Kurzbericht

Mögliche Gesundheitsgefährdung bei der Verwendung künstlicher organischer und anorganischer Fasern[1])

Von Friedrich-Wilhelm Löffler, Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie, Würzburg

1. Einleitung

Am 1. Mai 1990 ist die Zweite Änderung der Gefahrstoffverordnung in Kraft getreten, die sich hauptsächlich mit dem Umgang von Asbest befaßt.

Asbest, beim Menschen als eindeutig krebserzeugender Arbeitsstoff ausgewiesen, ist in die Gruppe I „sehr stark gefährdend" der krebserzeugenden Stoffe eingeordnet worden. In dieser Gruppe sind insgesamt 13 Gefahrstoffe erfaßt von den etwa 1500 Gefahrstoffen, die in der Gefahrstoffverordnung aufgelistet sind. Eine Eingruppierung in die Gruppe I bedeutet „Expositionsverbot", d. h. Herstellungs- und Verwendungsverbot. Ausnahmen für bestimmte Produkte (z. B. Kupplungen, Handschuhe für flüssige Schmelzmassen über 1000 °C) sind zeitlich begrenzt bis spätestens Ende 1993 bzw. 1994. Parallel mit der Umgruppierung des Asbestes wurde auch der TRK-Wert (Technische Richtkonzentration für gefährliche Arbeitsstoffe) um das 4fache herabgesetzt. Seit Anfang des Jahres 1990 gilt der neue TRK-Wert von $0{,}25 \cdot 10^6$ Fasern/m^3 für Chrysotil. Einen TRK-Wert für Amphibol-Asbest (Krokydolith) gibt es nicht mehr, da Blauasbest nicht mehr verwendet wird. Außerdem wird nur noch die Faserkonzentration angegeben, der gravimetrische Wert (Massenkonzentration) in mg/m^3 entfällt.

Diese neue Rechtslage für weitestgehende Asbestverbote bedeutet, daß die Asbestersatzmöglichkeit eine erheblich gesteigerte Bedeutung erlangen wird. Im vorliegenden Beitrag werden der aktuelle Stand des Asbestersatzes und die mögliche Gefährdung durch die Asbestersatzstoffe behandelt. Selbstverständlich muß bei den Ersatzstoffen gewährleistet sein, daß sie ungefährlich sind, zumindest aber eine wesentlich geringere Gefährdung als Asbest aufweisen. In Tabelle 1 werden die wichtigsten zur Zeit bekannten Faserstoffe vorgestellt. Betrachtet man zunächst im Rahmen einer Übersicht die hier aufgezeigten Faserstoffe, so kommen von den Eigenschaften und den Einsatzmöglichkeiten her nur wenige Faserstoffe als Asbestersatz in Frage. Es handelt sich hierbei um die organischen Synthesefaserstoffe (Polymere), die jedoch wegen ihrer geringen Temperaturbeständigkeit nur beschränkt Asbest ersetzen können. Die anorganischen amorphen Kunstfasern eignen sich hervorragend für Isolierzwecke aller Art, wobei im Hochtemperaturisolierbereich vor allem mehr und mehr Keramikfasern eingesetzt werden.

2. Organische Synthesefaserstoffe (Polymere)

Wie in Abschnitt 1. bereits erwähnt, können die organischen Synthesefaserstoffe wegen ihrer, von einigen Ausnahmen abgesehen, geringen Temperaturbeständigkeit nur im beschränkten Umfang Asbest ersetzen. Bei diesen Stoffen kommen nur die Aramide (aromatische Polyamide) und die fluorierten Kohlenwasserstoffe in einigen Bereichen als Asbestersatzstoffe in Frage. So können Gewebe aus Nomex, Kevlar und Twaron als Hitzeschutzmaterial verwendet werden.

Der Weltmarkt für Aramidfasern beträgt heute insgesamt etwa 15 000 t/Jahr. Die Haupteinsatzgebiete sind: Bremsbeläge, Kupplungsbeläge, Dichtungen und Schutzkleidung. Bei allen genannten Einsatzgebieten wird die Aramidfaser immer in Verbindung mit anderen Fasern (z. B. Glasfasern) eingesetzt. Das Aramidgewebe stellt einen ausgezeichneten Schutz gegen Brandverletzungen und einen guten Säureschutz dar. Versuche mit Aramidgewebe haben gezeigt, daß dieses auch bei einer Belastung mit heißer Flamme nach 14 s noch flammfest blieb und die Temperatur hinter dem Gewebe bei etwa 28 °C lag. Diese flammenhemmende Wirkung ist dauerhaft, weil sie in die Molekularstruktur der Faser eingebaut ist. Von besonderer Bedeutung

[1]) Vortrag auf der 64. Glastechnischen Tagung am 24. Oktober 1990 in Düsseldorf.

Tabelle 1. Zusammenstellung der wichtigsten Faserstoffe im Vergleich zu Asbestfasern (natürliche Fasern)

Faserstoffe	Morphologie	Herstellung	Faserart	
Asbestfaser	kristallin	natürliches Vorkommen		
synthetische Faser	amorph	Schmelzen und Zerblasen oder Zentrifugieren	Glaswolle, Schlackenwolle, Steinwolle, Quarzfaser, Aluminiumsilicatfaser (Keramikfaser)	anorganisch
	kristallin	Verspinnen wäßriger Lösungen von Metallsalzen	Aluminiumoxidfaser, Zirkonoxidfaser, Graphitfaser	
	amorph		Polyamid, Polyaramid, Polyester, Polyacrynitril	organisch

Tabelle 2. Klassifizierung künstlicher Mineralfasern (KMF)

KMF	technische Produkte	Nenndurchmesser[2]) in µm	Herstellungsverfahren
Endlosfasern	Glasfasern	6 bis 15	Düsenziehverfahren
Isolierwolle	Glaswolle Steinwolle Schlackenwolle	2 bis 9	Schleuderverfahren Schleuder-Blasverfahren
keramische Fasern	eigentliche keramische Fasern andere	1,2 bis 3	Blasverfahren Zieh-Blasverfahren
Spezialfasern	Glasmikrofasern	0,1 bis 3	Flammenblasverfahren

[2]) Ungefährer Bereich des mittleren Durchmessers.

Tabelle 3. Faserkonzentrationen an Arbeitsplätzen der Glas- und Mineralfaserindustrie

Verfahren	Arbeitsplatz	Faserkonzentration/cm³ bestimmt durch	
		Phasenkontrastmikroskop	Rasterelektronenmikroskop
TEL-Verfahren	Fallschacht	0,001 bis 0,008	0,139
TEL-Verfahren	Säge	0,019	
Düsenblasverfahren	Wannenbühne	0,004 bis 0,009	–
Düsenblasverfahren	Fallschicht	0,008	0,347
Düsenblasverfahren	Säge	0,002 bis 0,010	1,067
Schleuderverfahren	Säge	0,106	0,142

ist die Tatsache, daß das Gewebe nicht schmilzt; daneben besitzt es hohe Chemikalienbeständigkeit. Es eignet sich somit ausgezeichnet als Asbestersatz überall dort, wo flammenhemmende und chemikalienbeständige Arbeitskleidung verlangt wird, die früher nur durch den Einsatz von Asbestgewebe gegeben war. Eine mögliche Gefährdung durch Aramidfasern kann nicht ausgeschlossen werden. So wurden in der Spinnerei bei der Erzeugung von Aramidfasern Faserkonzentrationen von 1,1 bis 1,5 Fasern/cm³ ermittelt. Die Urfaser mit einem Durchmesser von 12 µm wird nach dem Spinnen durch mechanische Beanspruchung (Druck, Verdrillen) in feine Fasern (Fibrillen) zerlegt. Dabei entstehen auch Fasern < 1 µm Durchmesser, die aber nicht einzeln, sondern als Knäuel vorliegen, da die einzelnen Fasern noch an dem Urstamm hängen. Bezüglich der Bioverfügbarkeit (Löslichkeit in physiologischer Lösung) haben Untersuchungen ergeben, daß Aramidfasern in der Gamble-Lösung praktisch unlöslich sind.

Fasern aus Polyacrylnitril, Polyvinylalkohol und Polypropylen besitzen Faserdurchmesser zwischen 10 und 20 µm und sind damit nicht lungengängig. Angaben zur Längsspaltung liegen nicht vor.

3. Amorphe anorganische synthetische Fasern, Glas- und Mineralfasern

Diese Fasergruppe eignet sich hervorragend für Isolierzwecke aller Art und ist von ihren technischen Möglichkeiten her in diesem Bereich ein ausgezeichneter Ersatzstoff für Asbest; bei Temperaturen bis zu etwa 600 °C können Glasfasern und bis zu 1800 °C Keramikfasern eingesetzt werden. Ausgangsmaterialien für künstliche Mineralfasern (KMF) sind Glasgemenge, Gesteine wie Basalt, Diabas oder Schlacke. Diese Ausgangsstoffe werden in Schmelzöfen auf Temperaturen von etwa 1200 bis 1500 °C erhitzt und dann zerfasert. Tabelle 2 zeigt die Klassifizierung künstlicher Mineralfasern.

Die Endlosfasern bzw. Textilglasfasern haben einen annähernd gleichmäßigen, meist runden Querschnitt, der durch die Wahl der Produktionsbedingungen vorgegeben werden kann und somit sehr konstant ist. Die Nenndurchmesser liegen zwischen 6 und 15 µm. Diese Faserdurchmesser sind gesundheitlich unkritisch, eine Längsspaltung wie beim Asbest ist nicht möglich. Fasern mit Durchmessern > 9 µm können zu Hautreizungen führen. Die Fasern finden in Form textiler Materialien Anwendung in den Bereichen Arbeitsschutz, Wärme- und Elektroisolation, Dichtungen, Reibbeläge, chemische Produkte und vor allem im Bereich der glasfaserverstärkten Kunststoffe. Die bedeutendste Gruppe dieser künstlichen Mineralfasern sind die Mineralwolle-Dämmstoffe. Man unterscheidet hierbei Glaswolle, Steinwolle und Schlackenwolle. Die Nenndurchmesser liegen zwischen 2 und 9 µm, allerdings sind im Gegensatz zu den Textilglasfasern die Durchmesser nicht konstant. Der Durchmesser dieser Fasern ist vom Herstellungsverfahren abhängig (Schleuderverfahren [1, Bild 26b] und Trommelschleuder-Blasverfahren [1, Bild 26c]). Der untere Grenzbereich im Durchmesserspektrum von Glas-, Gesteins- und Schlackenwolle liegt bei 0,1 bis 0,5 µm und damit im lungengängigen Bereich. Der obere Grenzbereich liegt bei 10 bis 20 µm. Diese Fasern sind zwar elastisch, brechen aber bei Überbeanspruchung. Sehr wesentlich ist, daß die Glasfasern nicht spaltbar sind, d. h. aus ihnen können sich keine dünneren Fasern abspalten. Hierin besteht ein wesentlicher Unterschied zu Asbestfasern.

Seit etwa 1930 werden in Deutschland künstliche Mineralfasern großindustriell hergestellt und entsprechende Produkte verarbeitet. Hinweise auf ernste Gesundheitsschäden, sowohl in der Produktion als auch in der Weiterverarbeitung, sind nicht festgestellt worden. 1972 wurde die mit diesen Produkten konfrontierte Arbeitswelt dadurch aufgeschreckt, daß man in Tierversuchen nach Einspritzen von Glasfasern in den Bauchraum Tumore erzeugen konnte. Diese tierexperimentellen Ergebnisse werden seitdem kontrovers diskutiert. Auf Grund der Kenntnisse, die man zu diesem Zeitpunkt über Asbestfasern hatte, wurden die Ergebnisse der Tierversuche mit künstlichen Mineralfasern dahingehend interpretiert, daß auch künstliche Mineralfasern, die einen Durchmesser < 1 µm haben, eine krebserzeugende Wirkung vermuten lassen.

Der Technische Aufsichtsdienst der Berufsgenossenschaft der keramischen und Glas-Industrie griff dieses Thema auf in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeits- und Sozialmedizin der Universität Erlangen. Seit 1972 wurden staubtechnische Untersuchungen an verschiedenen Arbeitsplätzen der Glas- und Mineralfaserindustrie durchgeführt. Es wurden insgesamt 1300 Mitarbeiter aus 5 mineralfaserherstellenden Betrieben untersucht, wobei die künstliche Mineralfaserexposition durchschnittlich 19,7 ± 5,5 Jahre betrug. Röntgenologisch ließen sich keinerlei Lungenveränderungen, also keine Bindegewebsvermehrung, aber auch keine bösartigen Neubildungen im Bereich der Bronchien, der Rippen und des Bauchfells feststellen. Diese Untersuchungsergebnisse

Tabelle 4. Gemessene prozentuale Faserverteilung im Schwebestaub bei der Verpackung von Keramikfasern

Durchmesser, D, in µm	Länge, L, in µm						
	< 2,5	2,5 bis 5	5 bis 10	10 bis 20	20 bis 40	40 bis 100	> 100
< 0,1	1	1					
0,1 bis 0,2	2	2	2	1			
0,2 bis 0,4	3	5	2	1			
0,4 bis 1,0	2	12	5	8	6	3	1
1,0 bis 2,5			12	15	6	5	1
2,5 bis 6,3					3	1	
> 6,3							

Massenkonzentration: 0,34 mg/cm^3, Faserkonzentration (ermittelt mit dem Phasenkontrastmikroskop): 0,9 Fasern/cm^3, Faserkonzentration (ermittelt mit dem Rasterelektronenmikroskop): 1,5 Fasern/cm^3.

sind nunmehr 18 Jahre alt und weisen eine Latenzzeit von über 30 Jahren auf. Auch heute noch durchgeführte Kontrolluntersuchungen dieses Kollektivs ergeben keine Hinweise auf ernsthafte Erkrankungen durch künstliche Mineralfasern.

1980 wurden die künstlichen Mineralfasern mit einem Durchmesser < 1 µm in die Gruppe IIIB der MAK-Werte-Liste (MAK = Maximale Arbeitsplatz-Konzentration) aufgenommen. Durch diese Einordnung wurden die Träger der gesetzlichen Unfallversicherung gezwungen, die gesundheitliche Überwachung der mit diesen Stoffen arbeitenden Personen noch zu intensivieren.

Als Fazit zahlreicher Studien kann festgestellt werden, daß sich keine Hinweise auf ein wesentliches Risiko für die Entstehung oder Verschlimmerung von Erkrankungen der Atemwege und der Lunge ergaben. Krebserkrankungen durch künstliche Mineralfasern sind bisher weltweit nicht beim Menschen bewiesen worden. Anläßlich der Tagung der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO) im April 1989 waren sich alle Teilnehmer darin einig, daß die künstlichen Mineralfasern auf keinen Fall mit Asbest gleichzusetzen seien. Insbesondere die Vertreter aus den EG-Ländern, Skandinavien und den USA sprachen sich für die weitere Verwendung von Mineralfasern als Ersatzstoffe für Asbest aus. Das Ergebnis dieser zahlreichen Studien kann – insbesondere soweit es die Verhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland anbetrifft – wie folgt zusammengefaßt werden:

a) Fasern mit einem Durchmesser < 1 µm sind in den heute hergestellten künstlichen Mineralfaserprodukten vorhanden. Ihr Anteil ist jedoch gering.

b) An Arbeitsplätzen, an denen mit künstlichen Mineralfasern umgegangen wird, sind die Beschäftigten gegenüber Stäuben künstlicher Mineralfasern exponiert. Die Expositionen sind jedoch verhältnismäßig gering (Tabelle 3). Die Konzentrationen liegen im Mittel deutlich unter dem vergleichsweise herangezogenen Grenzwert für Asbest von $0{,}25 \cdot 10^6$ Fasern/m^3.

4. Keramikfasern

Durch ihre hervorragenden Materialeigenschaften, wie geringe Wärmeleitfähigkeit und Wärmekapazität, günstige Temperaturwechselbeständigkeit und hohe Elastizität, nimmt die Verwendung von Keramikfasern im industriellen Ofenbau und als Asbestersatzstoff ständig zu. Von 1980 bis heute hat sich der Verbrauch weltweit verzehnfacht. Heute werden in der Welt etwa 100 000 t/Jahr keramische Fasern hergestellt, wovon etwa 20 % in der Bundesrepublik Deutschland verarbeitet werden. Da dieser Fasertyp noch verhältnismäßig neu ist und es im Vergleich zu anderen künstlichen Mineralfasern wenig Daten und Veröffentlichungen gibt, soll auf die keramischen Fasern etwas ausführlicher eingegangen werden.

Die Verwendung von Keramikfasern ist in der Bundesrepublik Deutschland erst während der letzten 10 Jahre sprunghaft angestiegen. Dies sind die Gründe dafür, daß die ersten Faserkonzentrations-Feinstaubmessungen im Jahre 1983 an verschiedenen Arbeitsplätzen in einem Keramikfaserwerk erfolgten. Seitdem wurde eine Vielzahl von Faserkonzentrationsmessungen bei der

Tabelle 5. Vergleich der unterschiedlichen Erfaßbarkeit der Konzentration von künstlichen Mineralfasern (KMF) und Asbestfasern (in Fasern/m^3)

	wahre Faserkonzentration	lichtmikroskopisch bestimmte Faserkonzentration
KMF	$0{,}275$ bis $0{,}375 \cdot 10^6$	$0{,}25 \cdot 10^6$
Asbestfaser	$1{,}25$ bis $5{,}0 \cdot 10^6$	

Verarbeitung von Keramikfasern, wie z. B. beim Nachstopfen von Auskleidungen von Herdwagenöfen sowie beim Abriß und Neuaufbau einer Ofenwandisolierung, durchgeführt. Umfangreiche Messungen erfolgten bei der Zustellung eines Ofens durch Spritzisolierung aus Keramikfasern. Die an einem Arbeitsplatz für die Verpackung von Keramikfasern ermittelten Meßwerte sind in Tabelle 4 zusammengestellt.

Aus der Tabelle ist zu ersehen, daß im Schwebestaub ein hoher Anteil (etwa 60 %) sehr dünner, kurzer Fasern enthalten ist. Die mit dem Rasterelektronenmikroskop ermittelte Faserkonzentration beträgt 1,5 Fasern/cm^3. Fasern mit dem Durchmesser < 0,1 µm sind in diesem Schwebestaub nur zu 2 %, mit einem Durchmesser < 0,2 µm zu insgesamt 9 % enthalten. Dies ist ein sehr wichtiges Kriterium gegenüber Asbestfeinstäuben. Für künstliche Mineralfasern gibt es bekanntlich keinen Grenzwert. Aus diesem Grunde wird häufig der TRK-Wert von Asbest als Vergleichswert herangezogen, obwohl es ganz gravierende Unterschiede zwischen Asbestfasern und künstlichen Mineralfasern bezüglich der Morphologie, der Spaltbarkeit und des Chemismus und somit des Löslichkeitsverhaltens gibt.

Der TRK-Wert für Asbest wurde Anfang 1990 auf $0{,}25 \cdot 10^6$ Fasern/m^3 festgelegt, die Auswertung erfolgt mit dem Phasenkontrastlichtmikroskop. Mit diesem Verfahren sind nur Durchmesser bis 0,3 µm erfaßbar. Da aber Asbestfeinstaub zu 70 bis 80 % aus Fasern mit einem Durchmesser < 0,3 µm besteht, wird somit der Hauptanteil der dünnen und gefährlichen Fasern nicht ermittelt. Das bedeutet außerdem, daß bei einem Meßwert von $0{,}25 \cdot 10^6$ Fasern/m^3 in Wirklichkeit die Faserkonzentration etwa $1 \cdot 10^6$ Fasern/m^3 beträgt. Berücksichtigt man, daß die Asbestfasern aufspleißen – und das tun sie auch im Körper – und sich so um ein Vielfaches vermehren können im Gegensatz zu künstlichen Mineralfasern, ist die vergleichsweise Heranziehung des TRK-Wertes für Asbest allein aus diesem Grunde für die Beurteilung von Faserkonzentrationen von künstlichen Mineralfasern als sehr fragwürdig anzusehen (Tabelle 5).

Besonders hohe Staubkonzentrationen treten bei der Herstellung von Spritzisolierungen mit Keramikfasern auf. Diese Arbeiten sind nur mit entsprechender Schutzkleidung und Atemschutz durchzuführen. Tabelle 6 zeigt die bei der Spritzisolierung ermittelten Meßwerte. Die Faserkonzentration von 32,5 Fasern/cm^3 ist, verglichen mit anderen Arbeitsplätzen, um ein

Tabelle 6. Gemessene prozentuale Faserverteilung bei der Spritzisolierung einer Ofenwand mit Keramikfasern (gemessen im Ofen)

Durchmesser, D, in µm	Länge, L, in µm	
	< 2,5	2,5 bis 5
< 0,1	3	
0,1 bis 0,2	8	1
0,2 bis 0,4	63	6
0,4 bis 1,0	17	2

Hinweis: Für weitere Faserdurchmesser und -längen liegen keine Meßwerte vor.
Massenkonzentration: 32,46 mg/m³, Faserkonzentration: 32,5 Fasern/cm³.

Tabelle 7. Relative Massenverluste ΔW in % nach 120 d Korrosion, Netzwerkauflösegeschwindigkeit v in nm · d^{-1} und die Verweilzeit t in Jahren einer 1 µm dicken Faser

Faserart	ΔW	v	t
Glaswolle	46,8	3,45	0,4
Basaltwolle	7,3	1,11	1,2
Schlackenwolle	1,4	0,69	2,0
Keramikfaser	3,5	0,27	5,0
Chrysotil	4,8	0,005	>100
Krokydolith	1,4	0,011	>100
Erionit	3,0	0,0002	>100

Tabelle 8. Cristobalit-Massenanteil und Feinstaubkonzentration im Schwebestaub beim Abriß einer Ofenwandisolierung aus Keramikfasern

Analysenverfahren	Cristobalit-Massenanteil in %	Cristobalit-Feinstaubkonzentration	
		gemessen in mg/m³	MAK-Wert in mg/m³
röntgenografisch	10		
naßchemisch	10	0,53	0,15
optisch	8 bis 10		

Vielfaches höher. Bei der Faserverteilung fällt auf, daß der Anteil der feinen Fasern mit Durchmessern zwischen 0,2 und 0,4 µm mit insgesamt 69 % sehr hoch ist, wobei allerdings die Fasern verhältnismäßig kurz sind (< 2,5 µm). Bei derartigen Arbeiten ist es notwendig, nicht nur die mit diesen Arbeiten beschäftigten Personen zu schützen, sondern auch die Bereiche um die Arbeitsstelle abzuschirmen.

Ein ganz wichtiges Kriterium zur Beurteilung einer möglichen Gefährdung durch künstliche Mineralfasern ist die chemische Beständigkeit dieser Fasern in der Körperflüssigkeit (Tabelle 7). Die Werte zeigen, daß eine 1 µm dicke Glasfaser nach etwa 0,4 Jahren in der Körperflüssigkeit aufgelöst wird, eine Keramikfaser verbleibt rund 5 Jahre in der Körperflüssigkeit, während die Asbestfasern ein Leben lang im Körper erhalten bleiben.

Keramikfasern werden fast ausschließlich bei Temperaturen über 800 bis maximal 1800 °C eingesetzt. Oberhalb 1000 °C zeigen Keramikfasern als Rekristallisationsprodukte Mullit und Cristobalit. In der Unfallverhütungsvorschrift „Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub" ist silikogener Staub Feinstaub, der 1 % seines Gewichtes oder mehr an freier kristalliner Kieselsäure enthält, wobei als freie kristalline Kieselsäure die SiO_2-Modifikationen Quarz, Tridymit und Cristobalit bezeichnet werden. Der MAK-Wert beträgt 0,15 mg/m³. Beim Abriß einer Ofenwandisolierung (Anwendungstemperatur etwa 1200 °C) wurde ein Cristobalit-Massenanteil von 10 % ermittelt (Tabelle 8). Die Massenkonzentration betrug 0,53 mg/m³, d. h. der MAK-Wert wurde 3,5× überschritten. Neben der Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz ist vor allem die Expositionszeit wichtig, d. h. die Frage, wie lange Personen, die mit rekristallisierten Keramikfasern Umgang haben, den Einwirkungen der Rekristallisationsprodukte ausgesetzt sind. Unter normalen Betriebsbedingungen ist keine Einwirkung zu erwarten, da ohne mechanische Beschädigung der Isolierung kein Staub aus der Ofenauskleidung freigesetzt wird und sich die Personen auch nur kurzfristig zum Beschicken bzw. zum Entleeren des Ofens in dem gefährdeten Bereich aufhalten. Anders sieht es bei Reparaturen und Abbrucharbeiten aus, wo der MAK-Wert mehrfach überschritten wird, d. h. daß bei Personen, die solche Tätigkeiten regelmäßig ausüben, die Gefahr einer Silikose nicht auszuschließen ist.

5. Zusammenfassung

a) Faßt man die Ergebnisse der Fasermessungen bei der Herstellung und bei der Verarbeitung von künstlichen Mineralfasern zusammen, stellt man fest, daß Fasern mit Durchmessern < 1 µm in Schwebestäuben bei der Herstellung und bei der Verarbeitung vorhanden sind.

b) Während die Exposition bei der Herstellung von künstlichen Mineralfasern verhältnismäßig gering ist, liegt bei der Verwendung von Keramikfasern (Spritzisolierarbeiten) die Faserkonzentration sehr hoch. Die Faserkonzentration im kritischen Größenbereich, dem das größte kanzerogene Potential zugeordnet wird, ist wesentlich niedriger als bei Asbeststaub. Dies ist in erster Linie auf die gröbere Faserstruktur der künstlichen Mineralfasern und ihre Nichtspaltbarkeit zurückzuführen.

c) Der Löslichkeitsunterschied zwischen künstlichen Mineralfasern und Asbest in physiologischen Lösungen beträgt mehrere Größenordnungen. Während sich Asbest als nahezu unlöslich erweist, haben lungengängige amorphe künstliche Mineralfasern eine Lebenszeit von 0,4 bis 5 Jahren in der Simulationsflüssigkeit.

d) Um die Risiken einer Exposition als mögliches Berufsrisiko beurteilen zu können, ist in zwei Hauptrichtungen geforscht worden: epidemiologische Untersuchungen und Tierexperimente. Die epidemiologischen Untersuchungen erfaßten über 50 000 in der Produktion tätige Arbeitnehmer in Europa und Nordamerika. Es ergaben sich keine Hinweise auf ein Risiko von Mesotheliomerkrankungen infolge Mineralwolleexposition. Bei Tierversuchen wurden sowohl Inhalations- als auch Injektionsversuche durchgeführt. Bei Inhalationsversuchen haben sich die verschiedenen künstlichen Mineralfasern, wie z. B. Glaswolle, Steinwolle und Keramikfasern, unterschiedlich verhalten, bei Glaswolle wurden z. B. keine Tumore hervorgerufen. Nur in Tierexperimenten, bei denen die Proben unter Umgehung der Atemwege und damit der natürlichen körpereigenen Abwehrmechanismen, den Versuchstieren injiziert wurden, konnten bei einigen bestimmten Arten von künstlichen Mineralfasern und bei Anwendung sehr hoher Dosen Tumore erzeugt werden. Für eine Risikoabschätzung sind diese Versuche nicht geeignet; sie dienen lediglich der Risikoerkennung.

6. Literatur

[1] Ullmann's encyclopedia of industrial chemistry. Chapter: Fibers. 5. Synthetic inorganic. 5th ed. Vol. A 11. Weinheim: VCH-Verlagsges. 1988. p. 1–65.