

Stäube

Teil 2: Asbest

Einleitung. Asbestbedingte Krankheitsbilder: Asbestosen und asbestbedingte Lungenkarzinome; asbestbedingte Mesotheliome. Risikoabschätzungen für asbestbedingte Erkrankungen. Richtlinien, Handlungsempfehlungen und gemessene Faserfreisetzung von Asbestzementprodukten, asbesthaltigen Nachtspeicheröfen und schwachgebundenen Asbestprodukten in Gebäuden; Kritik an der Asbestrichtlinie. Literatur. Zusammenfassung.

U. HEUDORF

Einleitung

Seit das Risiko beruflicher Asbestexpositionen bekannt und behördlich bestätigt ist, wurden Isoliermaterialien in der breiten Öffentlichkeit beinahe zum Synonym für Gesundheitsgefährdung durch Umweltschadstoffe. Viele besorgte Menschen wenden sich angesichts der großen Verbreitung dieser Baustoffe in privaten und öffentlichen Gebäuden zunächst an den Hausarzt. Er sollte über die Einschätzung eines möglichen Risikos durch Asbest und künstliche Mineralfasern ebenso Bescheid wissen wie über die Gefahr infolge übereilter Sanierungsmaßnahmen.

Mit »Asbest« wird eine Gruppe verschiedener Silikatfasern bezeichnet, die als natürliche Bestandteile in der Erdkruste vorkommen können und nach ihrer chemischen Zusammensetzung,

sowie der Kristall- und Faserstruktur in Amphibol- und Serpentin-asbeste eingeteilt werden. Unter dem Begriff »künstliche mineralische Fasern« (KMF) werden technisch aus verschiedenen amorphen Silikaten hergestellte Faserprodukte verstanden und nach ihren Hauptausgangserzeugnissen in Glas-, Stein- oder Schlackenfasern unterschieden. Tabelle 1 gibt eine Übersicht über die bekanntesten anorganischen Fasern mit inhalierbaren Anteilen [16].

Die kanzerogene Potenz der verschiedenen Asbestmineralien ist sehr unterschiedlich: Blauasbest (Krokydolith) ist wesentlich stärker krebsauslösend als Weißasbest (Chrysotil, Abb. 1). Nach heutigen Kenntnissen wird die kanzerogene Potenz der natürlichen und künstlichen Mineralfasern hauptsächlich von der Fasergeometrie sowie ihrer Beständigkeit im Körper verursacht. In Tierversuchen erwiesen sich Fasern mit einer Länge $< 2 \mu\text{m}$ nicht als kanzerogen, die

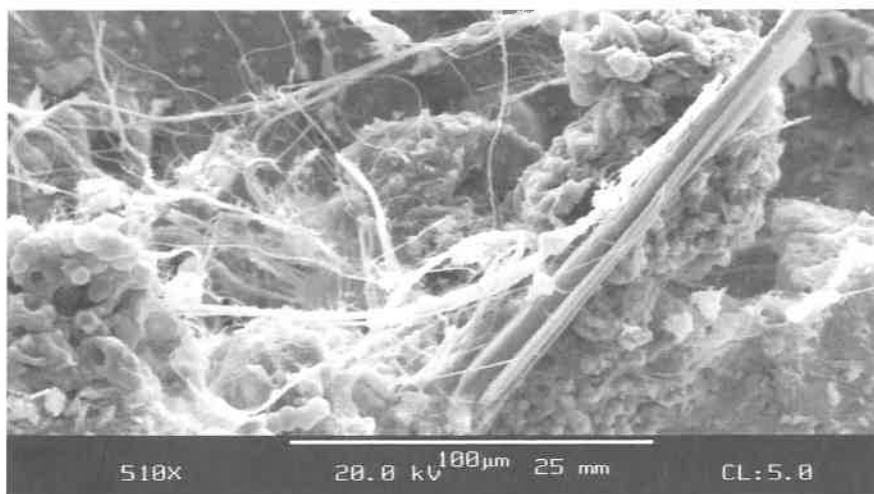
Tabelle 1: Übersicht über die bekanntesten anorganischen Fasern mit inhalierbaren Anteilen (nach [16])

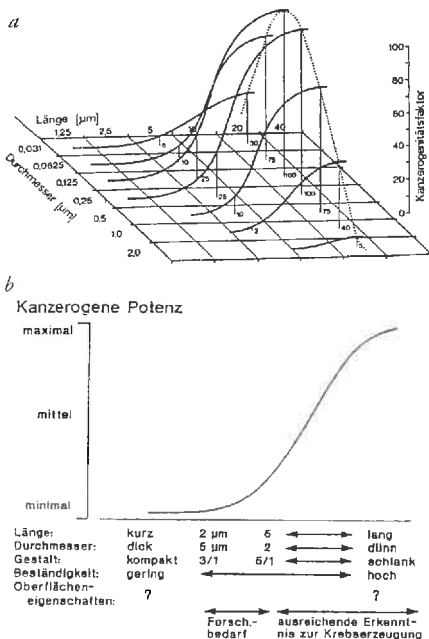
natürliche Fasern	künstliche Fasern
Asbeste	»klassische« künst. Mineralfasern aus
Chrysotil (Weißasbest)	Glas
Krokydolith (Blauasbest)	Stein
Amosit	Schlacke
Anthophyllith	Al-Silikat (Keramikfasern)
Aktinolith	
Tremolith	andere anorganische Fasern aus:
Erionit (Al-Silikat)	Al-Oxid
	Quarz
Tonminerale	Gips
Attapulgit (Mg-Al-Silikat)	
Sepiolith (Mg-Silikat)	Siliziumkarbid
	Siliziumnitrit
Wollastonit (Ca-Silikat)	Eisenoxidhydrat

stärkste krebsauslösende Wirkung hatten stets Fasern mit einer Länge von ca. 8 μm und einem Durchmesser von $< 0,25 \mu\text{m}$. Fasern mit $\geq 5 \mu\text{m}$ Länge und einem Längen-Breitenverhältnis von > 3 gelten als »kritische Fasern« (Abb. 2, [18, 19]). Sämtliche Angaben in diesem Artikel sind auf diese »kritischen Fasern« bezogen.

Das aus dem Griechischen stammende Wort »asbestos«, d. h. unauslöslich, unvergänglich, bezeichnet die wichtigsten Eigenschaften von Asbest wie Nichtbrenn-

Abb. 1: *Chrysotil- und Amphibol-asbest (leichte asbesthaltige Platte)*





schutz in Nachtspeicheröfen, Korrosionsschutz in Trinkwasserleitungen etc.

Die großindustrielle Förderung und Nutzung von Asbestmaterialien begann bereits vor über hundert Jahren. Im Bau wurden *Spritzasbest-Produkte* (Asbestanteil > 60 %, geringes Raumgewicht < 1 000 kg/m³, geringe Bindung der Asbestfasern und damit Möglichkeit erheblicher Asbestfaserfreisetzung) sowie *Asbestzementprodukte* (Asbestanteil < 15 %, hohe Dichte > 1 000 kg/m³, feste Einbindung der Asbestfasern in die Zementmatrix) eingesetzt. 1979 wurde die Verwendung von Spritzasbest verboten und inzwischen ist auch der stufenweise Verwendungsverzicht für Asbestzementprodukte weitgehend abgeschlossen.

Abb. 2:

a) Kanzerogene Potenz in dreidimensionaler Darstellung [18]; b) Hypothese über die Abhängigkeit der kanzerogenen Potenz einer Faser von Länge, Durchmesser, Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis und Beständigkeit im Körper [16]

Meßmethodik für Asbeste und künstliche Fasern in der Luft

Standardisierte Meßmethode (VDI Richtlinie 3492): Faserabscheidung aus einer entsprechenden Luftmenge auf goldbedampften Kernporenfiltern und rasterelektronenmikroskopische Auswertung (REM) der Filterprobe bei 2 000facher Vergrößerung (Abb. 3). Bei der Auswertung werden definitionsgemäß ausschließlich Fasern $\geq 5 \mu\text{m}$ Länge berücksichtigt, die »kritischen Fasern«. Mit den älteren Methoden der Staubpartikelzählung und dem Wiegen des Feinstaubes konnte nicht zwischen Asbeststaub und anderen Stäuben differenziert und nicht zwischen verschiedenen Faserstrukturen unterschieden werden, weshalb diese Methoden heute keine Berücksichtigung mehr finden.

barkeit, Hitzebeständigkeit, chemische Beständigkeit, Beständigkeit gegen Fäulnis und Korrosion sowie Isolierfähigkeit. Asbestmaterialien wurden zum Zweck des Brandschutzes und der Isolierung in Gebäuden und Geräten eingebaut, z. B. in Form von Brandschutzklappen, Asbestschnüren in Elektroinstallationen, Isolierplatten zwischen Wänden oder in Türfüllungen, Brand-

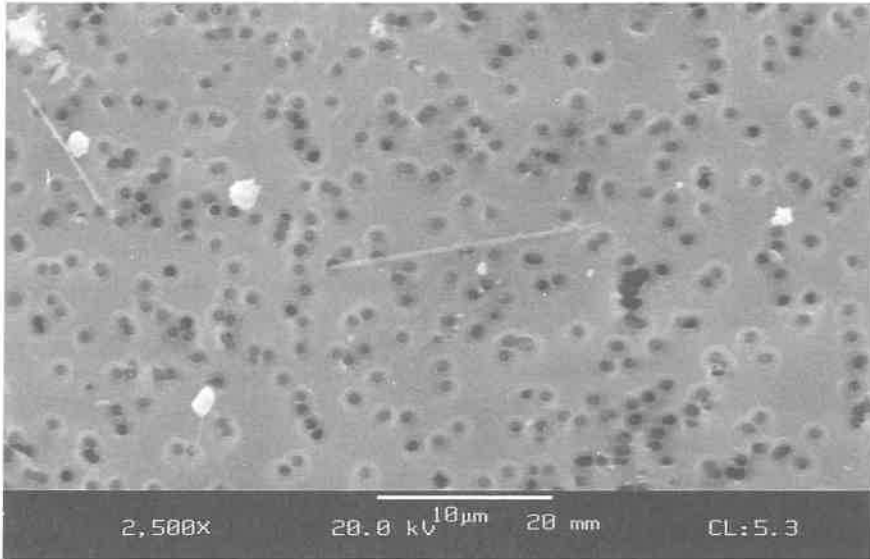


Abb. 3: Amphibolasbest auf einem Luftmeßfilter

Asbestbedingte Krankheitsbilder

Aus *arbeitsmedizinischen Untersuchungen* sind drei asbestbedingte Krankheitsbilder beschrieben und inzwischen als Berufskrankheiten anerkannt: die *Asbestose* (BK 4103), eine Fibrose des Lungengewebes und der Pleura, das asbestbedingte *Lungenkarzinom* (BK 4104) und das *Mesotheliom* (BK 4105), ein maligner Tumor der Pleura oder des Peritoneums.

Zwischen einer beruflichen Asbestexposition und dem *Larynxkarzinom* konnte bislang in verschiedenen Studien kein signifikanter oder kausaler Zusammenhang aufgezeigt werden. Da jedoch »infolge der Seltenheit des Tumorleidens

mit den herkömmlichen epidemiologischen Studien nicht der Nachweis erbracht werden kann, daß Asbest auch Kehlkopfkrebs verursacht, ... und ein genereller Ursachenzusammenhang als wahrscheinlich anzunehmen ist«, kann das Larynx-Karzinom als Berufskrankheit anerkannt werden, wenn zusätzlich sog. Brückensymptome wie asbestotische Lungen- und/oder Pleuraveränderungen sowie eine entsprechende Arbeitsplatzanamnese vorhanden sind [17].

Asbestosen und asbestbedingte Lungenkarzinome wurden ausschließlich bei Asbestarbeitern beschrieben, außerhalb der Exposition am Arbeitsplatz sind diese Krankheitsfälle nicht bekannt gewor-

beiten – Kohortenstudien und Fall-Kontroll-Studien – zum Zusammenhang zwischen Asbest und Larynxkarzinom zeigte kein konsistent und signifikant erhöhtes asbestbedingtes Risiko [13]. Dennoch wird das Larynxkarzinom unter bestimmten Bedingungen als vierte asbestbedingte Berufskrankheit anerkannt [17].

In der MAK-Liste ist Asbest in Gruppe III A 1 eingestuft (»Stoffe, die beim Menschen erfahrungsgemäß bösartige Geschwülste zu verursachen vermögen« [7]).

Die genaue Pathogenese von Asbestkarzinomen ist nur in wenigen Punkten bekannt. So erhöht die chronische Entzündung durch Asbestinhalation das Tumorrisiko. Der für proliferative Prozesse wichtige Polyamin-Stoffwechsel wird in vitro ebenfalls durch Asbestfasern stimuliert. Asbestfasern binden an DNA, RNA und Chromatin. Sie können genetisch verändertes Material in bestimmte Zellen einschleusen und die Aktivierung von Proto-Onkogenen fördern sowie die der Tumor-Suppressorgene hemmen. Durch Interaktion mit Mikrotubuli oder anderen Proteinen des Zytoskeletts können Asbestfasern direkt und dosisabhängig Chromosomenaberrationen induzieren. Auch die Tumorabwehr wird beeinträchtigt: in den ersten Jahren nach Asbestexposition wird zunächst eine gesteigerte Aktivität der NK-Zellen beobachtet, in späteren Stadien

eine deutlich verminderte Aktivität. Nach derzeitiger Kenntnis sind somit sowohl genetische als auch epigenetische Mechanismen an der Kanzerogenität von Asbest beteiligt, die Tumorabwehr ist gestört [1, 2].

Gesetzlich festgelegte Arbeitsschutzmaßnahmen wurden in den einzelnen Ländern mit großer Zeitverzögerung vorgeschrieben, so daß viele Arbeiter lange hohen, krankheitsauslösenden Asbestkonzentrationen ausgesetzt waren. Asbestbedingte Tumore sind bei weitem die häufigsten bösartigen berufsbedingten Erkrankungen (»Asbest ist das Krebsgift Nr. 1 in der Arbeitsumwelt«, [30]). Auch nach der inzwischen geregelten Einschränkung der Verwendung von Asbest als Bau- und Arbeitsstoff ist wegen der langen Latenzzeit noch über Jahre mit einer hohen Zahl an arbeitsplatzbedingten Todesfällen zu rechnen.

Risikoabschätzungen für asbestbedingte Erkrankungen durch Umweltbelastungen – Vergleich mit anderen Risiken

Trotz dieser eindeutigen Erkenntnisse über eine Krebsentstehung durch die Asbestbelastung am Arbeitsplatz ist die Beziehung zwischen einer niedrigen Asbestexposition und Krebs oder Mesotheliomen beim Menschen bisher nicht ge-

sichert, wird aber für Risikoanalysen und Risikoschätzungen vorausgesetzt. Hierbei wird, ausgehend von den hohen Asbeststaubbelastungen an Arbeitsplätzen, das Risiko (s. Abb. 4 [6, 8, 26]) auf die in Gebäuden und in der Außenluft gemessene und um 1 000–10 000fach niedrigere Asbestbelastung umgerechnet; die Mortalitätsdaten von asbestexponierten Arbeitern werden auf zu erwartende Mortalitätsraten für die Bevölkerung bei diesen niedrigeren Expositionen extrapoliert.

Umweltbedingte Mesotheliome in bestimmten Regionen der Türkei

Die geologische Struktur bestimmter Regionen in der Türkei ist reich an Asbest und anderen natürlichen Fasern, wie z. B. Erionit, die in oberflächennahen Schichten in hohen Konzentrationen vorhanden sind. Die Bauern aus diesen Gebieten benutzen diese Materialien zum Bau und zum Anstrich ihrer Häuser. Auch im aus den Hausbrunnen gewonnenen Trinkwasser finden sich teilweise hohe Konzentrationen natürlicher Fasern.

In verschiedenen epidemiologischen Studien waren sogenannte asbestbedingte Erkrankungen, wie die primär verkalkten Pleuraplaques (CPP), die chronisch fibrosierende Pleuritis (CFP), aber auch Pleuramesotheliome, in einigen Dörfern und Regionen endemisch festgestellt worden, obwohl dort weder ein industrieller Asbestabbau noch eine asbestverarbeitende Industrie angesiedelt war.

In drei Dörfern – Karain, Tuzkoy und Sarihidir – liegt die Erionit-Belastung besonders hoch, Asbestvor-

kommen sind nicht beschrieben. Die Inzidenz des malignen Mesothelioms liegt dort etwa 1000fach über der Inzidenz in anderen Regionen. Zwischen 1980 und 1990 waren in Tuzkoy 80 von insgesamt 347 Todesfällen (23,1 %) auf Mesotheliome zurückzuführen, in Karain traten zwischen 1970 und 1990 insgesamt 249 Todesfälle auf, davon 126 (50,6 %) Mesotheliome. Nicht zuletzt aufgrund dieser umweltepidemiologischen Erkenntnisse wurde Erionit als eindeutig humankanzerogen eingestuft [22].

Das ehemalige Bundesgesundheitsamt berechnete bei einer angenommenen Asbestbelastung von 100 Fasern/m³ über das ganze Leben eine Mortalität von 1/1 Million Exponierter [5]. Die Berechnungen anderer Autoren aus internationalen

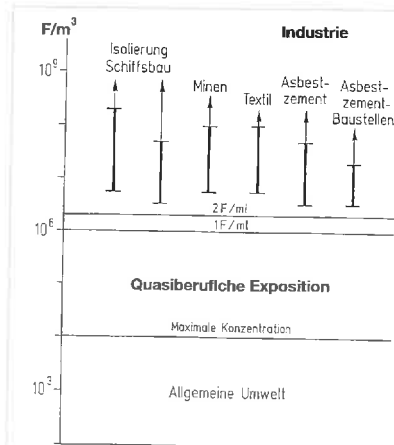


Abb. 4: Konzentration kritischer Asbestfasern in der Vergangenheit an Arbeitsplätzen und in der Umwelt (nach [6])

Untersuchungen zeigt Tabelle 2. Die WHO rechnet bei lebenslanger Belastung mit 100 Fasern mit 0,5 bis 2 Mesotheliom-Erkrankungen pro 100 000 Exponierten [27]. In Gebäuden mit Asbestbauteilen können jedoch – insbesondere bei starker Belastung der asbesthaltigen Bauteile – höhere Faserbelastungen auftreten; außerdem muß für Kinder ein

höheres Risiko angenommen werden. Das höhere Risiko für Kinder in Schulen mit Asbestbauteilen wurde berechnet und in den USA mit anderen Risiken für Kinder verglichen (Tabelle 2). Da US-amerikanische Daten zu lebensstilbedingten Risiken jedoch nicht ohne weiteres mit den Risiken für Kinder anderer Länder verglichen werden können, wurden

Tabelle 2: Abschätzung des Tumor-Risikos durch Asbest – Vergleich mit anderen Risiken

Risikofaktor	Risiko
Risiko für die Allgemeinbevölkerung:	
Asbestbelastung von 100 F/m ² über das ganze Leben*	
Mesotheliom	0,5–2,0/100 000
Bronchialkarzinom	
– bei Zigarettenrauchern	0,4–2,0/100 000
– bei Nichtraucherern	< 0,2/100 000
Risiken für die Allgemeinbevölkerung in den USA**	
Besuch einer asbestbelasteten Schule, risikobezogene	
Todesfälle nach 30 J. Inkubationszeit	1/100 000
Lungenkrebs durch Rauchen	8 800/100 000
Tödlicher Autounfall	1 600/100 000
Tödlicher Verkehrsunfall als Fußgänger	290/100 000
Tödlicher Verkehrsunfall mit dem Fahrrad	75/100 000
Risiken für Kinder in der BRD**	
Asbestbelastung mit 1000 F/m ³ vom 11.–15. Lebensjahr, risikobezogene Todesfälle über das ganze Leben	
	0,36/100 000
Tödliche Unfälle im 11.–15. Lebensjahr:	
insgesamt	37/100 000
nur Kfz-Unfälle	19/100 000
Mord und sonstige Gewalteinwirkung	3,7/100 000

* WHO 1987; ** Wissenschaftlicher Beirat der Bundesärztekammer 1991

die Risiken für hiesige Verhältnisse berechnet. Ausgehend von einer hohen Asbestbelastung von 1 000 Fasern/m³ über 5 Jahre, beginnend im Alter von 10 Jahren, beträgt das Mesotheliomrisiko im späteren Leben ca. 0,4 pro 100 000; das Risiko, im Kindesalter an Unfällen zu versterben, ist 100fach höher [15, 29]. Dabei ist zu betonen, daß das Risiko für einen asbestbedingten Tumor im späteren Leben lediglich auf Schätzungen beruht, während das tödliche Unfallrisiko aus den tatsächlichen Todesfällen von Kindern in Deutschland berechnet wurde. Bei diesen Analysen wird das verkehrsbedingte Risiko noch unterschätzt, da hier nur tödliche Unfälle einbezogen werden, während die nichttödlichen Unfälle (mit z. T. schwersten Verletzungen und bleibenden Behinderungen), aber auch die Risiken durch krebsauslösende Verkehrsimmissionen wie Benzol oder Dieselruß, nicht berücksichtigt werden.

In der Regel wurden Schulen sofort geschlossen, wenn in der Luft Faserkonzentrationen von $\geq 1\,000$ Fasern/m³ gemessen wurden. D. h. Faserkonzentrationen, die den oben zitierten Risikoabschätzungen zugrundeliegen, wurden aus Gründen des vorbeugenden Gesundheitsschutzes nicht toleriert. Häufig wurden jedoch auch bei geringeren Asbestfaserkonzentrationen in der Raumluft sofortige Schulschließungen gefordert. Hierbei ist aber »das durch Verlängerung der Schulwege entstehende Risiko zu-

sätzlicher Wegeunfälle zu bedenken. Ein nur um wenige Prozent unfallgefährlicherer Schulweg wäre dann in der Lage, die wegen der Asbestbelastung durch sofortige Schulschließung beabsichtigte Risikominderung in das Gegenteil zu verkehren« [29].

Nach Berechnungen des ehemaligen Bundesgesundheitsamtes ist das Krebsrisiko durch eine kontinuierliche (24stündige) Asbestbelastung von 1 000 Fasern/m³ über das ganze Leben größenordnungsmäßig vergleichbar mit dem durch das Rauchen von 2 Zigaretten/Jahr verursachten Risiko. Gleichzeitig wird betont: »Ein solcher quantitativer Vergleich bedeutet nicht, daß ein freiwillig eingegangenes Risiko und eine Umweltbelastung die gleiche gesundheitspolitische Qualität haben« [5].

Das Lungenkrebsrisiko durch Passivrauchen wird auf 1,8/1 000 geschätzt und ist damit 100fach höher als das Mesotheliomrisiko durch eine Asbestbelastung von 1 000 Fasern/m³. Kinder werden durch Passivrauchen zu Hause deutlich mehr gefährdet als durch den 10jährigen Besuch einer Schule mit einer Asbestfaserbelastung von 1 000 Fasern/m³. Amerikanischen Risikoanalysen zufolge sterben in den USA jährlich 5 000 Menschen an passivrauchbedingtem Lungenkrebs, während gleichzeitig die Zahl der jährlichen Todesfälle an asbestbedingten Tumoren (ohne berufsbedingte Asbest-Tumore) auf 15 geschätzt wird [20].

Nicht zuletzt vor diesem Hintergrund wird der präventivmedizinische Sinn der großen und teuren Asbestsanierungsprogramme im Hinblick auf die Vorbeugung vermeidbarer Erkrankungen häufig in Frage gestellt. Grundsätzlich sollte für vermeidbare umweltbedingte Risiken das ALARA-Prinzip gelten (as low as reasonable achievable), d. h. so niedrig wie vernünftigerweise erreichbar. Das Gesamt-Risiko für Kinder kann durch Minimierung der hohen Risiken wie Verkehr, Passivrauchen oder auch durch geeignete Raucherprävention nachhaltig minimiert werden. Aus umwelt- und präventivmedizinischer Sicht muß deshalb die Minimierung dieser bedeutenden Risiken zum Schutz der Kinder vorrangig sein, nicht die Minimierung des vergleichsweise niedrigen, in der gesellschaftlichen Wertung jedoch als besonders hoch eingestuftes Asbest-Risikos.

Kritische Stimmen zum Asbestrisiko

Die frühere Asbestexposition am Arbeitsplatz hat in Australien mehr Arbeiter das Leben gekostet als irgendein anderer industrieller Schadstoff. ... Asbestprodukte sollten, wo immer möglich, nicht mehr verwendet werden. Asbestprodukte sollten entfernt werden, wo immer sie schadhaft und bröckelig sind und wo sie in Gebäuden möglicher Beschädigung und Veränderung ausgesetzt sind. ... Der Ruf nach einer völligen Vermeidung einer Asbestfaserinhalation bei der Arbeit, in Gebäuden und Schulen und in Kommu-

nen allgemein erscheint unlogisch, wenn asbestförmige Faserstäube ubiquitär vorhanden sind und die Asbestbelastung in der Raumluft von Gebäuden nicht höher ist als in der Außenluft. ... Die Asbestpanik hat zur Folge, daß für ein nicht faßbares (non-existent) Risiko Milliarden Dollar ausgegeben werden, während, seltsamerweise, der vorzeitige Tod von jährlich 20 000 Australiern durch Rauchen wenig Besorgnis auslöst oder Ausgaben und präventive Anstrengungen zur Folge hat. ... Die Gesellschaft setzt die Prioritäten falsch [8a].

Die verfügbaren Daten und Risikovergleiche zeigen, daß Chrysotyl-Asbest, die Asbestfaserart, die in erster Linie in U.S.-amerikanischen Schulen und Gebäuden gefunden wird, kein Gesundheitsrisiko für die nicht-arbeitsplatzbedingte Umwelt darstellt. Der Asbestpanik in den Vereinigten Staaten muß entgegengetreten werden, besonders weil eine nicht sachgerechte und schlecht überwachte Asbestsanierung unnötige Risiken für die jungen Sanierungsarbeiter zur Folge hat, die in späteren Lebensjahrzehnten dann einen asbestbedingten Lungenkrebs entwickeln können. ... [15].

Im Sommer 1993 ereignete sich der letzte »Asbestnotfall« in New York. Er verhinderte, daß Schulen geöffnet wurden, verursachte erhebliche Aufregung in den Medien und hatte eine Vielzahl von Sanierungsaktivitäten zur Folge. Asbestraumluftkonzentrationen, die für eine Abschätzung des Risikos für die Gebäudenutzer wichtig wären, waren – als Teil der Sanierungsstrategie und für die Prioritätensetzung – nicht gefordert und wurden deswegen auch nicht erhoben. ... Das Risiko der Schulkinder lag auch bei Anwendung der pessimistischsten Annahmen bei weniger als sechs zusätzlichen Krebstoten pro Million (über die ganze Lebenszeit) vergleichbar mit dem Risiko

durch das Rauchen von einem Dutzend Zigaretten während des ganzen Lebens. Die New Yorker Stadtverwaltung reagierte auf den Druck der Eltern mit dem Schließen der Schulen. Die Hysterie trat auf, weil den EPA-Empfehlungen jegliche wissenschaftliche Basis für eine Risikoabschätzung und Bewertung fehlt [28].

sern in die Außenluft gelangen. Besonders bei der Bearbeitung solcher Platten, z. B. Schleifen, Bohren, können große Fasermengen freigesetzt werden.

Die in verschiedenen Studien gemessene mittlere Immissionsbelastung durch verbaute Asbestzementprodukte lag nicht über dem Bereich der Mittelwerte in städtischer Außenluft (Tabelle 3 [25]). Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko oder eine generelle Sanierungsnotwendigkeit von Asbestzementplatten an Häusern oder von Asbestzementdächern kann deswegen aus diesen Werten nicht abgeleitet werden. Es erscheint aber sinnvoll, Asbestzementprodukte auf ihren Abwitterungszustand hin zu überprüfen und eine frühzeitige emissionsarme Sanierung verwitterter Platten in Erwägung zu ziehen [29].

Richtlinien, Handlungsempfehlungen und gemessene Faserfreisetzungen verschiedener Asbestmaterialien

Asbestzementprodukte und Asbestzementplatten

Durch Abwitterung aus Asbestzementplatten oder -dächern können Asbestfa-

Tabelle 3: Asbest-Außenluftbelastung durch Abwitterung von Asbestzement [25]

Meßort	Anzahl der Messungen n	Messungen < 100 F/m³ n	Asbestfasern	
			maximal F/m³	mittel F/m³
Wohngebiete*				
Braunschweig und Stade	30	21	1100	139
Hamburg	15	14	300	67
Messungen an AZ-Dächern				
Neuss (4 Objekte)	56	51	ca. 100**	55
AZ-Dach, s. verwittert**	15	11	320**	93

AZ: Asbestzement

* Wohngebiete mit intensiver AZ-Anwendung; ** Messungen 10 cm über der Dachfläche

Folgelieferung November '95

Asbesthaltige Nachtspeicheröfen

Bis etwa 1976 wurden in Elektro-Nachtspeicheröfen asbesthaltige Bauteile aus Gründen des Brandschutzes eingesetzt, und zwar als Kernsteinträger, Kernabdeckplatten, Platten zwischen Wärmedämmung und Kernsteinen, asbestumsponnene Anschlußdrähte, Dichtungstreifen, Dämmstoffhülsen der Steuerpatronen und Dämmscheiben am Ventilatorgehäuse.

Eine mögliche Asbestfaserfreisetzung in die Raumluft während des Betriebs solcher Öfen kann nicht ausgeschlossen werden, war aber in verschiedenen Untersuchungen nicht nachweisbar [4, 12]. Somit ist nicht von einem erhöhten Gesundheitsrisiko durch den Betrieb dieser Öfen auszugehen. Da im Einzelfall Asbestfaserfreisetzungen nicht mit Sicherheit auszuschließen sind, sollten Nachtspeicheröfen mit Asbestbauteilen im Sinne des vorbeugenden Gesundheitsschutzes mittel- oder langfristig entsprechend den jeweiligen Dringlichkeitsstufen ausgetauscht werden (Abb. 5). Vorvorgeilig und nicht fachgerecht durchgeführten Sanierungen ist jedoch eindringlich zu warnen, da sie nachweislich zu höheren Faserfreisetzungen führen können als der normale Weiterbetrieb bis zu einer späteren geplanten und fachgerechten Sanierung (Informationen zu Nachtspeicherheizgeräten erhält man beim jeweiligen Hersteller oder beim

Zentralverband der Elektrotechnischen Industrie [ZVEI], Stresemannallee 19, 60596 Frankfurt).

Schwachgebundene Asbestprodukte in Gebäuden und Asbestrichtlinie

Bei Verwendung schwachgebundener Asbestprodukte (Spritzasbest, asbesthaltiger Putz, leichte asbesthaltige Platten) in Gebäuden kann eine Asbestfaserfreisetzung in die Raumluft nicht ausgeschlossen werden, weshalb je nach Zustand dieser Asbestmaterialien Sanierungsmaßnahmen durchgeführt werden müssen. In der Bundesrepublik Deutschland wird der Umgang mit eingebauten Spritzasbestmaterialien eindeutig geregelt (Asbestrichtlinie bzw. Richtlinien/Verordnungen der Länder [11]). Die Gebäude müssen begangen werden und auf die Art der Asbestverwendung, die Art, den Oberflächenzustand und die mögliche Beeinträchtigung des Asbestmaterials, sowie auf die Zugänglichkeit durch Nutzer des Raums hin untersucht werden. Den einzelnen Parametern werden bestimmte Bewertungszahlen zugeordnet und nach Summierung der Punktzahl wird die Sanierungsnotwendigkeit eingestuft (Abb. 6). Raumluftmessungen sind bei diesen Bewertungskriterien zur Sanierungsnotwendigkeit nicht vorgesehen.

Dringlichkeitsstufe I, > 80 Punkte: Sanierung unverzüglich erforderlich. Die Asbestprodukte sind umgehend zu sanieren. Ist eine sofortige Sanierung nicht möglich, so sind vorübergehende Schutzmaßnahmen anzuwenden und mit der endgültigen Sanierung ist spätestens innerhalb von drei Jahren zu beginnen.

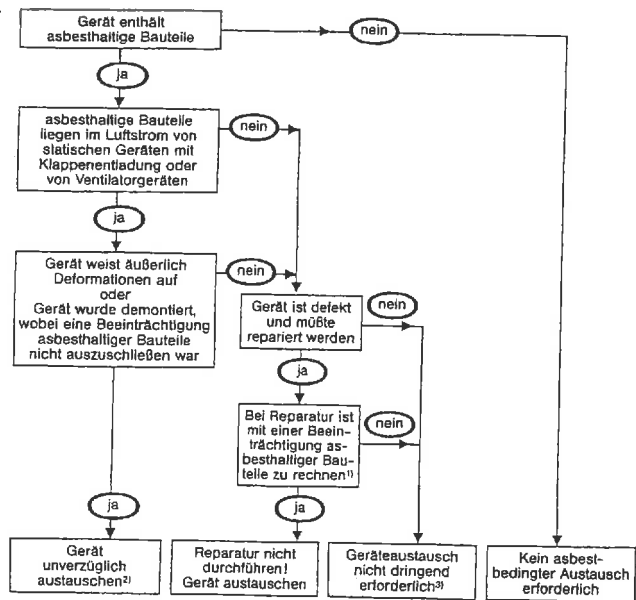
Dringlichkeitsstufe II, 70–79 Punkte: Sanierung mittelfristig erforderlich. Die Asbestprodukte sind in mindestens zweijährigen Zeitintervallen neu zu bewert-

ten. Ändert sich im Zuge der Neubewertung die Zahl der Bewertungspunkte, ist nach den Anforderungen der neuen Dringlichkeitsstufe zu verfahren.

Dringlichkeitsstufe III, < 70 Punkte: Sanierung langfristig erforderlich. Asbestprodukte mit dieser Bewertung sind in Intervallen von fünf Jahren neu zu bewerten. Bei Änderung der Zahl der Bewertungspunkte ist nach den Anforderungen der neuen Dringlichkeitsstufe zu verfahren.

Abb. 5: *Bewertung der Dringlichkeit des Austausches von asbesthaltigen Elektro-Speicherheizgeräten*

Bewertung der Dringlichkeit des Austausches von asbesthaltigen Elektro-Speicherheizgeräten



1) bei Regler-Lüfteraustausch, Reparatur an Schalt- oder Bedienteilen ist im allgemeinen keine Asbestfaserfreisetzung zu erwarten; Liste der Geräte mit asbesthaltigen Bauteilen beachten.
 2) Unverzüglich bedeutet in der Regel einen Austausch der Geräte nach Ende der laufenden Heizperiode.
 3) Gerät sollte innerhalb von 10 Jahren ausgetauscht werden, sofern durch Änderung o.g. Bewertungskriterien kein kurzfristigerer Austausch erforderlich wird.

Zeile	Gruppe	Asbestprodukte – Bewertung der Dringlichkeit einer Sanierung		
			Bewertung*)	Bewertungszahl
		Gebäude		
		Raum		
		Produkte		
	I	Art der Asbestverwendung		
1		Spritzasbest	<input type="radio"/>	20
2		Asbesthaltiger Putz	<input type="radio"/>	10
3		Leichte asbesthaltige Platten	<input type="radio"/>	5, 10 oder 15
4		Sonstige asbesthaltige Produkte	<input type="radio"/>	5, 10, 15 oder 20
	II	Asbestart		
5		Amphibol-Asbeste	<input type="radio"/>	2
6		Sonstige Asbeste	<input type="radio"/>	0
	III	Struktur der Oberfläche des Asbestprodukts		
7		Aufglockerte Faserstruktur	<input type="radio"/>	10
8		Feste Faserstruktur ohne oder mit nicht ausreichend dichter Oberflächenbeschichtung	<input type="radio"/>	4
9		Beschichtete, dichte Oberfläche	<input type="radio"/>	0
	IV	Oberflächenzustand des Asbestprodukts		
10		Starke Beschädigungen	<input type="radio"/>	6
11		Leichte Beschädigungen	<input type="radio"/>	3
12		Keine Beschädigungen	<input type="radio"/>	0
	V	Beeinträchtigung des Asbestprodukts von außen		
13		Produkt ist durch direkte Zugänglichkeit (Fußboden bis Greifhöhe) Beschädigungen ausgesetzt ...	<input type="radio"/>	10
14		Am Produkt werden gelegentlich Arbeiten durchgeführt	<input type="radio"/>	10
15		Produkt ist mechanischen Einwirkungen ausgesetzt	<input type="radio"/>	10
16		Produkt ist Erschütterungen ausgesetzt	<input type="radio"/>	10
17		Produkt ist starken klimatischen Wechselbeanspruchungen ausgesetzt	<input type="radio"/>	10
18		Produkt liegt im Bereich stärkerer Luftbewegungen	<input type="radio"/>	10
19		Im Raum mit dem asbesthaltigen Produkt sind starke Luftbewegungen vorhanden	<input type="radio"/>	7
20		Am Produkt kann bei unsachgemäßem Betrieb Abrieb auftreten	<input type="radio"/>	3
21		Das Produkt ist von außen nicht beeinträchtigt	<input type="radio"/>	0
	VI	Raumnutzung		
22		Regelmäßig von Kindern, Jugendlichen und Sportlern benutzter Raum	<input type="radio"/>	25
23		Dauernd oder häufig von sonstigen Personen benutzter Raum	<input type="radio"/>	20
24		Zeitweise benutzter Raum	<input type="radio"/>	15
25		Nur selten benutzter Raum	<input type="radio"/>	8
	VII	Lage des Produkts		
26		Unmittelbar im Raum	<input type="radio"/>	25
27		Im Lüftungssystem (Auskleidung oder Ummantelung undichter Kanäle) für den Raum	<input type="radio"/>	25
28		Hinter einer abgehängten undichten Decke oder Bekleidung	<input type="radio"/>	25
29		Hinter einer abgehängten dichten Decke oder Bekleidung, hinter staubdichter Unterfangung oder Beschichtung, außerhalb dichter Lüftungskanäle	<input type="radio"/>	0
30		Summe der Bewertungspunkte		
31		Sanierung: unverzüglich erforderlich (Dringlichkeitsstufe I)	<input type="radio"/>	≥ 80
32		mittelfristig erforderlich (Dringlichkeitsstufe II)	<input type="radio"/>	70–79
33		langfristig erforderlich (Dringlichkeitsstufe III)	<input type="radio"/>	< 70

* Zutreffendes bitte ankreuzen. Würden innerhalb einer Gruppe mehrere Bewegungen angekreuzt, darf bei der Summenbildung (Zeile 30) nur eine – die höchste – Bewertungszahl berücksichtigt werden.

Abb. 6: Schwachgebundene Asbestprodukte – Formblatt für die Bewertung der Dringlichkeit einer Sanierung (Asbestrichtlinie)

Drei Sanierungsverfahren für asbesthaltige Materialien stehen zur Verfügung, nämlich

- Entfernung
- Verfestigung und Beschichtung
- räumliche Trennung

Die langfristig sicherste Methode ist die Entfernung asbesthaltiger Materialien. Werden die Methoden räumliche Trennung oder Verfestigung/Beschichtung angewandt, besteht die Möglichkeit, daß durch Beschädigung der Abtrennungen im Laufe der Zeit die Freisetzung asbesthaltiger Stäube in die Raumluft nicht mehr sicher ausgeschlossen werden kann. Deshalb sind nach diesen Sanierungsverfahren in regelmäßigen Abständen wiederholte Kontrolluntersuchungen und ggf. eine Neubewertung der Situation notwendig und vorgeschrieben. Nach Abschluß der Sanierungen soll bei einer sog. »Freimessung« die Faserzahl < 500 krit. Fasern/ m^3 sein.

Kritik an der Asbestrichtlinie

Die Bewertung der Dringlichkeit der Sanierung nach der Asbestrichtlinie wurde vielfach kritisiert. Bewertungsgegenstand der Asbestrichtlinie sind nur asbesthaltige fest eingebaute Bauteile, nicht jedoch Einrichtungsgegenstände, z. B. Nachtstromspeicheröfen, stark kontaminierte Teppichböden oder Asbeststäube, die z. B. von Spritzasbestproduk-

ten auf abgehängte Decken gelangen und möglicherweise dann auch die Raumluft negativ beeinflussen können. Da in dieser Richtlinie nur Asbestprodukte mit einer Dichte $< 1\ 000\ kg/m^3$ bewertet werden, entgehen asbestzementähnliche Produkte (Dichte $> 1\ 000\ kg/m^3$) jeglicher Bewertung.

Die Asbestrichtlinie mit ihrem prinzipiellen Verzicht auf Raumluftmessungen wurde kritisiert, und es wurde auf Ungeheimheiten aufmerksam gemacht: »Durch die Punktebewertung soll das Potential für die Faserfreisetzung erfaßt werden. Sollten dann aber nicht $100\ m^2$ Asbestpappe anders bewertet werden als $0,1\ m^2$? ... In den Erläuterungen zur Asbestrichtlinie heißt es, daß eine Bewertung der Dringlichkeit einer Sanierung aufgrund von Messungen der Faserkonzentration nicht möglich ist. Andererseits wird in den gleichen Richtlinien der Erfolg einer Sanierung auf das Ergebnis von Messungen eines einzelnen Tages gestützt ... Richtig ist, daß die Messung eine Bestandsaufnahme nicht ersetzen kann. Richtig ist auch, daß eine Einzelmessung nicht alle möglichen Faserbelastungen beschreiben kann. Aber durch klare Festlegung der Meßaufgabe und eine darauf abgestimmte Meßplanung können Meßwerte ganz entscheidende und notwendige Beurteilungskriterien darstellen« [24].

Vor dem Hintergrund der Argumentation, daß das asbestbedingte Risiko in Schulen mit Asbestbauteilen durch

Teppichböden erhöht würde, da Asbestfasern auf Teppichböden sedimentieren können, während der Schulnutzung aufgewirbelt, aber durch Staubsaugen nicht ausreichend entfernt werden könnten, wurden sämtliche Meßdaten, die aus unterschiedlichen Anlässen von 1987 bis 1994 in Frankfurter Schulen erhoben worden waren, retrospektiv ausgewertet (Tabelle 4 [10]). Ein Einfluß des Bodenbelags auf die Raumluftbelastung war nicht nachweisbar. Weder die Mediane, Mittel- oder Maximalwerte der Asbestfasergehalte in Räumen mit und ohne Teppichböden waren signifikant unter-

schiedlich; unabhängig vom Bodenbelag lagen 95 % der Meßwerte unter 1 000 F/m³, etwa 60 % der Meßwerte lagen unter 100 F/m³. Auch bei intensiven Simulationen (Ballprellen, Behandlung mit dem Teppichklopfer) konnten keine erhöhten Faserzahlen in der Raumluft festgestellt werden.

Messungen der Raumluftbelastung

Für die Raumluftmessungen sind bestimmte *Simulationsverfahren* in der DIN-Richtlinie 3492 vorgeschrieben,

Tabelle 4: Asbestfasergehalte in der Raumluft – Messungen aus Schulen mit asbesthaltigen Bauteilen in Frankfurt am Main

	Anzahl der Messungen n	Median arithm. Mittelw.		Maximalwert F/m ³	Belastungsklassen					
		F/m ³	F/m ³		<100 F/m ³		100–1000 F/m ³		>1000 F/m ³	
					n	%	n	%	n	%
Alle Messungen 1987–1994	499	56	271	14 000	306	61,0	176	35,0	20	4,0
Überprüfung Teppichbodeneinfluß										
Räume mit Teppichboden	204	54	305	11 050	125	61,3	69	33,8	10	4,9
Räume ohne Teppichboden	216	80	276	14 000	131	60,6	77	35,6	8	3,8
Überprüfung Nachtspeichergeräte bei laufendem Betrieb	60	50	59	330	58	96,7	2	3,3	–	–
Überprüfung Simulationsbedingungen										
1993/94: nach DIN-Simulation	39	50	125	590	26	66,7	13	33,3	–	–
1993/94: am Ende der Schulnutzung	47	50	83	200	26	55,3	21	44,7	–	–
DIN- und Deckensimulation*	50	52	299	2 500	26	52,0	21	42,0	3	6,0
DIN-, Decken- und Stützensimulation*	32	440	6 953	52 250	3	9,3	15	46,9	144	3,8*

* Daten vom August 1995, nicht in der Gesamtzahl von 499 enthalten

wie z. B. 5× an die Wand stoßen, 5× Türen in das Schloß werfen, Wände und Emissionsquellen anblasen. Oft wird aber argumentiert, daß die so erhaltenen Messungen nicht den wahren Asbestfasergehalt widerspiegeln könnten, da kein Simulationsverfahren die tatsächliche Gebäudebeanspruchung durch Hunderte von tobenden Kindern und die damit verbundene mögliche Faserfreisetzung annähernd widerspiegeln könne.

Auch zur Frage unterschiedlicher Simulationsbedingungen wurden in Frankfurter Schulen Untersuchungen durchgeführt [10]. Messungen direkt am Ende des Schulbetriebs zeigten keine signifikant höheren Fasergehalte in der Raumluft als Messungen nach DIN-Simulation (Tabelle 4), so daß der Schluß gezogen wurde, daß die vorgeschriebene DIN-Simulation relativ realitätsnah sein müsse. Auf der Suche nach möglichen Schwachstellen und gezieltem Sanierungsbedarf wurden im August 1995 über die Anforderungen der Richtlinie hinaus noch wesentlich aggressivere Simulationsverfahren angewandt: Nachdem auf den Platten der abgehängten Decken Asbeststäube festgestellt worden waren (die einer Bewertung nach der Asbestrichtlinie entgegen), wurden zusätzlich zu den Verfahren der DIN-Simulation die Deckenraster mit einem Stiel mehrfach angestoßen und die Deckenplatten bewegt. Auch diese Simulation erbrachte keine signifikant höhere

Belastung der Raumluft. Das zusätzliche Anrempeln und Antreten von asbestummantelten Stützen – die mit einer Blechummantelung vor Beschädigung geschützt waren, zeigte jedoch unerwartete und extrem hohe Faserbelastungen mit Maximalwerten bis über 50 000 F/m³, nur 9 % der Messungen blieben unter 100 F/m³, 43 % lagen über 1 000 F/m³. Auch wenn diese Ergebnisse sicher nicht ein Maß für die Schätzung der Dauerbelastung darstellen können, zeigen sie doch, daß unter ungünstigen Bedingungen im Schulalltag punktuell sehr hohe Faserzahlen auftreten können – unabhängig von der Einstufung der Dringlichkeit der Sanierung. Solche Probleme können bei ausschließlicher Anwendung der Richtlinie der Bewertung entgehen; oft sind diese Probleme und der daraus folgende Handlungsbedarf nur mit zusätzlichen Raumluftmessungen bei gezielten Simulationsverfahren erkennbar.

Literatur

- [1] BARRETT, J. C.: *Cellular and Molecular Mechanisms of Asbestos Carcinogenicity: Implications for Biopersistence. Environ. Health Perspect.* 102 Suppl 5, 19–23 (1994)
- [2] BARTH, J., UEBELHOER, M.: *Mechanismen Asbest-induzierter Erkrankungen der Lunge und Pleura. Dtsch. Med. Wochschr.* 119, 886–891 (1994)

- [3] BAUR, X.: *Bronchopulmonale Krankheiten durch organische und anorganische Stäube. Kurzer Überblick und Möglichkeiten der Frühdiagnostik. Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 29, 419–428 (1994)
- [4] BUNDESGESUNDHEITSAMT: *Asbesthaltige Nachtspeicheröfen. Stellungnahme zur Sanierung und Entsorgung. Bundesgesundheitsblatt* (1991) S. 198
- [5] BUNDESGESUNDHEITSAMT: *Gesundheitsgefahren durch Asbest und andere faserige Feinstäube in der Umwelt. Bundesgesundheitsblatt* 26 Nr. 10 Oktober 1983
- [6] BUNDESGESUNDHEITSAMT: *Vom Umgang mit Mineralfasern. Eine Informationsschrift des Bundesgesundheitsamtes. bga-Schrift* 1994
- [7] DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT: *MAK- und BAT-Werte-Liste 1993. Maximale Arbeitsplatzkonzentrationen und biologische Arbeitsstofftoleranzwerte. VCH Verlagsgesellschaft mbH, Weinheim, 1995. S. 98 und S. 108 ff*
- [8] FISCHER, M.: *Risikoproblematik faserförmiger Stäube. In: Fischer M (Hrsg.): Beurteilung der Krebsgefahr durch Asbest und andere faserige Feinstäube. Institut für Wasser-Boden-Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Heft 7/1991, Berlin 1991*
- [8a] FERGUSON, D.: *Low level asbestos – the priorities are wrong. Med. J. Australia* 152, 617–618 (1990)
- [9] GAMBLE, J. F.: *Asbestos and Colon Cancer: A Weight-of-the-Evidence Review. Envir. Health. Perspect* 102, 1038–1050 (1994)
- [10] HEUDORF, 1995, *in Vorbereitung*
- [11] INSTITUT FÜR BAUTECHNIK: *Spritzasbest und ähnliche Asbestprodukte. Berlin 1986 und 1989 (Asbestrichtlinie)*
- [12] KALKER, U.: *Das Problem asbesthaltiger Nachtspeicheröfen. Dr. Ärzteblatt* 89, A₁ 1341–1342 (Heft 15) (1992)
- [13] KRAUS, TH., RAITHEL, H. J., REICHEI, G., LEHNERT, G.: *Asbeststaubverursachtes Larynxkarzinom – eine neue Berufskrankheit? Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed* 28, 421–441 (1993)
- [14] MAGNANI, C., TERRACINI, B., IVALDI, C., BOITTA, M., MANCINI, A., ANDRION, A.: *Pleural malignant mesothelioma and Non-Occupational Exposure to Asbestos in Casale Monferrato, Italy. Occupational and Environmental Medicine* 52, 362–367 (1995)
- [15] MOSSMANN, B. T., GEE, J. B. L.: *Asbestos-related Diseases. New Engl J Med* 320, 1721–1730 (1989)
- [16] MUHLE, H., POTT, F.: *Faserige Stäube – Tierexperimentelle Ergebnisse. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Krebs erzeugende Stoffe in der Umwelt. Herkunft, Messung, Risiko, Minimierung. VDI Verlag Düsseldorf 1991, 273–292*
- [17] NN: *Entschädigung von Kehlkopfkrebs nach Asbestfaserstaub-Exposition im Rahmen des § 551 Abs. 2 Reichsversicherungsordnung (RVO). Arbeitsmed. Sozialmed. Umweltmed* 30, 85 (1995)

- [18] POTT, F., ROLLER, M., ZIEM, U., REIFFER, F. J., BELLMANN, B., ROSENBRUCH, M., HUTH, F.: *Carcinogenicity studies on natural and man-made fibres with the intraperitoneal test in rats. In: Bignon J, Peto J, Saraci R (Hrsg): Non-Occupational Exposure to Mineral Fibres (IARC Sci Publ No 90) Lyon: Intern Agency for Research on Cancer, S 173–179 (1989)*
- [19] POTT, F.: *Zur Wirkung von Asbest. In Fischer M, Meyer E (Hrsg): Zur Beurteilung der Krebsgefahr durch Asbest. bga-Schriften 2/84, Medizin Verlag München, S 82–89 (1984)*
- [20] REPACE, J. L., LOWREY, A. H.: *Risk Assessment Methodologies for Passive Smoking-induced Lung Cancer. Risk Anal 10, 27–37 (1990)*
- [21] SCHNEIDER, J., WOITOWITZ, H.-J.: *Asbestverursachte Mesotheliome bei Hausfrauen durch Innenraumgefährdung. Zentralblatt für Hygiene 495–503 (1995)*
- [22] SELCUK, Z. T., CÖPLÜ, L., EMRI, S., KALYONCU, A. F., SAHIN, A. A., BARIS, Y. I.: *Malignant Pleural Mesothelioma Due to Environmental Mineral Fiber Exposure in Turkey. Analysis of 135 Cases. Chest 102, 790–796 (1992)*
- [23] SELIKOFF, J., HAMMOND, E. C.: *Asbestos and Smoking. J. Amer. Med. Assoc 242, 458 (1979)*
- [24] TEICHERT, U.: *Erfahrungen über die Aussagekraft von Asbestmessungen in Innenräumen. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Faserförmige Stäube. Vorschriften, Wirkungen, Messung, Minderung. VDI-Berichte 853, VDI-Verlag, Düsseldorf 1990*
- [25] TEICHERT, U.: *Methodik und Ergebnisse der Messung von faserigen Stäuben. In: Kommission Reinhaltung der Luft im VDI und DIN: Krebszerzeugende Stoffe in der Umwelt. Herkunft, Messung, Risiko, Minimierung. VDI-Verlag Düsseldorf 1991, 257–271*
- [26] UMWELTBUNDESAMT: *Berichte 5/91: Asbest. Baustoff, gesundheitliches Risiko. Erich Schmidt Verlag, Berlin 1991*
- [27] WHO: *Air Quality Guidelines for Europe: Hrsg: WHO Regional Publications, European Series Nr. 23 Copenhagen: Asbestos 182–199 (1987)*
- [28] WILSON, R., LANGER, A. M., NOLAN, R. P., GEE, J. B., ROSS, M.: *Asbestos in New York City Public School Buildings – Public Policy: is there a Scientific Basis? Regul. Toxicol. Pharmacol 20, 161–9 (1994)*
- [29] WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DER BUNDESÄRZTEKAMMER: *Belastung der Bevölkerung durch Asbest. Empfehlungen des Wissenschaftlichen Beirates der Bundesärztekammer. Dr. Ärzteblatt 88, Heft 27, C 1339–1344 (1991)*
- [30] WOITOWITZ, H.-J., HILLERDAHL, G., CALAVRESOZ, A., BERGHÄUSER, K. H., RÖDELSPERGER, K., JÖCKEL, K.-H.: *Risiko- und Einflussfaktoren des diffusen malignen Mesothelioms (DMM). Forschungsreihe »Arbeit und Technik«, herausgegeben von der DLR/Projektträger »Arbeit und Technik«. Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Fb 698, Bonn 1993*

Zusammenfassung

Durch faserförmige Stoffe einer bestimmten Geometrie können Lungenfibrosen und -karzinome sowie Mesotheliome ausgelöst werden. Aus arbeitsmedizinischen Untersuchungen mit zahlreichen Erkrankungsfällen nach langjährigen hohen Asbestfaserbelastungen (> 1 Million Fasern/m³) am Arbeitsplatz ist die krebserzeugende Wirkung von Asbestfasern für den Menschen zweifelsfrei belegt. Durch Extrapolation in den um mehrere Zehnerpotenzen niedrigeren Bereich meßbarer Umweltbelastung (etwa 100 Asbest-Fasern/m³) wird ein allgemeines, umweltbedingtes Mesotheliom- und Krebsrisiko durch Asbestfasern von bis zu 2/100 000 Exponierten angenommen. Sind asbesthaltige Bauteile in Gebäuden, müssen diese Gebäude entsprechend der Asbestrichtlinie begangen und die Dringlichkeit der Sanierung mittels eines Punkteschemas festgelegt werden. Für bestimmte Fragestellungen können jedoch zusätzliche Raumluftuntersuchungen notwendig sein. Sinnvolle Möglichkeiten für eine frühzeitige Screeninguntersuchung nach eventueller Faserexposition existieren nicht: auch Röntgenuntersuchungen der Lunge sind kontraindiziert wegen der extrem langen Latenzzeit und dem sehr geringen Erkrankungsrisiko, das dem Risiko durch eine nicht indizierte Strahlenbelastung gegenübergestellt werden muß [3].