

Ergebnisbericht zur Studie „Vorkommen von Mycobakterien in wassergemischten Kühlschmierstoffen“

Auftraggeber:

Süddeutsche Metall-Berufsgenossenschaft
Abteilung Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz
Sachgebiet Biologische Noxen
zuständig: Frau Dr. Isabel Warfolomeow

Forschungsnehmer:

Nationales Referenzzentrum für Mycobakterien (NRZ)
Forschungszentrum Borstel
Leitung: Frau Dr. S. Rüscher-Gerdes

Projektbeteiligte:

Blaser Swisslube AG
Castrol Industrie GmbH
Fuchs Schmierstoffe GmbH
Oemeta Chemische Werke GmbH

DaimlerChrysler AG

Stand: April 2004

Fragestellung und Einleitung

In den USA werden seit einigen Jahren immer wieder Fälle von Exogen Allergischer Alveolitis (EAA, engl. : Hypersensitivity Pneumonitis, HP) durch Mycobakterien, vorrangig *Mycobacterium chelonae* und *Mycobacterium immunogenum* (beide Risikogruppe 2 nach TRBA 466¹) im Zusammenhang mit dem Einsatz von wassergemischten Kühlschmierstoffen beschrieben, insbesondere in der Automobil- und Zulieferindustrie. Die verschiedenen Gesundheitsorganisationen in den USA widmen dem Thema einen breiten Raum und mittlerweile sind auch hierzulande Anfragen von verschiedenen Stellen an die Berufsgenossenschaften hinsichtlich eines möglichen Gefährdungspotentials ergangen. Da Mycobakterien aufgrund des schwierigen Nachweises routinemäßig in Kühlschmierstoff-Proben nicht untersucht werden, konnten bislang keine Aussagen hierzu getroffen werden.

Die Gattung *Mycobacterium* gehört in die Ordnung der Actinomycetales und in die Familie der Mycobacteriaceae. Nach infektiologischen und epidemiologischen Kriterien lässt sich die Gattung *Mycobacterium* in drei Gruppen einteilen:

- Tuberkulosebakterien (*Mycobacterium tuberculosis* complex)
- *Mycobacterium leprae*
- Nichttuberkulöse Mycobakterien (NTM, alte Bezeichnung: „atypische Mycobakterien“)

Mycobakterien sind aerobe Gram-positive unregelmäßig geformte, leicht verzweigte Zellen. Ein Hauptcharakteristikum ist ihre „Säurefestigkeit“, die auf dem hohen Gehalt der Zellwand an Mycolsäuren beruht und die Zellen wachsartig und somit stark hydrophob machen. Während die pathogenen Arten auf komplexe Nährsubstrate angewiesen sind und sehr langsam wachsen benötigen viele ubiquitär vorkommende Mycobakterien keine Zusatzstoffe und wachsen relativ schnell.

Nichttuberkulöse Mycobakterien findet man weltweit in der Umwelt (Wasser, Erdboden) sowie als Bestandteil der Schleimhautflora von Mensch und Tier. Viele ernähren sich saprophytisch von organischem Material wie Stoffwechselprodukten anderer Mikroorganismen oder abgestorbener Biomasse. Daher rührt die Vermutung, dass hohe Koloniezahlen, z.B. in wassergemischten Kühlschmierstoffen, gute Wachstums-voraussetzungen darstellen.

Infektionen durch nichttuberkulöse Mycobakterien sind selten und werden durch eine herabgesetzte zelluläre Immunität begünstigt. Gehäuft werden sie bei bestimmten Malignomen, Patienten mit immunsuppressiver Therapie sowie bei AIDS-Patienten beobachtet, ebenso bei vorbestehenden bronchopulmonalen Erkrankungen wie Bronchiektasen, chronisch obstruktiver Bronchitis, Silikose oder Zustand nach Lungentuberkulose.

Die häufigsten bislang beschriebenen Krankheitsbilder durch nichttuberkulöse Mycobakterien sind Lungeninfekte (*M. kansasii*, *M. marinum*, *M. avium-intracellulare*, *M. xenopi*, *M. fortuitum*), Abszesse an Haut- und Weichteilen (*M. marinum*, *M. chelonae*, *M. fortuitum*) und lymphatische Erkrankungen (*M. scrofulaceum*, *M. szulgai*). Die Übertragung erfolgt durch Inhalation oder direkten Kontakt, Mensch zu Mensch Übertragungen sind nicht bekannt.

Schwierig ist die Interpretation eines positiven Ergebnisses von nichttuberkulösen Mycobakterien im Hinblick auf die klinische Bedeutung, da die Erreger ubiquitär sind und auch bei Gesunden vorkommen. Der einmalige Nachweis aus Sputum, Urin oder

¹ Technische Regeln für Biologische Arbeitsstoffe (TRBA) 466 : „Einstufung von Bakterien in Risikogruppen“

Bronchialsekret ist für eine Diagnose nicht ausreichend; nur bei 10% aller Personen mit positivem Befund liegt auch wirklich eine Mycobakteriose vor. Mycobakteriosen durch nichttuberkulöse Mycobakterien unterliegen keiner Meldepflicht; Anerkennungen als Berufskrankheiten sind bislang nicht gegeben.

Mycobacterium immunogenum wurde erstmals 1998 beschrieben und wird dem *M. chelonae*-Komplex zugerechnet. Es handelt sich um nichttuberkulöse schnellwachsende Mycobakterien die primär im Zusammenhang mit Subkutanabszessen beschrieben worden sind; Atemwegserkrankungen durch Vertreter der *Mycobacterium chelonae*-Gruppe waren bislang nicht bekannt.

Als Verursacher einer exogenen allergischen Alveolitis, d.h. einer Entzündung der Alveolen durch Immunkomplexe mit nachfolgender Vernarbung und daraus folgender Einschränkung der Lungenfunktion, werden neben einer Vielzahl von tierischen, pflanzlichen, chemischen und Arzneimittelallergenen auch mikrobielle Allergene als ursächlich angesehen. Hierzu zählen als sicher bewiesene Allergene vor allem die thermophilen Aktinomyzeten (z. B. Krankheitsbild der Farmer- oder Befeuchterlunge), verschiedene Schimmelpilze wie Aspergilli-, Penicillium-Arten, Speisepilzsporen oder Hefen wie *Trichosporon*, *Rhodotorula*. Mycobakterien wurden in diesem Zusammenhang weder als wahrscheinliche noch als verdächtige Allergene genannt.

Bei Maschinenarbeitern in den USA wurden interstitielle Lungenveränderungen und Einschränkungen der Lungenfunktion im Sinne einer EAA bei gleichzeitigem Vorliegen von spezifischen IgG-Antikörpern und einem entsprechend positiven Befund von Mycobakterien (hauptsächlich *M. chelonae* und *M. immunogenum*) in wassergemischten Kühlschmierstoffen nachgewiesen. Ein eindeutiger Zusammenhang des Krankheitsgeschehens im Sinne einer beruflich verursachten kausalen Wirkungskette ist zur Zeit jedoch nicht nachgewiesen.

Da in den genannten Kühlschmierstoff-Produkten als biozide Wirkstoffgruppe überwiegend Hexahydrotriazine (HHT) zum Einsatz kamen, wurde eine unzureichende Wirksamkeit gegenüber Mycobakterien vermutet bzw. sogar eine spezifische Wachstumsförderung bei Überdosierung von HHT. Diese Annahme führte letztendlich bei Automobilherstellern in der USA zu der Verfügung, sämtliche Biozide auf Formaldehyddepot-Basis nicht mehr für die Vorkonservierung von Kühlschmierstoffen einzusetzen mit nicht unerheblichen Auswirkungen auch auf den deutschen Markt.

Im Rahmen dieses Projektes sollte in einem ersten Schritt überprüft werden, ob in unterschiedlichen Betriebsproben wassergemischter Kühlschmierstoffe Mycobakterien nachgewiesen werden können, um welche Spezies es sich dabei handelt und ob ihr Vorkommen signifikant ist.

Darüber hinaus erfolgen zur Zeit von Seiten verschiedener Konservierungsmittel-Hersteller weitergehende Untersuchungen zur Wirksamkeit unterschiedlicher Biozid-Formulierungen gegenüber Mycobakterien.

Material und Methoden

Vorversuche

Aufgrund der langen Generationszeit von Mycobakterien muss folgendes beachtet werden: Zur Unterdrückung bzw. Abtötung der Begleitflora, die zwangsläufig zu einem Überwachsen der Kulturen führen würde, ist eine Vorbehandlung des Untersuchungsmaterials erforderlich. Entsprechend der DIN-Vorschrift 58 943 Teil 3² erfolgt die Vorbehandlung mit N-Acetyl-L-Cystein-NaOH. Dabei ist jedoch davon ausgehen, dass auch etwa 10% der Mycobakterien durch die Vorbehandlung absterben können; insofern ist eine genauere Quantifizierung nicht möglich.

- Durch die lange Generationszeit von Mycobakterien (16-20 Stunden) werden auf Festmedien entsprechend sehr lange Anzuchtzeiten (3-4 Wochen) benötigt. Durch den Einsatz eines Flüssigmediums und Indikatoren für das Wachstum der Mikroorganismen wird die Sensitivität und die Detektionszeit stark verkürzt.
- Die Dekontamination des Untersuchungsmaterials mit N-Acetyl-L-Cystein-NaOH und eine Kombination von Flüssig- und Festmedien hat sich für den kulturellen Nachweis von Mycobakterien als optimal erwiesen und gilt heute als Standardmethode.

Vorbehandlungsmethode:	N-Acetyl-L-Cystein-NaOH
eingesetzte Nährmedien feste Nährmedien:	Löwenstein-Jensen; Stonebrink; Middlebrook 7H10
flüssige Nährmedien:	MGIT 960
Bebrütungstemperatur:	31° und 37° C

50 ml einer frisch angesetzten Kühlschmierstoffprobe wurden jeweils mit etwa $10^4 - 10^5$ KBE/ml *Mycobacterium chelonae* bzw. *Mycobacterium avium* versetzt und nach erfolgter Kultivierung anschließend detektiert.

Ergebnisse der Vorversuche:

KSS-Probe ohne Bakterienzusatz (Blindprobe)	negativ
KSS-Probe versetzt mit <i>M. chelonae</i>	Wachstum nachweisbar
KSS-Probe versetzt mit <i>M. avium</i>	Wachstum nachweisbar

Die Vorversuche ergaben, dass keine Hemmung durch die Vorbehandlung mit N-Acetyl-L-Cystein-NaOH aufgrund möglicher Interaktionen mit dem Kühlschmierstoff vorliegen und das gewählte Verfahren zum Nachweis von Mycobakterien aus Kühlschmierstoffproben eingesetzt werden kann.

² DIN 58 943 Teil 3: Medizinische Mikrobiologie; Tuberkulosedagnostik, Kulturelle Methoden zur Isolierung

Hauptuntersuchungsreihen

Untersucht wurden insgesamt 40 Kühlschmierstoff-Proben (Betriebsproben) von vier Kühlschmierstoff-Herstellern (BLASER SWISSLUBE AG, CASTROL INDUSTRIE GmbH, FUCHS SCHMIERSTOFFE GmbH, OEMETA CHEMISCHE WERKE GmbH) aus unterschiedlichsten metallverarbeitenden Betrieben. Es wurde insbesondere auf eine breites Spektrum der verschiedenen Proben sowohl im Hinblick auf die eingesetzten Kühlschmierstoffe als auch auf das Bearbeitungsverfahren und betriebsinterne Bedingungen Wert gelegt. Genauere Angaben zu den untersuchten Kühlschmierstoffproben sind im Anhang aufgelistet.

Die Betriebsproben (je 10 Proben / Hersteller) wurden anonymisiert an das NRZ für Mycobakterien in Borstel verschickt.

Vorbehandlungsmethode:	N-Acetyl-L-Cystein-NaOH
eingesetzte Nährmedien feste Nährmedien:	Löwenstein-Jensen; Stonebrink; Middlebrook 7H10
flüssige Nährmedien:	MGIT 960 (für Bebrütung bei 37° C) BACTEC 460 TB (für Bebrütung bei 31° C)
Bebrütungstemperatur:	31° und 37° C
Typisierung:	Sequenzierung der 16S rRNA

Die Medien wurden 6-8 Wochen bebrütet wobei einmal pro Woche eine Kontrolle auf Wachstum von Mycobakterien erfolgte.

Die Auswertung und Identifizierung erfolgte über mikroskopische Primärpräparate, wie auch über klassische Kultivierungsverfahren und molekulardiagnostische Methoden via Realtime-PCR (Light Cycler).

Der kulturelle Nachweis wurde sowohl für Tuberkulosebakterien als auch für nichttuberkulöse Mycobakterien (NTM) durchgeführt.

Ergebnisse

Von den 40 untersuchten Kühlschmierstoff-Proben waren 39 negativ, d.h. es konnten keine Mycobakterien nachgewiesen werden. Nur in einer Probe (Nr. 25) wurde *Mycobacterium immunogenum* nachgewiesen.

Beurteilung und Diskussion

Bei den Daten zu den einzelnen Kühlschmierstoffproben handelt es sich ausschließlich um Angaben der jeweiligen Kühlschmierstoff-Hersteller; sie sind im Hinblick auf die eingesetzten Nachweismethoden nicht standardisiert. Ein direkter Vergleich der Daten ist somit nur eingeschränkt möglich. Die Angaben sollen vielmehr einer allgemeinen Übersicht der untersuchten Betriebsproben dienen. Eine detaillierte Auflistung findet sich im Anhang dieses Berichts.

Bei den untersuchten Kühlschmierstoffproben handelte es sich mehrheitlich um mineralölbasische Produkte die zu etwa gleichen Teilen aus betrieblichen Arbeitszentren (n = 22) und Zentralanlagen (n = 17) stammten. Über die Hälfte der Proben war bakterizidfrei; bei den restlichen Proben waren überwiegend Formaldehyddepotstoffe (n = 18) zur Vorkonservierung eingesetzt. Fast alle Proben enthielten Fungizide; Na-Pyrithion (n = 16) und Iod-Carbamat (n = 19) wurden etwa gleich häufig eingesetzt.

Die durchschnittliche Standzeit bei Probenahme lag bei 18,5 Monaten; kürzeste Standzeit ein Monat, längste „Standzeit“ (!?) 150 Monate (12,5 Jahre).

Schleifen, Fräsen und Bohren waren die häufigsten genannten Bearbeitungsverfahren, Stahl- und Guss die am meisten eingesetzten Werkstoffe.

Die durchschnittliche Konzentration der Kühlschmierstoffproben lag bei der Bestimmung mittels Refraktometer bei 7,4 % (n = 34) (niedrigste Konzentration 2,6%, höchste Konzentration 14,0 %). Konzentrationsbestimmungen mittels Spaltkolben (DIN 51 368) und Säuretitration ergaben teilweise stark abweichende Werte, wahrscheinlich aufgrund eines hohen Fremdölanteils.

Der pH-Wert lag zwischen 7,8 und 9,4 bei einem durchschnittlichen pH von 8,8 (n = 39).

Die Nitritkonzentration war mit durchschnittlich 3 ppm (n = 32) bei fast allen Proben sehr niedrig bzw. unterhalb der Nachweisgrenze. Lediglich bei zwei Proben wurde ein Nitritgehalt von 20 ppm nachgewiesen. Eine Korrelation Nitritgehalt zur Gesamtkeimzahl war nicht feststellbar.

Die Angaben zur Gesamtkeimzahl der Proben lagen zwischen 0 und 152 Millionen Bakterien (n = 40). Mehr als die Hälfte der Proben (n = 24) hatte eine Gesamtkeimzahl von oder über 10^6 KBE/ml; Pilze wurden in 11 Proben nachgewiesen.

Zentralanlagen (ZA) waren durchschnittlich mit $3,0 \times 10^6$ KBE/ml (Median $1,0 \times 10^4$ KBE/ml) belastet, betriebliche Arbeitszentren (BAZ) mit $1,6 \times 10^7$ KBE/ml (Median $1,5 \times 10^6$ KBE/ml).

Berechnet man die Mittelwerte getrennt nach Hersteller ergibt sich folgendes Bild:

	Alle Proben		Zentralanlagen		Betriebliche Arbeitszentren	
	Mittelwerte KBE/ml	Median KBE/ml	Mittelwerte KBE/ml	Median KBE/ml	Mittelwerte KBE/ml	Median KBE/ml
Hersteller 1	$3,1 \times 10^7$ (n = 10)	$3,6 \times 10^6$	-	-	$3,1 \times 10^7$ (n = 9)	$3,4 \times 10^6$
Hersteller 2	$1,1 \times 10^5$ (n = 10)	$5,0 \times 10^2$	$1,4 \times 10^5$ (n = 8)	$5,0 \times 10^2$	$(<) 10^3$ (n = 2)	-
Hersteller 3	$6,1 \times 10^6$ (n = 10)	$1,0 \times 10^7$	$4,0 \times 10^6$ (n = 5)	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^7$ (n = 4)	$1,0 \times 10^7$
Hersteller 4	$8,0 \times 10^5$ (n = 10)	$1,0 \times 10^6$	$3,4 \times 10^5$ (n = 3)	$1,0 \times 10^4$	$1,0 \times 10^6$ (n = 7)	$1,0 \times 10^6$

Bei den Proben Nummer 24 und 25 handelte es sich um Kühlschmierstoff-Proben aus einem Betrieb in den USA von zwei unterschiedlichen Anlagen; alle anderen Proben stammten aus Deutschland.

Nur in einer einzigen Probe, **Nummer 25**, konnten Mycobakterien und zwar *Mycobacterium immunogenum* als einzige Spezies nachgewiesen werden.

Wie bereits in der Einleitung ausgeführt, gehört *M. immunogenum* zu den nicht-tuberkulösen Mycobakterien (NTM), die in der Umwelt weitverbreitet sind. Aufgrund der Einstufung in die Risikogruppe 2 nach TRBA 466 muss von einem potentiellen Infektionsrisiko ausgegangen werden, wenngleich *M. immunogenum* oftmals auch als nicht-pathogen eingeschätzt wird.

Bei der Kühlschmierstoff-Probe Nummer 25 handelte es sich um einen vorkonservierten Kühlschmierstoff auf Esterölbasis (synthetische Fettsäureester) aus einer Zentralanlage mit einem Formaldehyd-Depot (O-Formal) und Na-Pyrrithion als Mikrobizid. Der pH-Wert lag mit 8,7 im Normbereich, ebenso die Gesamtkeimzahl mit 10^4 KBE/ml; Schimmelpilze waren nachweisbar.

Weitergehende Rückschlüsse im Hinblick auf einen Befall mit Mycobakterien können aus dem Vergleich der Probandaten nicht gezogen werden.

Kühlschmierstoff-Proben des gleichen Produktes – es handelt sich hierbei um die Proben 24 (USA), 28 und 29 - waren hingegen ohne Befund auf Mycobakterien.

Dies deutet zumindest an, dass es keine Produkte gibt die im Hinblick auf eine Kontamination mit Mycobakterien in irgendeiner Form „prädestiniert“ sind

Ebenso ließ sich die Vermutung, dass hohe Koloniezahlen und damit die zur Verfügung Stellung von organischem Material und Stoffwechselprodukten wachstumsbegünstigend für Mycobakterien sei, anhand der Untersuchungen nicht bestätigen. Trotz überwiegend hoher Gesamtkeimzahlen waren – mit Ausnahme der Probe Nr. 25 – weder pathogene noch apathogene Mycobakterien in den Betriebsproben nachweisbar.

Vergleichbare Untersuchungen von Anwender- und Herstellerseite bestätigen diese Ergebnisse: In acht Proben aus dem Werk eines großen Automobilherstellers – sechs unterschiedliche wassergemischte Kühlschmierstoffe aus Zentralanlagen, einer Abschreckanlage und einer Rückkühlanlage - konnten keine Mycobakterien nachgewiesen werden.

Darüber hinaus zeigte eine ebenfalls beim NRZ für Mycobakterien in Borstel in Auftrag gegebene Untersuchung eines Kühlschmierstoff-Herstellers in einem sogenannten „Inokulations-Test“ einer frischen Kühlschmierstoff-Emulsion mit *Mycobacterium chelonae* (Ausgangskonzentration 10^4 KBE/ml), dass innerhalb von 14 Tagen die Anzahl nachweisbarer Mycobakterien in der beimpften Emulsion deutlich abnimmt, der wassergemischte Kühlschmierstoff offensichtlich keine geeigneten Wachstumsbedingungen bietet.

Es bleibt also die Frage, worauf die beschriebene Kontamination von wassergemischten Kühlschmierstoffen mit Mycobakterien in den USA zurückzuführen ist .

Nichttuberkulöse Mycobakterien kommen in der Umwelt (Wasser, Erdboden) sowie als Bestandteil der Schleimhautflora von Mensch und Tier häufig vor. Auch in Leitungswassersystemen kann es gelegentlich zu sporadischen Kontaminationen mit Mycobakterien kommen.

Entsprechend den Vorgaben zur Trinkwasserverordnung³ wird in Deutschland das Trinkwasser hauptsächlich durch UV oder Ozon-Behandlung desinfiziert; abschließend kann gegebenenfalls noch eine zusätzliche Chlorierung erfolgen. Obwohl nach der Trinkwasserverordnung keine Untersuchung auf Mycobakterien vorgeschrieben ist, kann davon ausgegangen werden, dass aufgrund der strengen Vorschriften und intensiven Wasseraufbereitung auch das Wachstum von anderen Mikroorganismen unterdrückt wird.

Ebenso ist der Einsatz von Brauchwasser, das zwangsläufig einer höheren mikrobiellen Kontamination unterliegt, als Ansetzwasser für Kühlschmierstoffe in Deutschland sehr selten.

³ (≤ 100 KBE/ml, kein Nachweis von *E. coli*, Gesamtcoliformen und Fäkalstreptokokken in 100 ml)

In den USA erfolgt die Desinfektion des Trinkwassers dahingegen überwiegend durch Chlorierung. Aufgrund des besonderen Zellwandaufbaus erweisen sich Mycobakterien als äußerst stabil gegen Umwelt- oder chemische Einflüsse. Möglicherweise liegt hier, das heißt bereits durch eine mikrobielle Besiedlung des Trink- /Ansetzwassers mit Mycobakterien - eine Ursache für die Kontamination wassergemischter Kühlschmierstoffe ?!

Auch ein möglicher stärkerer Einsatz von kontaminiertem Brauchwasser zum Anmischen des Kühlschmierstoffs muss als mögliche Ursache eines erhöhten Befalls mit Mycobakterien in die Überlegungen miteinbezogen werden.

Zusammenfassung

Auch wenn es sich bei den 40 untersuchten Kühlschmierstoff-Proben nicht um ein statistisch abgesichertes Ergebnis handelt, zeigen die Befunde doch, dass hierzulande mit keinem signifikanten Vorkommen von Mycobakterien in wassergemischten Kühlschmierstoffen zu rechnen ist. Ob hierfür nun ein fehlender Eintrag von Mycobakterien, beispielsweise über das Ansetzwasser oder fehlende Wachstumsvoraussetzungen in den Kühlschmierstoffproben verantwortlich zu machen sind, kann aufgrund der Untersuchungsergebnisse nicht beantwortet werden.

Ein Verbot von Formaldehyd-Depots zur Konservierung wassergemischter Kühlschmierstoffe lässt sich aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse nicht begründen.

Es kann somit davon ausgegangen werden, dass hierzulande eine Gefährdung der Beschäftigten durch Mycobakterien beim Umgang mit wassergemischten Kühlschmierstoffen nicht gegeben ist.

Tabelle mit Daten der Betriebproben

Allgemeine Literatur

- „Infektiologie – Diagnostik, Therapie, Prophylaxe“, Handbuch und Atlas für Klinik und Praxis, Hofmann. ecomed-Verlag
- „Mikrobiologische Diagnostik“, Burkhardt, Thieme-Verlag
- „Exogen Allergische Alveolitis“, Sennekamp, Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle

Literatur zum Thema

- „White Paper – Hypersensitivity Pneumonitis: Is There an Association with Triazine Biocides and Mycobacteria in Metalworking Fluids?“, Independent Lubricant Manufacturers Association (ILMA), USA
- „DaimlerChrysler Bans Biocide“, Lube Report, Vol 2, Issue 41, 2002
- „Hypersensitivity Pneumonitis“, UAW; Occupational Health & Safety, Number 3, 2002
- „Respiratory Illness in Workers Exposed to Metalworking Fluid Contaminated with Nontuberculous Mycobacteria“, CDC; MMWR, April 26, 2002/ 51(16); 349-352
- „Metalworking Fluid – Associated Hypersensitivity Pneumonitis: A Workshop Summary“, Kreiss, K., Cox-Gansen, J., American Journal of Industrial Medicine 32:423-432, 1997
- „Rapid Detection and Determination of the Aerodynamic Size Range of Airborne Mycobacteria Associated with Whirlpools“, Schafer et. al., Applied Occupational and Environmental Hygiene, Vol 18 (1): 41-50, 2003
- „Mycobacterium sp. as a Possible Cause of Hypersensitivity Pneumonitis in Machine Workers“, Shelton et. al., Emerging Infectious Diseases Vol 5 Number 2, 1999
- „*Mycobacterium immunogenum* sp. nov., a novel species related to *Mycobacterium abscessus* and associated with clinical disease, pseudooutbreaks and contaminated metalworking fluids: an international cooperative study on mycobacterial taxonomy“, Wilson et. al., International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology (2001), 51, 1751-1764