



Ausarbeitung

Wirkung militärisch genutzter Treibstoffe und zivil genutzter Treibstoffe auf Gesundheit und Umwelt



Wirkung militärisch genutzter Treibstoffe und zivil genutzter Treibstoffe auf Gesundheit und Umwelt

██████████	██████████
Aktenzeichen:	WD 8 – 3000 – 037/12
Abschluss der Arbeit:	10.04.2012
Fachbereich:	WD 8: Umwelt, Naturschutz, Reaktorsicherheit, Bildung und Forschung
██████████	██████████

Die Literatur zu vorliegendem Gutachten wurde von den Mitarbeiterinnen ██████████ ██████████ aus der Hotline W zur Verfügung gestellt. Die Informationen in Kapitel 2 2008 seitens des BMVG (Bundesministerium der Verteidigung) übermittelt und von ██████████ vom Wehrwissenschaftlichen Institut für Werk-, Explosiv- und Betriebsstoffe bereit gestellt.

Inhaltsverzeichnis

1.	Einleitung: zivil und militärisch genutzte Luftkraftstoffe	4
2.	Bedeutung der Enteisungsmittel für militärisch genutzte	4
2.1.	Flugkraftstoffe	4
3.	Toxizität zivil genutzter und militärisch genutzter Flugkraftstoffe	5
3.1.	Akute Toxizität	5
3.2.	Subchronische Toxizität	6
3.3.	Chronische Toxizität	7
3.4.	Toxizität in der Umwelt	8
3.5.	Einstufung und Kennzeichnung nach Chemikalienrecht	8

1. Einleitung: zivil und militärisch genutzte Luftkraftstoffe

Treibstoffe für die zivile Luftfahrt unterscheiden sich von Kraftstoffen für den militärischen Flugverkehr. Wie aus der Bundestagsdrucksache 14/6420 sowie aus den Sicherheitsdatenblättern der Firmen CP Chem und BP hervorgeht, enthalten militärische Kraftstoffe zusätzlich Enteisungsmittel. Diese basieren entweder auf Diethylenglykolmonomethylether¹ (CAS-Nr. 111-77-3) oder auf Ethylenglykolmonomethylether² (CAS-Nr.³ 109-86-4) als Wirkstoff. Die Chemikalien sind den Kraftstoffen laut Bundestagsdrucksache jeweils mit einem Volumenanteil von 0,10 bis 0,15 Prozent zugesetzt, um die Eis- und Flockenbildung zu verhindern. Die Firma CP Chem gibt in ihrem Sicherheitsdatenblatt einen Anteil von Ethylenglykolmonomethylether von 0,1 bis 0,2 Gewichtsprozent an.

2. Bedeutung der Enteisungsmittel für militärisch genutzte

2.1. Flugkraftstoffe

Der Hauptgrund für den Zusatz von Enteisungsmittel zum Treibstoff von militärischen Luftfahrzeugen ist das Flug- und Einsatzprofil, das sich gravierend von dem ziviler Flugzeuge unterscheidet, sowie die aus Gründen der Gewichtsersparnis fehlenden Heizeinrichtungen im Kraftstoffsystem militärischer Luftfahrzeuge.

Die Enteisungsmittel verhindern das Gefrieren von freiem Wasser beim Abkühlen von Kraftstoff und somit die Gefahr des Verstopfens von Kraftstofffiltern und Durchflussöffnungen durch Eiskristalle in den Kraftstoffsystemen von Luftfahrzeugen.

Der Kraftstoff selbst ist beim Betanken der Fahrzeuge weit gehend frei von freiem Wasser. Abhängig von der Luftfeuchte der umgebenden Luft nimmt er jedoch Feuchtigkeit auf. Entscheidend ist dabei die absolute und nicht die relative Luftfeuchte. Die absolute Luftfeuchte ist im unteren Luftraum (< 10.000 ft) aufgrund der höheren Außentemperaturen höher. Deshalb nimmt der Kraftstoff in diesen Höhen Feuchtigkeit auf.

Militärische Luftfahrzeuge, insbesondere taktische Luftfahrzeuge wechseln häufig die Flughöhen. Sinken diese aus großer Höhe (> 20.000 ft) unterkühlt in niedrige Flughöhen, kommt es zur Kondensation von Feuchtigkeit auch im Inneren des Kraftstofftanks. Das Ausfrieren dieser Feuchtigkeit muss zuverlässig verhindert werden.

Zivile Luftfahrzeuge bewegen sich dem gegenüber überwiegend konstant im hohen bzw. mittleren Luftraum. Somit unterliegen sie wenigen Temperaturveränderungen, und es erfolgt weniger

1 Synonyme: Methoxydiglykol, Methylglykol, Methylidigol

2 Synonyme: Methylglykol, 2-Methoxyethanol

3 Die CAS-Nr. - Chemical Abstracts Registry Number - wird vom Chemical Abstracts Service vergeben und richtet sich nach der Reihenfolge des Ersteintrags eines Stoffes im CAS-System. Anhand der CAS-Nr. lassen sich Chemikalien eindeutig zuordnen und in Stoffdatenbanken recherchieren.

Kondensation von Feuchtigkeit. Zudem verfügen sie oftmals über eine Heizung der Kraftstofffilter, sodass es zu keiner Verstopfung dieser Filter durch Eiskristalle kommen kann.

Militärische Luftfahrzeuge unterliegen ferner längeren Betriebspausen als zivile Luftfahrzeuge. Die Tanks sind während dieser Betriebspausen kaum befüllt. Durch den regelmäßigen Luftaustausch zwischen Innen- und Außenatmosphäre reichert sich Feuchte in den Tanks an. Deshalb muss auch regelmäßig über Drainageleitungen Wasser aus den Tanks entfernt werden.

Die Kombination langer Betriebspausen mit stark wechselnden Flughöhen ist typisch für militärische Einsatzbedingungen. In der zivilen Luftfahrt kommen diese kaum vor.

Auch die Verwendung von Nachbrennertriebwerken ist weit gehend auf militärische Luftfahrzeuge beschränkt. Beim Zuschalten eines Nachbrenners nimmt der Volumenstrom des Kraftstoffes um das Zwei- bis Dreifache zu. Damit sammelt sich pro Zeiteinheit eine größere Menge Eiskristalle auf den Kraftstofffiltern; die Gefahr der Verstopfung ist dadurch erhöht.

Der Einsatz von Enteisungsmitteln in Kraftstoffen militärischer Luftfahrzeuge ist nicht auf kraftstoffspezifische Parameter zurückzuführen, sondern resultiert aus den speziellen Betriebsbedingungen und aus der von zivilen Luftfahrzeugen abweichende Bauweise militärischer Luftfahrzeuge.

3. Toxizität zivil genutzter und militärisch genutzter Flugkraftstoffe

Für die Bewertung des Risikos von militärisch genutzten Kraftstoffen im Vergleich zu zivil genutzten Kraftstoffen sind Studien zu deren Wirkungsweise auf Lebewesen und auf die Umwelt relevant. Die in Kapitel 4. genannte Literatur wird diesbezüglich ausgewertet und in den Kapitel 3.1 bis 3.4 dargestellt.

Für den sicheren Umgang mit Chemikalien geben die Kennzeichnung und Warnhinweise auf der Verpackung Auskunft über das Risiko. Diese so genannte Einstufung und Kennzeichnung leitet sich aus Rechtsvorschriften ab. Die gültige Einstufung und Kennzeichnung von militärisch und zivil genutzten Kraftstoffen wird in Kapitel 3.5 erläutert.

3.1. Akute Toxizität

Zivile und militärisch genutzte Kraftstoffe verhalten sich in Studien über die Wirkung auf Lebewesen ähnlich bzw. in einigen Studien auch gleich, was auf die nahezu identischen Inhaltsstoffe zurückzuführen ist.

Zivile wie auch militärisch genutzte Treibstoffe können bei unmittelbarem Kontakt Haut, Augen und Atemwege reizen. Insgesamt wird die unmittelbare Giftigkeit (akute Toxizität) von Flugzeugkraftstoffen als vergleichsweise gering eingeschätzt.

In der Studie von Baynes et al. wird untersucht, wie die Bestandteile aus militärisch genutzten Flugzeugkraftstoffen über die Haut aufgenommen werden. Hierbei wird im Besonderen der Einfluss von Zusatzstoffen darunter auch Diethylenglykolmonomethylether untersucht. Als Modell für die menschliche Haut wird in der Studie Schweinehaut verwendet. Die Autoren halten fest, dass Diethylenglykolmonomethylether das Eindringen bestimmter Chemikalien in die Haut unter Umständen erleichtern kann (Baynes et al. 2001). Eine ähnliche Studie von McDougal weist an Rattenhaut eine besonders hohe Eindringrate von Diethylenglykolmonomethylether aus (McDougal 2000). Ramos et al. sowie Limón-Flores et al. berichten eine Unterdrückung der Immunantwort, nachdem sie die Haut von Mäusen mit dem militärischen Flugkraftstoff JP-8 in Kontakt gebracht haben (Ramos et al. 2009; Limón-Flores et al. 2009). In eine ähnliche Richtung deutet eine Untersuchung von David Harris et al.: Er setzte Mäuse inhalativ eine Stunde täglich über den Zeitraum von sieben Tagen 1000 Milligramm je Kubikmeter JP-8 aus und infizierte sie dann über die Nase mit dem Hongkong-Grippevirus, um den Einfluss der Exposition des Kraftstoffs auf das Immunsystem der Tiere zu prüfen. Das Immunsystem der exponierten Tiere war im Vergleich zu Kontrolltieren geschwächt und die Infektion verlief schwerer (Harris et al. 2008). Es ist allerdings unklar, ob zivile Kraftstoffe ähnliche Effekte hervorrufen würden bzw. welcher Bestandteil des militärischen Flugbenzins toxikologisch relevante Effekte hervorrufen.

Solche Beobachtungen sind in erster Linie für Beschäftigte relevant, die beruflich bedingt mit militärisch genutzten Kraftstoffen Hautkontakt haben können und diesen inhalativ ausgesetzt sind. Dies betrifft beispielsweise Beschäftigte auf US-Luftwaffenstützpunkten, die mit Flugbenzin Umgang haben (Merchant-Borna et al. 2012). In der Literatur wird bei exponierten Beschäftigten über Fälle von Kontaktdermatitis berichtet.

3.2. Subchronische Toxizität

Nach mehrwöchiger Einwirkung von zivilen wie auch militärisch genutzten Flugzeugtreibstoffen⁴ (subchronische Toxizität) kann es zu Organschädigungen kommen. Im Sicherheitsdatenblatt der Firma CPChem zu „JP-8 Aviation Turbine Fuel“ heißt es: „Flugzeugkraftstoff hat im Tierversuch die Nieren geschädigt. Am Menschen sind keine vergleichbaren Nierenschäden bekannt geworden. Der Treibstoff kann Blutveränderungen hervorrufen, die möglicherweise zu einer aplastischen Anämie führen. Er kann Leberschädigungen hervorrufen. Wiederholter und langer Hautkontakt könnte zur schweren Hautirritationen führen.“ Diese Beschreibung deckt sich im Wesentlichen auch mit den Ausführungen im Kapitel „subchronische Toxizität“ im Bericht von Concawe zu Flugzeugtriebstoffen (Concawe 1995).

Fechter et al. berichtet, dass eine vierwöchige inhalative Exposition mit JP-8 die Wirkung von Lärm bei männlichen Mäusen, nicht bei weiblichen Tieren verstärkt. Die Gehörschädigungen, die hochfrequenter Lärm verursachen kann, fallen in Kombination mit Chemikalienbelastung größer aus (Fechter et al. 2012). Studien mit einer 90-tägigen Exposition von Ratten mit JP-8 bzw. JP-4 zeigten laut Mattie eine geringe Toxizität mit der primären Folge einer kohlenwasserstoffbedingten Nephropathie bei den Männchen (Mattie et al. 2011).

4 Berührung der Chemikalien mit der Haut, Schlucken der Chemikalien oder Einatmen der Dämpfe

3.3. Chronische Toxizität

Hinsichtlich der Unterschiede in der Wirkung beider Kraftstoffarten nach mindestens mehrmonatiger Einwirkung (chronische Toxizität) liegen kaum relevante Studien vor.

Da militärisch genutzte Kraftstoffe zusätzlich Diethylenglykolmonomethylether oder Ethylenglykolmonomethylether enthalten, weist das Unternehmen CPChem in seinem Sicherheitsdatenblatt zusätzlich auf Risiken - in diesem Fall auf Risiken durch den zu-gesetzten Ethylenglykolmonomethylether - hin: „Enthält eine Komponente, die das Reproduktionssystem und den Embryo und Fötus im Tierversuch beeinträchtigt hat.“

Mattie et al. geht jedoch von einer geringen reproduktionstoxischen Wirkung von JP-8 aus. Hinsichtlich eines Risikos auf Krebsentstehung merkt er an, dass sowohl JP-4 als auch JP-8 im Mutagenitätstest negativ gewesen seien (Mattie et al. 2011).

Isolierter Monoethylenglykolmonomethylether wird als schädlich für das Reproduktionssystem und als fruchtschädigend angesehen und ist entsprechend Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG als reproduktionstoxisch der Kategorie 2 eingestuft (OEHHA 2001a / OEHHA 2001b). Die Spermienbildung wird durch die Substanz beeinträchtigt. Der Glykolether besitzt verglichen mit den anderen Glykolethern die höchste hodenschädigende Potenz. Ergebnisse aus Untersuchungen an Ratten deuten darauf hin, dass auch die weibliche Fruchtbarkeit durch Ethylenglykolmonomethylether beeinträchtigt wird. Erwiesen ist, dass Ethylenglykolmonomethylether die Entwicklung des Fötus in verschiedenen Tierspezies schädigt – unabhängig davon, ob die Chemikalie über die Haut, den Mund oder die Atemwege aufgenommen wurde (BGFA 2002).

Isolierter Diethylenglykolmonomethylether erwies sich in höheren Dosen als entwicklungsstoxisch bei Ratten und Mäusen. Dies ist auf die Bildung geringer Mengen Ethylenglykolmonomethylether zurückzuführen (siehe vorausgehender Abschnitt). Die Daten zu einer möglichen hodenschädigenden Wirkung von Diethylenglykolmonomethylether sind widersprüchlich. Zu einem möglichen Einfluss von Diethylenglykolmonomethylether auf die weibliche Fruchtbarkeit liegen keine Studien vor (BGFA 2002). Diethylenglykolmonomethylether ist entsprechend Anhang I der Richtlinie 67/548/EWG als reproduktionstoxisch der Kategorie 3 eingestuft.

Ob militärisch genutzte Flugzeugtreibstoffe sich in toxikologischen Studien hinsichtlich der Fruchtbarkeit und Reproduktion anders wirken als zivile Flugzeugtreibstoffe, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden, da keine entsprechende Literatur vorliegt.

Beim Verbrennen der Kraftstoffe werden die reaktiven Etherverbindungen zu Kohlendioxid und Wasser verbrannt.

In verschiedenen Studien wird vor allem auf die Risiken von Flugkraftstoffen bei chronischer Belastung durch geringe Gehalte an Benzol hingewiesen. Die Chemikalie Benzol ist als krebserzeugend eingestuft. Benzol ist jedoch sowohl in zivilen als auch in militärischen Kraftstoffen, noch dazu auch in herkömmlichen Fahrzeugkraftstoffen enthalten. Insofern ist das Risiko durch diese Substanz nicht spezifisch für militärisch genutzte Flugobjekte. Eine vergleichende Untersuchung der organischen Substanzen in den Abgasen von Flugzeugen und Dieselfahrzeugen ergab

denn auch keine nennenswerten Unterschiede (Carlton; Smith 2000 / Tesseraux 2004). Ein Forschungsbericht der Universität Kiel befasst sich ebenfalls mit aromatischen Chemikalien darunter Benzol, Phenol und polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen im Abgas von Flugzeugtriebwerken, jedoch nicht gesondert mit militärischen Flugzeugen (Wieben, Kruse 1999).

3.4. Toxizität in der Umwelt

Der Bericht von Concawe weist für militärisch genutzten Kraftstoffe (JP-8) die tödlichen Dosen für verschiedene Fischarten aus. Allerdings liegen keine Daten vor, die einen direkten Vergleich zur Giftigkeit zivil genutzter Kraftstoffe zulassen würden (Concawe 1995). Alle Flugzeugkraftstoffe sind alleine aufgrund des Hauptbestandteils Kerosin als wassergefährdend eingestuft (siehe Kapitel 3.5.).

3.5. Einstufung und Kennzeichnung nach Chemikalienrecht

Bei zivilen und auch militärischen Treibstoffen handelt es sich um ein Gemisch verschiedener Chemikalien, eine so genannte Zubereitung. Die Einstufung und Kennzeichnung von Zubereitungen hat entsprechend Richtlinie 1999/45/EG zu erfolgen. Dabei fließt die Gefährlichkeit der einzelnen Inhaltstoffe, aber auch deren Menge in das Gesamturteil an. Aufgrund der geringen Menge an Enteisungsmitteln in den Treibstoffen werden Kraftstoffe für die zivile Luftfahrt und solche für die militärische Luftfahrt identisch eingestuft und gekennzeichnet. Beide tragen die Gefahrensymbole „gesundheitsschädlich“ sowie „umweltgefährlich“.

Erst wenn Ethylenglykolmonomethylether in einem Anteil von mindestens 0,5 Gewichtsprozent zugefügt wäre, würde die Einstufung und Kennzeichnung der Zubereitung sich entsprechend Anhang II Teil B Nr. 6 der Richtlinie 1999/45/EG ändern: Statt gesundheitsschädlich müsste das Gefahrensymbol für giftig angebracht werden. Die Zubereitung würde als „fortpflanzungsgefährdend“ eingestuft werden. Bei Diethylenglykolmonomethylether würde sich die Einstufung erst ab einem Gewichtsanteil von fünf Prozent mit einem Hinweis auf die Fortpflanzungsgefährlichkeit verändern, die Gefahrensymbole blieben jedoch gleich, da Diethylenglykolmonomethylether weniger toxisch ist als Ethylenglykolmonomethylether.

Aufgrund der identischen Einstufung und Kennzeichnung ziviler und militärischer Treibstoffe sind die Sicherheitsvorkehrungen zum Umgang mit beiden sowie die Vorgaben zur Entsorgung, Transport und Lagerung nach Chemikalienrecht identisch (siehe auch CPChem 2001 / BP 2002 / Shell Deutschland 2006).



4. Literatur- und Quellenverzeichnis

- Baynes, Ronald; Brooks, James; Budsaba, Kamon; Smith, Charles; Riviere, Jim (2001). Mixture Effects of JP-8 Additivs on the Dermal Disposition of Jet Fuel Components. In: Toxicology and Applied Pharmacology, Nr. 175, S. 269-281.
- BGFA - Berufsgenossenschaftliches Forschungsinstitut für Arbeitsmedizin (2002). Toxizität von Glykolethern. Abschlussbericht, im Internet: <http://www.bgfa.ruhr-uni-bochum.de/pdf/tox6.pdf> [Stand: 12.02.2008].
- BP (2002). Sicherheitsdatenblatt Jet A-1 enthält FSII. 11. Juli 2002, im Internet: <http://amtulld002.bp.com/alignmsds/oavfin.nsf/7ff80d7b66c2265680256ba0002d710e/7f31d7e9d4fc789380256c6a0032ceea?OpenDocument> [Stand: 12.02.2008].
- Bundesregierung (2001). Inhaltsstoffe militärisch genutzter Treibstoffe. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der [REDACTED] und der Fraktion die PDS. Bt-Drs. 14/6420, 25.06.2001, im Internet: <http://dip.bundestag.de/btd/14/064/1406420.pdf> [Stand: 8.2.2008].
- Carlton, Gary; Smith, Leslie (2000). Exposures to Jet Fuel and Benzene During Aircraft Fuel Tank Repair in the U.S. Air Force. In: Applied and Occupational and Environmental Hygiene, Vol. 15 (6), S. 485-491.
- CPChem (2001). Material Safety Data Sheet. JP-8 Aviation Turbine Fuel. 3. August 2001.
- Concawe (1995). Kerosines/jet fuels. Prepared by Concawe's Petroleum Products and Health Management Groups, Brüssel, April 1995.
- Fechter, Laurence et al. (2012). Subchronic JP-8 fuel exposure enhances vulnerability to noise-induced hearing loss in rats. In: Journal of toxicology and environmental health. Bd. 75 (5), S. 299-317.
- Harris, David et al. (2009). JP-8 jet fuel exposure suppresses the immune response to viral infections. In: Toxicology and Industrial Health, Bd. 24, S. 209-216.
- Limón-Flores, Alberto et al. (2009). Mast cells mediate the immune suppression induced by dermal exposure to JP-8 jet fuel. In: Toxicological Sciences, Bd. 112(1), S. 144-152.
- Mattie, David et al. (2011). Past, present and emerging toxicity issues for jet fuels. In: Toxicology and applied pharamacology. Bd. 254 (2), S. 127-132.

- Merchant-Borna, Kian et al. (2012). Characterization of inhalation exposure to jet fuel among U.S. air force Personnel. In: The annals of occupational hygiene, online pub-liziert am 20. März 2012.
- McDougal, James; Pollard, Daniel; Weismann, Wade; Garrett, Carol; Miller, Thomas (2000). Assessment of Skin Absorption and Penetration of JP-8 Jet Fuel and Its Components. In: Toxicological Sciences, Bd. 55, S. 247-255.
- OEHHA (2001)a. Ethylene Glycol Ethers. Prioritization of Toxic Air Contaminants – Children’s Environmental Health Protection Act, Oktober 2001, im Internet: http://www.oehha.org/air/toxic_contaminants/pdf_zip/glycoethers_final.pdf [Stand: 12.02.2008].
- OEHHA (2001)b. Ethylene Glycol Monomethylether, Chronic Toxicity Summary, im Internet: http://www.oehha.org/air/chronic_rels/pdf/109864.pdf [Stand:11.02.2008].
- Ramos, Gerardo et al. (2009). JP-8 induces immune suppression via a reactive oxygen species NF- κ B-dependent mechanism. In: Toxicological Sciences, Bd. 108(1). S. 100-109.
- Shell Deutschland (2006). Sicherheitsdatenblatt. Kraftstoff, Turbo-, Luftfahrzeug F – 34, 14.03.2006.
- Tesseraux, Irene (2004). Risk factors of jet fuel combustion products. In: Toxicology Letters, Nr. 149, S. 295-300.
- Wieben, Mareke; Kruse, H. (1999). Toxikologische Bewertung von organisch-chemischen Triebwerksemissionen. Institut für Toxikologie, Klinikum der Christian-Albrechts-Universität Kiel, Juli 1999.