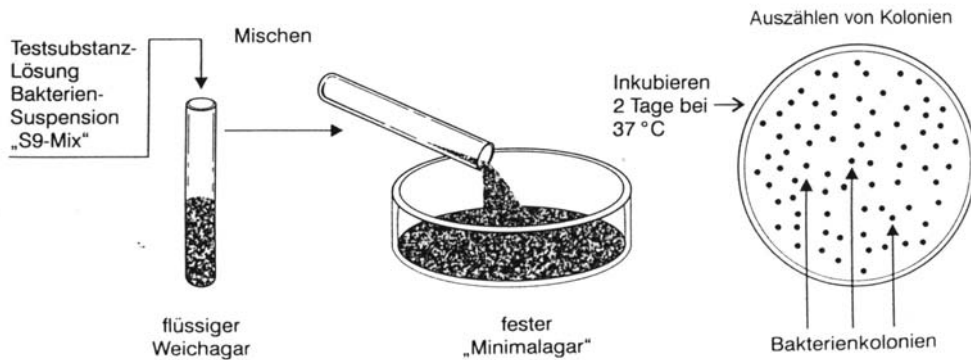


Abb. 7: Schema der Durchführung eines Salmonella-Mutagenitätstestes (Greim & Deml 1996)

zeichnet, wenn die Revertanzahl gegenüber einer Kontrolle konzentrationsabhängig 2- bis 3-fach angestiegen ist, dieses Ergebnis in drei Stämmen auftritt und sich reproduzieren lässt.

Im menschlichen Organismus finden komplexe enzymatische Stoffwechsellvorgänge statt. Dabei kann es neben Entgiftungsreaktionen von Fremdstoffen auch zu Giftungsreaktionen kommen, so dass zunächst ungefährliche Stoffe in mutagene Substanzen überführt werden können. Bakterien verfügen nicht über das gleiche komplexe Stoffwechselsystem. Durch Zugabe von Enzymen (z. B. aus der Rattenleber in Form des sog. S9-Mix) in den Ames-Test können Stoffwechsellvorgänge mit möglichen Giftungs- oder Entgiftungsreaktionen simuliert werden. Dieser Aspekt der so genannten metabolischen Aktivierung wird im Ames-Test in einer zweiten Versuchsreihe durch Zugabe des S9-Mix standardmäßig untersucht. In **Abb. 7** ist die Durchführung des Testes schematisch dargestellt.

Zunächst musste das biologische Testsystem auf die Untersuchung mit Ölen und Emulsionen adaptiert werden. Untersucht wurden die Konzentrate der wassermischbaren KSS und Schmierstoffe der MMKS (u. a. Fettkohole und Fettsäureester), daraus generierte Luftproben (offenes System bei 450 °C) und 5%ige Emulsionen der wassermischbaren KSS (siehe **Abb. 8**). Aus den Emulsionen wurden ebenfalls Luftproben generiert und in den Test eingesetzt. Aufgrund der Keimbelastung von bereits gebrauchten Emulsi-

nen, die in der Form nicht in den Ames-Test eingesetzt werden können, wurden die Emulsionen extrahiert und der Extrakt und der Rückstand getrennt im Test untersucht.

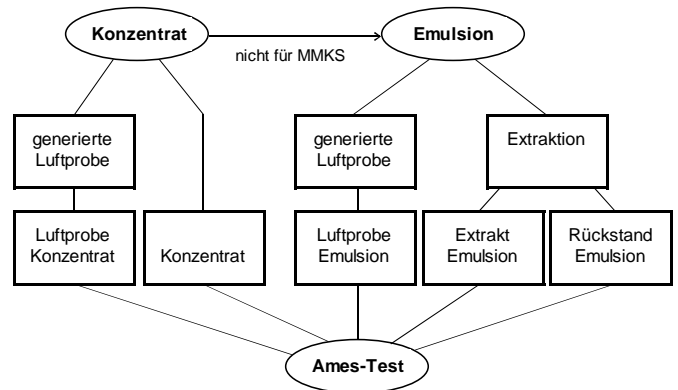


Abb. 8: Probenvorbereitung von Konzentraten und Emulsionen für den Ames-Test

Wassermischbare KSS

Es wurden wassermischbare KSS verschiedener Grundrezepturen im Ames-Test untersucht. Bei zwei KSS zeigten sich bei der Untersuchung der Konzentrate erhöhte Revertanzahlen im Ames-Test, die auf ein mutagenes Potenzial der Proben hinweisen. In **Abb. 9** ist für einen KSS (60%ige Mineralölzubereitung) eine Dosis abhängige Erhöhung der Revertanten mit und ohne metabolische Aktivierung (S9-Mix) mit den zwei Salmonella-Stämmen TA 98 und TA 100 dargestellt. Ab einer bestimmten Konzentration überwiegt die zytotoxische Wirkung, und die Bakterien sterben während der Testdurchführung ab. Daraus resultiert ein Abfall der Revertanzahl.

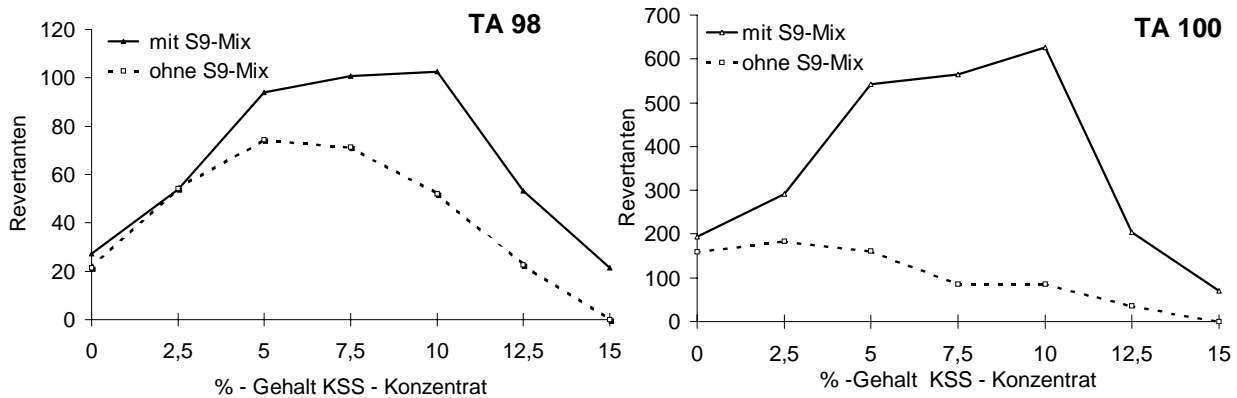


Abb. 9: Revertantenzahlen für ein KSS-Konzentrat mit den Stämmen TA 98 und TA 100

Es ist auffällig, dass in den KSS, die ein mutagenes Potenzial aufweisen, ein Formaldehyd abspaltendes Biozid enthalten ist. Die beiden anderen KSS enthalten Natriumpyrithion, das kein Formaldehyd-Abspalter ist. So wurden für die mutagen getesteten Schmierstoffe nach Absprache mit den Herstellern die Einzelkomponenten der komplexen Mischung im Ames-Test untersucht. Es zeigt sich, dass nur die verwendeten Biozide Trishydroxy-ethyl-hexahydrotriazin (THT) und Ethyl-dioxa-azobicyclooctan (EDAO) mutagenes Potenzial besitzen (siehe auch Biozide) und sich der Effekt der komplexen Mischung auf diese Einzelsubstanzen zurückführen lässt. Die Ergebnisse der getesteten Einzelsubstanzen sind in **Tab. 3** wiedergegeben.

Die bei 450 °C aus den Konzentraten generierten Luftproben zeigen im Ames-Test kein eindeutig mutagenes Potenzial. Bei den Extrakten ergab sich teilweise nur eine leichte Erhöhung der Revertantenzahlen, die wässrigen Rückstände zeigen z. T. eine zytotoxische Wirkung.

Im Rahmen der *Felduntersuchung 1* wurden verschiedene Proben, z. B. Emulsionen, Luftproben und Rückstände auf Spänen im Ames-Test untersucht. Es ließen sich keine erhöhten Revertantenzahlen - weder bei Proben der wassermischbaren KSS noch bei denen der MMKS - finden. Bei einigen Proben der Emulsionen traten jedoch zytotoxische Effekte auf.

Tab. 3: Ergebnisse der mutagenen Wirkung im Ames-Test von Einzelkomponenten aus KSS

Einzelsubstanz	Hinweis auf mutagenes Potenzial
Basisöl	-
Fettsäureester	-
Fettsäure	-
C16-Alkohol	-
Natriumsulfonat	-
Aminomethylpropanol	-
Fettalkohol-Ethoxylat	-
TEA-Salz von Polycarbonsäuren	-
Oxazolidin-Derivat (EDAO)	+
Ölsäureester	-
Fettsäure-MEA	-
Alkanolaminsalz von Polycarbonsäuren	-
Benzotriazol	-
MEA	-
Hexahydrotriazin-Derivat THT)	+
Natriumpyrithion	-
Methan-di-morpholin (MDM)	+

Öle für die MMKS

Die nur aus wenigen Stoffen oder Einzelstoffen bestehenden Öle für die MMKS (u. a. Fettalkohole und Fettsäureester) sind als ursprüngliche und als thermisch beeinflusste Proben (offenes System) in den Ames-Test eingesetzt worden. Bisher wurde bei den fünf direkt und nach thermischer Behandlung untersuchten Stoffe nur für Ein-

zelproben eine leichte Erhöhung der Revertanzahlen beobachtet. Es konnte damit kein signifikanter mutagener Effekt dieser Proben gefunden werden.

Im Rahmen der *Felduntersuchung 2* wurden Öl-Proben aus dem Abscheider der externen Absauganlage und dem ungebrauchten Öl vergleichend untersucht. Dabei konnten keine Unterschiede festgestellt werden. Beide Proben sind nicht mutagen im Ames-Test.

Biozide

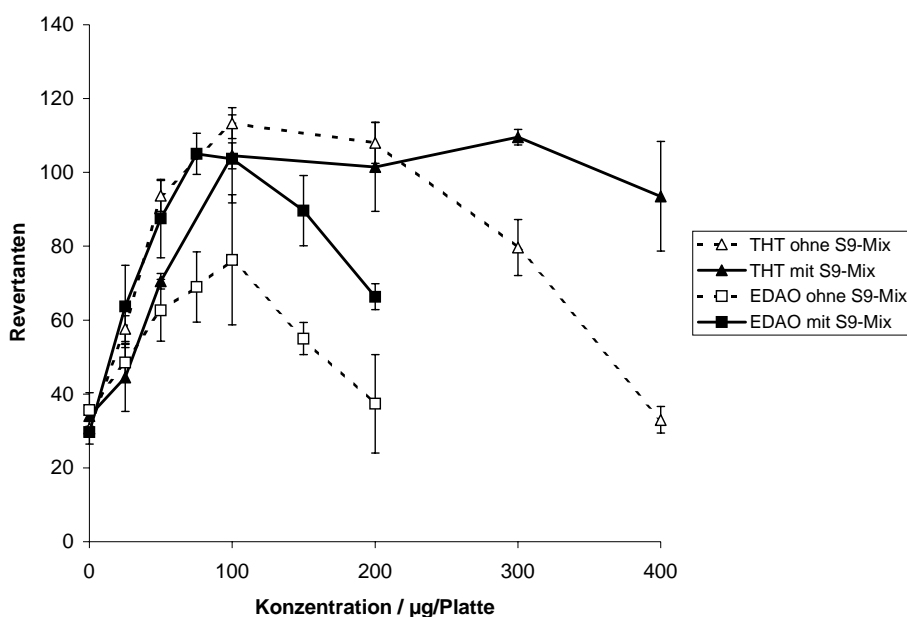
Neben den komplexen KSS-Proben sind Einzelsubstanzen, im besonderen die Biozide EDAO, THT, Methan-di-morpholin (MDM) und Natriumpyrithion untersucht worden [9]. EDAO, MDM und THT gehören zur Gruppe der Formaldehydabspalter und zeigen in allen getesteten Salmonellen-Stämmen mit und ohne metabolische Aktivierung ein mutagenes Potenzial. In **Abb. 10** sind die Revertanzahlen im Stamm TA 98 für die Stoffe EDAO und THT beispielhaft dargestellt. Man erkennt den konzentrationsabhängigen Anstieg der Revertanzahlen beider Substanzen mit und ohne metabolische Aktivierung. Bei hohen Konzentrationen wird der mutagene Effekt von dem cytotoxischen überlagert, und die Revertanzahl fällt wieder ab. Natriumpyrithion löst in den Stämmen TA 98, TA 100, TA 102 und TA 104 keine Mutation aus.

Aufgrund der zytotoxischen Wirkung in geringen Konzentrationen ist die Aussagekraft hierbei jedoch eingeschränkt.

Bewertung der erhaltenen Daten

Für den Umgang mit wassermischbaren KSS besteht nach bisherigen Studien aus der Literatur ein Verdacht auf eine Gesundheitsgefahr. Die erhaltenen Daten bestätigen dieses. Es wurden Konzentrate von wassermischbaren KSS untersucht, die ein mutagenes Potenzial im Ames-Test aufweisen. Dabei konnten die als Biozide eingesetzten Formaldehydabspalter EDAO und THT als Auslöser für die mutagene Wirkung der komplexen Mischung identifiziert werden. Konzentrate mit Natriumpyrithion als Biozid zeigen keinen mutagenen Effekt im Ames-Test. In Luftproben, die sowohl im Labormaßstab erzeugt als auch am Arbeitsplatz unter Einsatz wassermischbarer KSS genommen wurden, konnten keine Aldehyde nachgewiesen werden. In den Emulsionen sind allerdings bis zu 260 mg/l Formaldehyd nachgewiesen worden. Da Formaldehyd auf die Haut sensibilisierend wirkt, sind nach der TRGS 540 Ersatzstoffe für die Formaldehyd abspaltenden Biozide gefordert. Reaktions- bzw. Zersetzungsprodukte konnten zwar nach thermischem Einfluss auf die Konzentrate, nicht aber bei 5%igen Emulsionen, wie sie in der Praxis eingesetzt werden, gefunden werden. Das Gefahrenpoten-

Abb. 10:
THT und EDAO
im Ames-Test
mit und ohne
metabolische
Aktivierung
(TA 98)



zial für wassermischbare KSS erstreckt sich damit eindeutig auf den Kontakt mit der Haut. Durch geeignete Schutzmaßnahmen kann eine Schädigung der Haut aber minimiert werden. Die hier gezeigten Ergebnisse können nicht generell auf andere KSS übertragen werden, sondern sind von der jeweiligen Zusammensetzung und dem jeweiligen Bearbeitungsverfahren abhängig.

Die MMKS wird mit kleinen Mengen an Schmierstoff als Verlustschmierung betrieben. Die Prozesstemperaturen sind dabei ca. 200 °C höher als bei der konventionellen Schmierung. Der Temperaturanstieg kann verstärkt zu Zersetzungs- bzw. Reaktionsprodukten führen. Zudem fehlt Wasser als Medium zur Wärmeabfuhr. In Modelluntersuchungen wurden Zersetzungs- bzw. Reaktionsprodukte nachgewiesen (**Abb. 6**). Bis zum derzeitigen Zeitpunkt konnten keine gefährlichen, toxischen Stoffe gefunden werden. Da die Entstehung toxischer Arbeitsstoffe aber nicht ausgeschlossen werden kann und die Ergebnisse von dem Schmierstoff, dem Bearbeitungsverfahren und den dabei herrschenden Prozesstemperaturen abhängen, konnte eine abschließende Bewertung zu diesem Punkt nicht vorgenommen werden. Eine Absaugung ist bei der MMKS aus diesen Gründen dringend zu empfehlen.

Empfehlungen für den Arbeitsschutz

Die Gefahren, die von KSS ausgehen können, werden in der Literatur diskutiert und lassen sich durch geeignete Schutzmaßnahmen reduzieren. Die hauptsächlich stoffliche Belastung betrifft die Haut und die Atemwege. Das Tragen von Arbeitshandschuhen beim direkten oder indirekten Umgang mit KSS, z. B. beim Ansetzen von Emulsionen, Befüllen der Maschine, beim Reinigen des Bearbeitungsraumes, beim Umgang mit dem Werkstück u.v.m., verhindert weitgehend den Kontakt mit dem KSS. Es ist zu beachten, dass die Handschuhe regelmäßig, aber spätestens bei Verschleißerscheinungen, gewechselt werden sollten. Die Anwendung spezieller Hautschutzprodukte ist angebracht.

Weiterhin kann eine Gesundheitsgefährdung von den in wässrigen Emulsionen enthaltenen Mikroorganismen ausgehen. In Untersuchungen sind Krankheitserreger gefunden worden, die z. B. für die Auslösung von Atemwegserkrankungen verantwortlich sind.

Jeder Kühlschmierstoffkreislauf besitzt seine eigene Mikroorganismenflora. Es ist unbedingt sinnvoll, in bestimmten Zeitabständen eine Keimzahlbestimmung durchzuführen. Dieser Wert ist stark von der Zusammensetzung des KSS und den Bedingungen im Betrieb abhängig und somit für jeden Betrieb spezifisch. Tritt eine starke Erhöhung dieses Parameters auf, sollte die Emulsion ausgetauscht oder gezielt mit einem Biozid behandelt werden.

Neben der gesundheitlichen Belastung führt eine zu hohe Keimzahl zur Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit des KSS. Weiterhin wird in der Literatur diskutiert, ob von Pilzen, die als Teppich auf der Emulsion wachsen, ein allergisierendes Potenzial ausgeht.

Die gesamte Anlage sollte so gekapselt sein, dass entstandene Emissionen aus der Maschine abgesaugt und an entsprechenden Materialien (Filter, Adsorbentien) aufgefangen werden. Die gereinigte Abluft sollte nicht wieder in die Hallenluft, sondern nach außen weitergeleitet werden. Die Absaugung ist weiterhin so einzurichten, dass beim regelmäßigen Öffnen der Maschine eine Exposition des Arbeiters auszuschließen ist, z. B. durch eine Wartezeit nach der Bearbeitung oder eine verstärkte Absaugung kurz vor dem Öffnen der Maschine. Die Absaug-Einrichtungen sollten möglichst bei allen vorhandenen Maschinen angebracht sein, so dass die Hallengrundlast niedrig liegt. Regelmäßige Überprüfungen der Luftqualität unterstützen diese Maßnahmen.

Schlussfolgerungen

Kühlschmierstoffe (KSS) sind in der Metall verarbeitenden Industrie ein weitverbreiteter Fertigungshilfsstoff. Die Kosten für den

Einsatz und die Entsorgung von wassermischbaren und nicht-wassermischbaren KSS können bis zu 16 % der Werkstück bezogenen Fertigungskosten betragen. Daher wurden Methoden entwickelt, mit denen die Verwendung von KSS ganz vermieden (Trockenbearbeitung) bzw. mit Hilfe der Minimalmengenschmierung (MMKS) stark reduziert werden kann. Gesundheitsbeeinträchtigungen, die von konventionellen KSS ausgehen können, sind in der Literatur beschrieben und umfassen hauptsächlich den Kontakt von KSS mit der Haut und den Atemwegen. Erbgut verändernde (mutagene) Effekte und ein bestehendes Krebsrisiko beim Umgang mit diesen Stoffen werden kontrovers diskutiert. Über die MMKS sind auf diesem Gebiet bisher nur wenig Erfahrungen vorhanden.

Ziel des Projektes „Bohren mit Wendschneidplatten - Arbeitsmedizinische Untersuchungen“ war es, die toxikologischen Aspekte der Nass-Bearbeitung mit wassermischbaren KSS und der MMKS zu untersuchen, um eventuell vorhandene Gefahrenpotenziale der neuen Technik aufzuzeigen. Es wurde ein Konzept erarbeitet, das über Screening-Methoden, Bestimmungsverfahren chemischer Parameter und Anlagen zur Simulation der thermischen Ereignisse eine erste Abschätzung des Gefahrenpotenzials ermöglicht. Neben analytisch-chemischen Methoden kommen biologische Testsysteme zum Nachweis von Genmutationen (z. B. Ames-Test) zur Anwendung. Durch Modellsysteme, die den thermischen Einfluss auf den KSS simulieren, wurde die Entstehung mutagener Reaktionsprodukte überprüft. Mit diesen Methoden konnten bislang vier wassermischbare KSS und fünf Öle für die MMKS untersucht werden.

Zwei der konventionellen KSS zeigen im Konzentrat mit Hilfe des Ames-Testes ein mutagenes Potenzial. Dabei konnten die Biozide EDAO und THT, die in diesen KSS eingesetzt werden und Formaldehydabspalter sind, als Auslöser für die mutagene Wirkung der komplexen Mischung identifiziert werden. Die beiden anderen KSS ohne mu-

tagenes Potenzial enthalten Natriumpyrithion als Biozid, das kein Formaldehydabspalter ist und als Einzelsubstanz nicht mutagen im Ames-Test ist. Reaktions- und Zersetzungsprodukte konnten zwar bei Konzentraten der wassermischbaren KSS, nicht aber bei Emulsionen, wie sie in der Praxis eingesetzt werden, gefunden werden. Daher ist der Hautkontakt mit wassermischbaren KSS nach den derzeitigen Erkenntnissen problematischer einzustufen als die Beeinflussungen des Atemtraktes. In KSS wurden Formaldehyd als mutagenes und auf die Haut sensibilisierend wirkendes Agens nachgewiesen. In der Luft konnten bislang bei der Verwendung von Emulsionen kein Formaldehyd und Reaktionsprodukte gefunden werden.

Bei Ölen der MMKS wurden im Ames-Test bislang keine eindeutigen Hinweise auf ein mutagenes Potenzial gefunden. In Modelluntersuchungen konnten Zersetzungs- und Reaktionsprodukte nachgewiesen werden. Zum derzeitigen Zeitpunkt wurden darunter keine toxischen Stoffe gefunden. Da die Entstehung dieser Stoffe nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden konnte, liegt in der Abluft der MMKS ein Gefahrenpotenzial für die Arbeitnehmer. Eine Absaugung bei Verwendung der MMKS ist daher dringend zu empfehlen.

Es bleibt anzumerken, dass die hier vorgestellten Ergebnisse nicht generell auf andere KSS übertragen werden können, sondern abhängig sind vom KSS-Typ, der jeweiligen Zusammensetzung und der Bearbeitungs-methode.

Literatur

Berufsgenossenschaft der Maschinenbau- und Kleisenindustrie (Hrsg.) (1991). Sonderausgabe des Mitteilungsblattes „Sicher arbeiten“. 2. Aufl. Düsseldorf.

Deutsche Forschungsgemeinschaft (1996). Analytische Methoden zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe, Band 1: Luftanalysen. Greim, H. (Hrsg.). 10. Lfg. Weinheim: VCH Verlagsgesellschaft.

Greim H, Deml E (1996). Toxikologie: eine Einführung für Naturwissenschaftler und Mediziner. Weinheim: VCH.

Kleber M, Lucas S, Blaszkewicz M, Föllmann W (1999). Investigations on the occurrence of mutagenic principles in cutting fluids used in machining processes. Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol 359 (3): R173.

Lucas S, Kleber M, Blaszkewicz M, Föllmann W (1999). Investigation of mutagenic effects of biocides used for preservation of cutting fluids. Naunyn-Schmiedeberg's Arch Pharmacol 359 (3): R167.

Nöthlichs M (Hrsg.) (2001). Gefahrstoffe. (hier: Technische Regeln für Gefahrstoffe). 60. Lfg. Berlin: E. Schmidt.

Pfeifer T (1993). Wettbewerbsfaktor Produktionstechnik. Düsseldorf: VDI-Verlag.

Stork J, Heger M, Nöring R, Thamm H (1995). Inhalative Belastung durch Kühl-schmierstoff-aerosole - arbeitsmedizinische Aspekte. Zbl Arbeitsmed 45: 228-236.

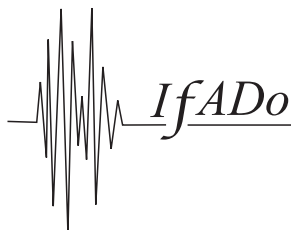
Arbeitsphysiologie *heute*

Bd. 4 (2002)

Themenband „Toxikologie“

Herausgegeben von

H.M. Bolt
B. Griefahn
H. Heuer



Dortmund

ISBN 3-9808342-0-4

Alle Rechte vorbehalten.

© 2002 *IfADo*

Institut für Arbeitsphysiologie an der Universität Dortmund
Ardeystr. 67, D-44139 Dortmund
Tel.: 0231/1084-0
Fax: 0231/1084-308
<http://www.ifado.de>

Druck: Koffler-Druck, Dortmund

Printed in Germany

Vorwort

Der Jahresband 2002 von *Arbeitsphysiologie heute* soll einen aktuellen Einblick über Forschungsarbeiten der toxikologischen Projektbereiche des *IfADo* mit ihren Bezügen zu Grundlagen und Anwendungen dokumentieren.

In Bezug auf die Forschungsplanung des *IfADo* wurde mehrfach darauf verwiesen, dass ein Paradigmenwechsel in der Zielrichtung der angewandten Toxikologie zu beobachten ist. Während bislang die Erkennung und Prophylaxe manifester Berufserkrankungen durch chemische Stoffe im Zentrum des Interesses standen, gehen sich abzeichnende Entwicklungen in die sehr viel generellere Richtung einer für Menschen umweltverträglichen Chemie. So entfalten sich unter dem Stichwort '*Green Chemistry*' in den USA an Universitäten, Forschungsinstituten und Industrieunternehmen neue Aktivitäten, die die Entwicklung verträglicher Chemikalien, aber auch die Entwicklung neuer verträglicher chemischer Prozesse zum Inhalt haben. In diesen Kontext einzuordnen ist auch die Gesamtproblematik der so genannten „Ersatzstoffe“. '*Green Chemistry*' wird dabei als wichtiger Beitrag zur zukünftigen Sicherung eines Innovationsvorsprunges der deutschen und europäischen chemischen Industrie angesehen.

Die europäische Kommission hat in diesem Zusammenhang im Februar 2001 ein Weißbuch „Strategie für eine zukünftige Chemiewirtschaft“ vorgelegt, welches derzeit in weiten Bereichen von Wissenschaft, Behörden und Industrie sowie im sozialpolitischen Raum diskutiert wird.

Das Weißbuch der EU enthält unter anderem dezidierte Aussagen zum längerfristigen Forschungsbedarf, der insbesondere in Richtung der Entwicklung neuer toxikologischer Methoden und Verfahren zur Risikobeurteilung zielt. Besonders wird dabei auch auf die Notwendigkeit der Beurteilung von potenziell schädlichen Wirkungen von Chemikalien auf das Hormonsystem von Mensch und Tier abgehoben. Forschungen über Chemikalien mit endokriner Wirkung sollten auch die Wirkung niedriger Dosen langfristiger Expositionen und Exposition gegenüber Chemikaliengemischen sowie die Auswirkungen der hormonellen Veränderungen auf die Krebsentstehung beinhalten.

Auf den damit angesprochenen Feldern hat das *IfADo* in den letzten Jahren seine Grundkompetenzen erheblich verstärkt. Eine Neuorientierung der toxikologischen Forschung am *IfADo* trägt daher den Erfordernissen auf europäischer Ebene mit Vorrang Rechnung; der Diskurs über ihre mittel- und langfristige Entwicklung wurde auf einer öffentlichen Vortragsveranstaltung anlässlich der Jahressitzung des Kuratoriums des *IfADo* am 26.03.2001 eröffnet und im Oktober 2001 mit dem wissenschaftlichen Beirat fortgesetzt. In einem abschließenden moderierten Workshop am 07.11.2001 wurden die bislang erarbeiteten Einzelelemente zu einem Gesamtkonzept zusammengefügt. Dieses ist in der nachfolgenden **Abb. 1** dargestellt.

Das toxikologische Aufgabenfeld umfasst die Bewertung des Expositionsumfeldes des Menschen, der Wirkungsseite und des sich für den Menschen ergebenden Risikos auf einem Felde, das biochemische, morphologische, physiologische und Verhaltensveränderungen in einer ganzheitlichen Weise einschließt.

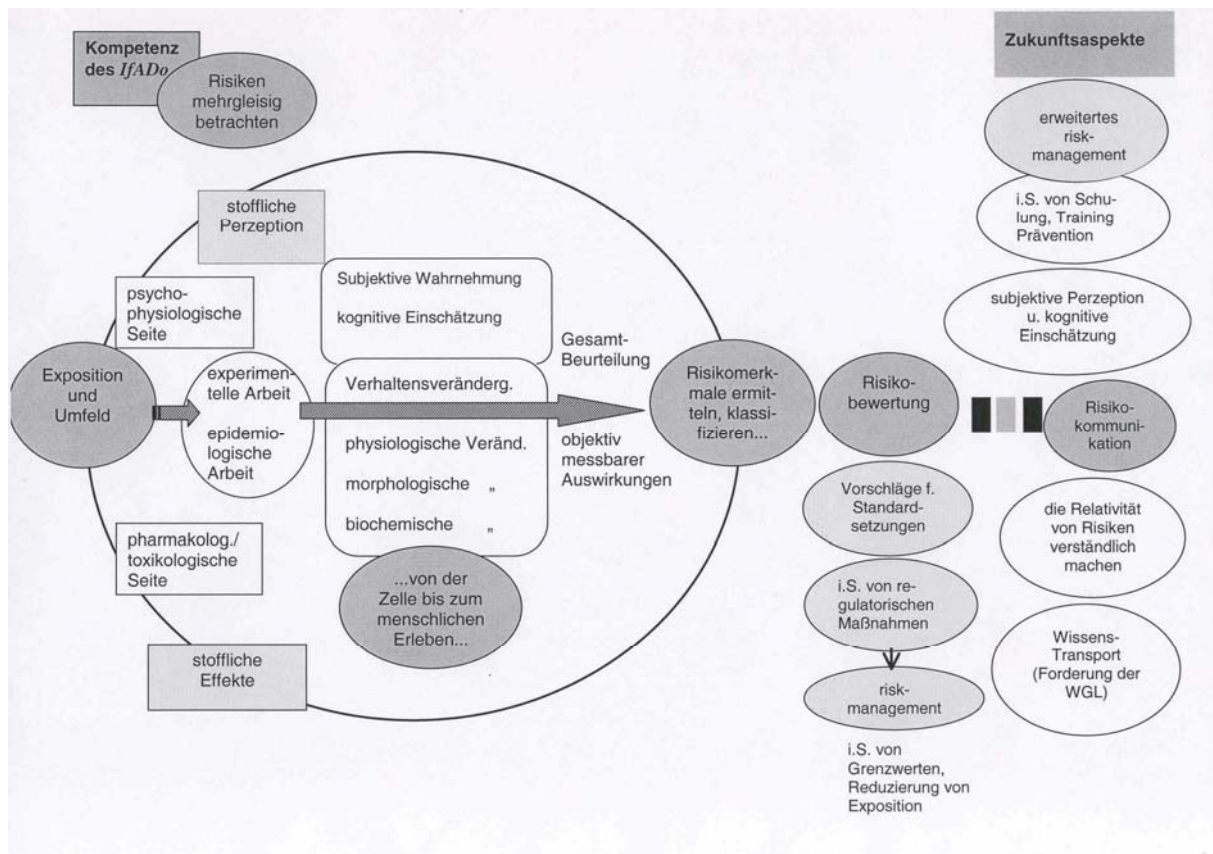


Abb. 1: Gesamtkonzept toxikologischer Forschung am *IfADo* (schematisch)

Die Ansätze zur Risikobewertung gehen in behördliche Umsetzungen des Risikomanagements - wie Vorschläge für Standardsitzungen und von Grenzwerten – ein. Die Mitarbeit von Wissenschaftlern des *IfADo* in Kommissionen auf nationaler und supranationaler Ebene, in deren Aufgabenbereich die Bewertung toxikologischer Stoffeigenschaften im Hinblick auf regulatorische Belange fällt, stellt daher einen sehr wesentlichen und direkten Umsetzungsweg für toxikologische Arbeitsergebnisse des Instituts dar.

Unter diesem Aspekt sind Wissenschaftler des *IfADo* in folgenden Gremien tätig (Stand: 01.04.2002):

- *Scientific Committee on Occupational Exposure Limits* bei der Generaldirektion V der EU in Luxemburg (1 Mitglied),
- *Interministerielle Kommission zur Neuordnung der Verfahren und Strukturen der Risikobewertung und Standardsetzung im gesundheitlichen Umweltschutz der Bundesrepublik Deutschland*, die im Jahre 2001 vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit sowie vom Bundesgesundheitsministerium gemeinsam eingesetzt wurde (1 Mitglied),
- *Senatskommission der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Prüfung gesundheitsschädlicher Arbeitsstoffe* (3 Mitglieder) mit den Arbeitsgruppen „Aufstellung von MAK-Werten“, „Grenzwerte in biologischem Material“, „Analytische Chemie“ und mit unterschiedlich wechselnden ad-hoc-Arbeitsgruppen,

- *Ausschuss für Gefahrstoffe (AGS)* beim Bundesminister für Arbeit und Sozialordnung (1 Mitglied) mit dem zuarbeitenden „*Beraterkreis Toxikologie*“ (2 Mitglieder).

Schon in der Vergangenheit hat die Mitarbeit von Wissenschaftlern des *IfADo* in Gremien, die der Regulation zuarbeiten, die Forschungstätigkeit des Instituts stark beeinflusst und beflügelt. Die Auswahl der Beiträge des nun vorgelegten Jahresbandes 2002 von ***Arbeitsphysiologie heute*** soll zeigen, dass hiermit auch in Zukunft neue Akzente gesetzt werden.

Dortmund, im April 2002

Die Institutsleitung des *IfADo*