

Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz

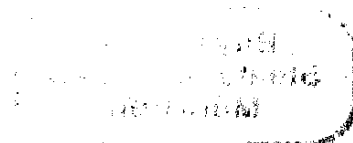
— Forschung —
Fb 631

V. Rödelsperger
H. J. Woitowitz

**Asbeststaubgefährdung
in Bremsendiensten**

— Arbeitsmedizinisch epidemiologische
Untersuchungen über Asbestinhalationsfolgen
bei Arbeitnehmern in Bremsendiensten
nach langjähriger Exposition —

Dortmund 1991



Das Projekt wurde durch den Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert.

Dieser Bericht hat den Abschlußbericht des Forschungsvorhabens „Arbeitsmedizinisch epidemiologische Untersuchung über Asbestinhalationsfolgen bei Arbeitnehmern in Bremsendiensten nach langjähriger Exposition“ zum Inhalt.

Bearbeiter: Dr. rer. nat., Dr. hum. biol. Klaus Rödelisperger
Prof. Dr. med. Hans-Joachim Weitowitz
Klinikum der Justus-Liebig-Universität
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin
6300 Gießen

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz
Postfach 17 02 02
4600 Dortmund 1

Druck und Verlag: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93 - 95
Telefax 0471-42765

ISSN 0932 - 3856

ISBN 3-89 429-076-5



eferate

1 Reparaturwerkstätten und an Bremsenprüfständen wurden licht- und elektronenmikroskopische Faserkonzentrationsmessungen sowie Asbestfeinmessungen vorgenommen.

epidemiologische Querschnittuntersuchung an 310 Kfz-Mechanikern umfaßte

standardisierte Befragung zur Arbeits-, Beschwerde- und Krankheitsanamnese,

eingehende klinische Untersuchung,

Röntgenaufnahmen der Thoraxorgane und die Lungenfunktion.

Personenbezogene lichtmikroskopische Messungen der Faserkonzentration μm erfolgten während der kurzzeitigen Abdreh-, Schleif- und Ausblasvorgänge an Bremsen. An Personenwagen wurde sowohl während des Ausblasens als auch während des Schleifens das Produkt aus Probenahmedauer und Konzentration etwa zu $4 \text{ bis } 5 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ - entsprechend einer 4- bis 5-minütigen Faserkonzentration von 10^6 F/m^3 - beobachtet. Für Lastwagen und Busse ergaben sich Mittelwerte von 6×10^6 , 9×10^6 und $10 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ für das Ausblasen und Ausbürsten, das Überdrehen und das Überschleifen.

Beim Ausblasen von Bremstrommeln in Kfz-Werkstätten emittierte Abriebstaub zahlreiche dünne Fasern einer Länge $< 2 \mu\text{m}$. Die Fasern waren über die gesamte Länge hinweg auch von der Elektronenstrahlfeinbereichsbeugung her als Chrysotil zu sehen. Von dem in Bremstrommeln abgelagerten Abrieb war derjenige, der beim Ausblasen emittiert wird, zu unterscheiden, der von Scheibenbremsen unmittelbar in die Luft emittiert wird. In einer Serie von Bremsversuchen im Prüfstand zeigte sich ein deutlicher Anstieg sowohl der Faserkonzentration $L \geq 5 \mu\text{m}$ als auch der Faserkonzentration und des Asbestgehaltes mit der Anfangsgeschwindigkeit der Bremsung. Der Schätzwert des Umweltbundesamtes von 0,25 Gew.-% für den Asbestgehalt des Abriebstaubes konnte bestätigt werden.

Die Einbeziehung der Berufsanamnese ergibt sich für die 310 Kfz-Mechaniker eine mittlere Beschäftigungsdauer von $\bar{x} \pm s = 21 \pm 21$ Jahren und eine kumulierte Faserdosis von $\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$. Erwartungsgemäß konnten auch fibrogene Asbestinhalationsfolgen selbst bei Anwendung der logistischen Regressionsanalyse nicht nachgewiesen werden. Dennoch wird ein arbeitsverursachtes Tumorrisiko durch insgesamt 10 an Kfz-Mechanikern beobachtete Mesotheliom-Todesfälle bestätigt.

lagwörter

epidemiologische Untersuchung

Asbestbelag
-Werkstatt

II.

Epidemiological occupational health study of biological outcome of asbestos inhalation among car mechanics following an extended exposure during brake service

In 119 automobile service stations and on brake test stands fibre concentration measurements by light and electron microscopy and asbestos fine dust measurements were performed. In a cross sectional epidemiological study a group of 310 car mechanics was examined by

- evaluation of standardized work histories,
- extended clinical examinations,
- chest x-rays and analysis of lung function.

Measurements of fibre concentrations with length $\geq 5 \mu\text{m}$ by light microscopy were performed by personal sampling during short term blowing out of brakes as well as during grinding and turning of brake linings. For cars the average fibre doses were about $4 \text{ to } 5 \times 10^6 \text{ fibres/m}^3 \times \text{min}$ during blowing out as well as during grinding. They were corresponding to a concentration of 10^6 fibres/m^3 over 4-5 min. For trucks and buses average exposure was 6×10^6 , 9×10^6 and $10 \times 10^6 \text{ fibres/m}^3 \times \text{min}$ during blowing out and dry brushing, during turning and during grinding operations.

The abrasion dust emitted from brake drums during blowing out contained numerous thin fibres with length $< 2 \mu\text{m}$. By electron diffraction these fibres mainly could be identified as chrysotile. The abrasion dust deposited in brake drums is different from that directly emitted into the atmosphere on braking from disk type brakes. In a series of experiments on brake-test stands the concentration of fibres longer than $5 \mu\text{m}$, the mass concentration and the asbestos mass volume increased distinctly in dependence of the initial braking velocity. Due to these results the value of 0,25 weight percent for the asbestos volume of abrasion dust applied by the German environmental protection agency can be confirmed.

From exposure measurements and the occupational histories of 310 vehicle mechanics, an average duration of $\bar{x} \pm s = 21 \pm 10$ years and a mean cumulative fibre dose of $\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ fibres/m}^3 \times \text{year}$ were calculated. According to our expectation a detectable risk of asbestosis could not be observed even if logistic regression analysis was used. Nevertheless up to now 10 death cases of mesothelioma have been observed among brake repair workers. It can be ascertained by this observation, that there is a cancer risk caused by asbestos among car mechanics.

III. Etude épidémiologique faite par la médecine de travail sur les suites de l'inhalation de l'amiante chez les employés dans les services de réparation des freins après une exposition de longue durée à ce matériel

Des mesurages aux microscopes optique et électronique de la concentration des fibres ainsi que des mesurages de la poussière fine d'amiante ont été exécutés dans 119 ateliers de réparations des freins et sur des bancs d'essai des freins.

L'étude épidémiologique de coupe sur 310 mécaniciens en automobile comprenait

- l'enquête standardisée au sujet de l'anamnèse couvrant le travail, les douleurs et la maladie,
- l'examen clinique exhaustive,
- les radiographies des organes du thorax et une détermination de la fonction pulmonaire.

Des mesurages au microscope optique chez tous les individus compris dans l'étude de la concentration des fibres de $L \geq 5 \mu\text{m}$ ont été exécutés pendant les opérations du détachement des freins, de la rectification par polissage des freins et du purgement par soufflage des freins, opérations qui sont toutes des opérations limitées dans le temps. Pour les voitures particulières on a trouvé, aussi bien pendant l'opération du soufflement que pendant l'opération du polissage, le produit de la durée du prélèvement et de la concentration comme étant de 4 à 5 fois $10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ - ce qui correspond à une concentration de 4 à 5 minutes de 10^6 F/m^3 . Pour les camions et les autobus/autocars on a obtenu une moyenne de 6×10^6 , de 9×10^6 et de $10 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ pour le soufflage et le brossage, le repassage au tour et le polissage.

Les déchets de l'opération du soufflage des tambours des freins dans les ateliers automobiles contenaient de nombreuses fibres fines de $< 2 \mu\text{m}$ de longueur. D'après la microdiffraction des rayons électroniques, les fibres devaient être interprétées - pour la plupart - comme étant du chrysotil. On devait distinguer les déchets déposés dans les tambours des freins de la poussière-déchets émise directement dans l'environnement à partir des freins à disques. On a pu montrer par une série d'essais de freinage sur un banc d'essai un élèvement considérable aussi bien de la concentration des fibres de $L \geq 5 \mu\text{m}$ que de la concentration de la masse et du contenu en amiante avec l'élévation de la vitesse initiale de l'opération du freinage. La valeur estimée par l'office fédéral Allemand de la protection de l'environnement qui se situe à 0,25 % en poids pour le contenu en amiante de la poussière-déchet a pu être confirmée.

En tenant compte de l'ancienneté professionnelle on pu trouver pour les 310 mécaniciens en automobile une durée d'activité professionnelle de $\bar{x} \pm s = 21 \pm 21$ années et un dosage cumulatif des fibres de $\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{années}$. Comme il était à prévoir, on n'a pas pu démontrer des suites fibrogènes de l'inhalation de l'amiante, même pas en appliquant l'analyse de régression logistique. Toutefois, l'existence d'un certain risque de tumeurs provoqué par l'amiante a été confirmé par les décès causés par un mésothéliom observés chez des mécaniciens automobiles.

Das Projekt wurde durch den Bundesminister für Forschung und Technologie gefördert.

Dieser Bericht hat den Abschlußbericht des Forschungsvorhabens „Arbeitsmedizinisch epidemiologische Untersuchung über Asbestinhalationsfolgen bei Arbeitnehmern in Bremsendiensten nach langjähriger Exposition“ zum Inhalt.

Bearbeiter: Dr. rer. nat., Dr. hum. biol. Klaus Rödersperger
Prof. Dr. med. Hans-Joachim Weitowitz
Klinikum der Justus-Liebig-Universität
Institut und Poliklinik für Arbeits- und Sozialmedizin
6300 Gießen

Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz
Postfach 17 02 02
4600 Dortmund 1

Druck und Verlag: Wirtschaftsverlag NW
Verlag für neue Wissenschaft GmbH
Postfach 10 11 10
2850 Bremerhaven 1
Telefon (04 71) 4 60 93 - 95
Telefax 0471-42765

ISSN 0932 - 3856
ISBN 3-89 429-076-5



Kurzreferate

I.

In 119 Reparaturwerkstätten und an Bremsenprüfständen wurden licht- und elektronenmikroskopische Faserkonzentrationsmessungen sowie Asbestfeinstaubmessungen vorgenommen.

Eine epidemiologische Querschnittuntersuchung an 310 Kfz-Mechanikern umfaßte

- die standardisierte Befragung zur Arbeits-, Beschwerde- und Krankheitsanamnese,
- die eingehende klinische Untersuchung,
- Röntgenaufnahmen der Thoraxorgane und die Lungenfunktion.

Personenbezogene lichtmikroskopische Messungen der Faserkonzentration $L \geq 5 \mu\text{m}$ erfolgten während der kurzzeitigen Abdreh-, Schleif- und Ausblasvorgänge an Bremsen. An Personenwagen wurde sowohl während des Ausblasens als auch während des Schleifens das Produkt aus Probenahmedauer und Konzentration etwa zu $4 \text{ bis } 5 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ - entsprechend einer 4- bis 5-minütigen Konzentration von 10^6 F/m^3 - beobachtet. Für Lastwagen und Busse ergaben sich im Mittel 6×10^6 , 9×10^6 und $10 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$ für das Ausblasen und Ausbürsten, das Überdrehen und das Überschleifen.

Der beim Ausblasen von Bremstrommeln in Kfz-Werkstätten emittierte Abrieb enthielt zahlreiche dünne Fasern einer Länge $< 2 \mu\text{m}$. Die Fasern waren überwiegend auch von der Elektronenstrahlfeinbereichsbeugung her als Chrysotil anzusehen. Von dem in Bremstrommeln abgelagerten Abrieb war derjenige Abriebstaub zu unterscheiden, der von Scheibenbremsen unmittelbar in die Umwelt emittiert wird. In einer Serie von Bremsversuchen im Prüfstand zeigte sich ein deutlicher Anstieg sowohl der Faserkonzentration $L \geq 5 \mu\text{m}$ als auch der Massenkonzentration und des Asbestgehaltes mit der Anfangsgeschwindigkeit der Abbremsung. Der Schätzwert des Umweltbundesamtes von 0,25 Gew.-% für den Asbestgehalt des Abriebstaubes konnte bestätigt werden.

Unter Einbeziehung der Berufsanamnese ergibt sich für die 310 Kfz-Mechaniker eine mittlere Beschäftigungsdauer von $\bar{x} \pm s = 21 \pm 21$ Jahren und eine kumulative Faserdosis von $\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$. Erwartungsgemäß konnten auch fibrogene Asbestinhalationsfolgen selbst bei Anwendung der logistischen Regressionsanalyse nicht nachgewiesen werden. Dennoch wird ein asbestverursachtes Tumorrisiko durch insgesamt 10 an Kfz-Mechanikern beobachtete Mesotheliom-Todesfälle bestätigt.

Schlagwörter

Arbeitsmedizinische Untersuchung

Asbest

Bremsbelag

Kfz-Werkstatt

Inhaltsverzeichnis

Seite

	Kurzreferate	
	I. Deutsch	II
	II. Englisch	III
	II. Französisch	IV
	Inhaltsverzeichnis	V
1.	Einleitung und Fragestellung	1
2.	Material und Methoden	5
2.1	Asbestfeinstaubmessungen in Kraftfahrzeugwerkstätten	5
2.2	Klinisch anamnestische Untersuchungen	7
3.	Ergebnisse	7
3.1	Bewertung der Asbeststaubgefährdung aufgrund von Staubmessungen	7
3.1.1	Erhebungen in Kraftfahrzeugwerkstätten	7
3.1.2	Konzept der Dosismessungen	15
3.1.3	Messung der Asbestfeinstaubdosis und infrarotspektro- graphische Bestimmung des Asbestgehaltes	16
3.1.4	Faserdosismessungen im Lichtmikroskop	18
3.1.5	Erhebung der Arbeitsvorgeschichte und Bestimmung der kumulativen Faserdosis	21
3.1.6	Untersuchungen im analytischen Rastertransmissions- elektronenmikroskop (ARTEM)	26
3.1.6.1	Nachweis von Asbestfasern in Abriebstäuben	26
3.1.6.2	Asbestanalysen an Ausblasstäuben aus Bremstrommeln und an Abriebstäuben aus Bremsenprüfständen	32
3.1.6.3	Elektronenmikroskopische Faserdosismessungen am Arbeitsplatz	33
3.1.6.4	Bestimmung des Raumpegels der Asbestfaserkonzentration in Kraftfahrzeugwerkstätten	34
3.1.6.5	Analyse der Faserabmessungen	37
3.1.7	Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen	38

	Seite
3.2	Klinische Untersuchungen zum Nachweis fibrogener Asbestinhalationsfolgen 40
3.2.1	Vergleich mit einer Kontrollgruppe 40
3.2.2	Logistische Regressionsanalyse 44
4.	Diskussion 46
4.1	Retrospektive Bewertung der früheren Asbeststaubge- fährdung in Bremsendiensten 46
4.2	Abschätzung des Tumorrisikos der Kraftfahrzeugmechaniker aus den Ergebnissen der Faserstaubdosimetrie 48
4.3	Mesotheliomtodesfälle bei Kraftfahrzeugmechanikern 52
4.4	Entschädigung im Rahmen von Berufskrankheitenverfahren 55
4.5	Überwachung der Technischen Richtkonzentration und der Auslöseschwelle 56
5.	Schlußfolgerungen 59
6.	Literaturverzeichnis 63
7.	Anhang Fragebogen zur Berufsanamnese 69

1. Einleitung und Fragestellung

Die Ergebnisse des Forschungsprojektes "Arbeitsmedizinisch epidemiologische Untersuchungen über Asbestinhalationsfolgen bei Arbeitnehmern in Bremsendiensten nach langjähriger Exposition" wurden in Einzelveröffentlichungen sowie dem bisher unveröffentlichten Bericht

- Arbeitsmedizinische Querschnittuntersuchung bei langjährig Asbestfaserstaub-gefährdeten Kraftfahrzeugmechanikern

dokumentiert [14, 15, 21, 22, 23, 24, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 51]. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden nachfolgend zusammengefaßt und in ihren Konsequenzen diskutiert.

Die krebserzeugende Wirkung von Asbest kann nach heutigem Wissen nicht auf die Arbeitnehmer der eigentlichen asbestverarbeitenden Industrie beschränkt werden. Arbeitsmedizinisch ist vielmehr vordringlich zu fordern, daß auch für die Anwender asbesthaltiger Produkte die Anstrengungen zur Reduktion der Asbeststaubgefährdung am Arbeitsplatz intensiviert werden. Die Dringlichkeit dieser Aufgabe ergibt sich zunächst aus der weitaus größeren Zahl von Anwendern im Vergleich zu den bisher ca. 20.000 Arbeitnehmern in den asbestverarbeitenden Betrieben in der Bundesrepublik Deutschland [51]. Alleine 50.000 Dachdecker verarbeiten Asbestzement und ca. 250.000 Kraftfahrzeugmechaniker verwenden asbesthaltige Bremsbeläge [53]. Hinzu kommt das Problem der dezentralen, schwer überwachbaren Handhabung in tausenden von Kleinbetrieben oder gar auf Baustellen. Eine früher durchgeführte Studie hatte bei der Verarbeitung von Asbestzement auf Baustellen schwerwiegende Mängel im Arbeitsschutz und hieraus resultierende Überschreitungen der Technischen Richtkonzentration für Asbest festgestellt [51].

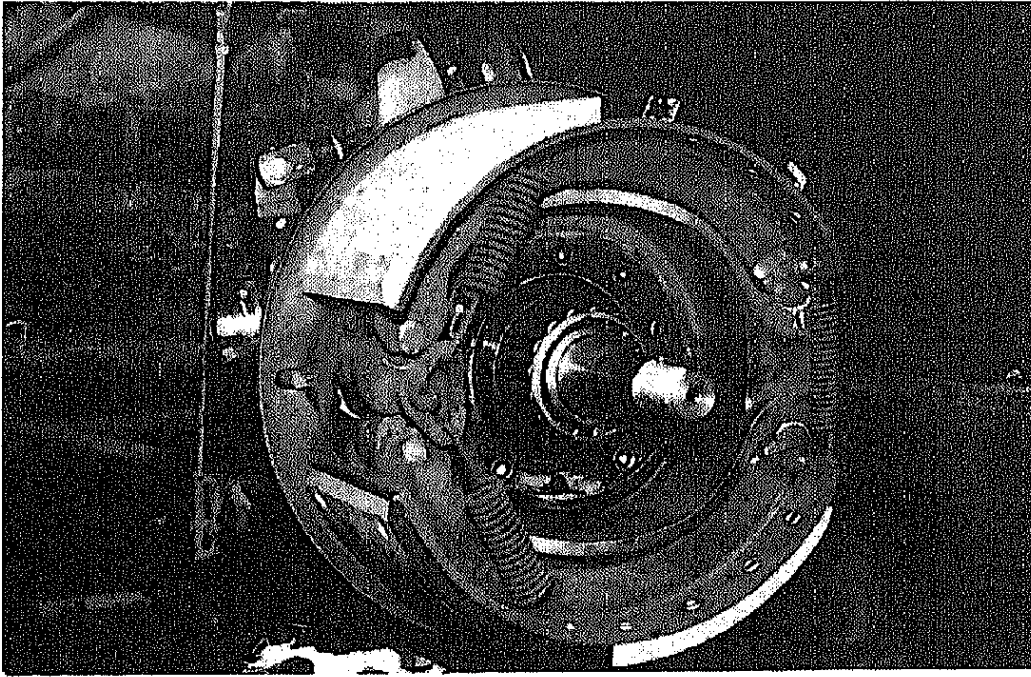


Abb. 1: Trommelbremse an einem Omnibus (das Rad und die Brems-trommel sind abgenommen).



Abb. 2: Scheibenbremse an einem Personenkraftwagen (das Rad ist abgenommen).

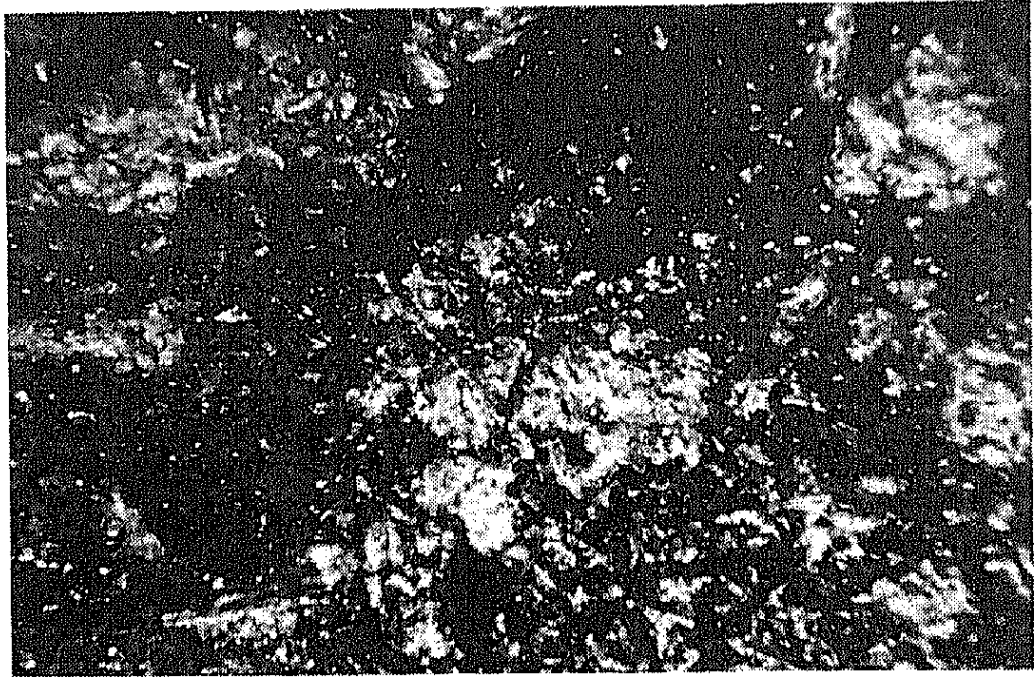


Abb. 3: Lupenvergrößerung eines Scheibenbremsbelages. Neben Asbest ist Kupfer als Bestandteil des Belagmaterials zu erkennen.

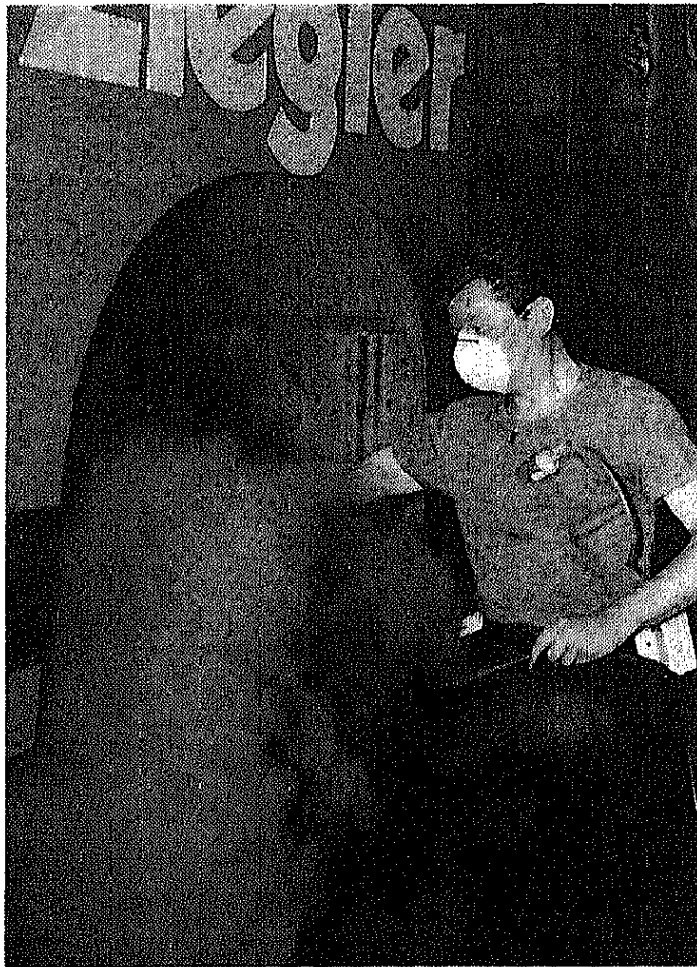


Abb. 4: Ausblasen einer Trommelbremse eines Omnibusses mit Preßluft. Für Sekunden entsteht eine dichte Wolke von asbesthaltigem Feinstaub.

In der vorliegenden "Bremsendienststudie" sollte nunmehr - ergänzend zu einer früheren Untersuchung [20, 53] hauptsächlich an Herstellern asbesthaltiger Bremsbeläge - die Anwendung dieser Produkte durch bis zu 300.000 Kraftfahrzeugmechaniker in Kraftfahrzeugwerkstätten untersucht werden, Abb. 1 - 14. Zielsetzung war die Abschätzung des Tumorrisikos der betroffenen Arbeitnehmer. Hierzu wurde auf der Ursachenseite zunächst die inhalierte Asbestfaserstaubdosis nach langjähriger Beschäftigung im Bremsendienst retrospektiv bestimmt. Auf der Wirkungsseite sollte nach Anzeichen für fibrogene Asbestinhalationsfolgen als einem weiteren Indiz für die Bewertung der Stärke der Asbeststaubgefährdung gesucht werden. Methodisch wurde daher der folgende Ansatz durchgeführt:

1. Untersuchung der Chrysotilfeinstaubkonzentration und der Chrysotilfaserkonzentration an Arbeitsplätzen im Bremsendienst [21, 22, 38, 39, 42, 43, 51].
2. Epidemiologische Querschnittsuntersuchung hinsichtlich fibrogener Asbestinhalationsfolgen nach langjähriger Asbestfaserstaub-Gefährdung bei Kraftfahrzeugmechanikern im Bremsendienst [14, 15, 31, 32].

Ein besonderes Problem dieser Risikoabschätzung ergab sich aus der Tatsache, daß in Bremsendiensten neben den Bearbeitungsstäuben von Bremsbelägen auch die aus dem Fahrbetrieb resultierenden Abriebstäube frei werden. Dies trifft etwa dann zu, wenn die Bremstrommeln mit Preßluft ausgeblasen werden. Hierbei entstehen kurzzeitig extrem hohe Spitzenkonzentrationen von asbesthaltigem Feinstaub, Abb. 4 [22, 37, 43]. Abhängig von der Konstruktion der Bremsen und der Intensität der Bremsvorgänge werden in diesen Abriebstäuben nur noch feinste Fasern mit den Abmessungen von Elementarfibrillen gefunden. Sie sind mit den herkömmlichen Nachweismethoden für Asbest, nämlich der Infrarotspektroskopie, der Röntgenbeugung und der Lichtmikroskopie, nicht mehr erfaßbar. Die Beurteilung derartiger Feinstfasern kann daher nur mit dem analytischen Rastertransmissionselektronenmikroskop (ARTEM) erfolgen, welches neben dem Auffinden und dem Bestimmen der Abmessungen auch die mineralogische Analyse

- anhand des morphologischen Erscheinungsbildes,
- durch die Elektronenstrahlfeinbereichsbeugung und
- durch das aus der induzierten Röntgenstrahlung abgelesene Elementspektrum

erlaubt [22, 37]. Hierbei ist es von besonderem Interesse, daß bei einem Asbestverbrauch von zeitweise mehr als 10 000 000 kg pro Jahr für Reibbeläge auch die Beurteilung der Emission von Abriebstäuben in die Umwelt von erheblicher nationaler Bedeutung ist. Zusätzlich zu den Untersuchungen am Arbeitsplatz wurden daher auch gezielte Prüfstandversuche zur Abschätzung der Asbestemis-

sion in die Umwelt durchgeführt [37]. Schließlich konnte auch aufgrund von Vorarbeiten im Rahmen eines anderen vom BMFT geförderten Forschungsprojektes erstmalig eine Abschätzung des im Bremsabriebstaub enthaltenen Anteils an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen erfolgen [23, 24].

2. Material und Methoden

2.1 Asbestfeinstaubmessungen in Kraftfahrzeugwerkstätten

Staubprobenahmen erfolgten insgesamt 119 mal in 93 Kraftfahrzeugwerkstätten für Pkw, Lkw, Bus und Sonderfahrzeuge [38, 39] sowie 3mal an Maschinenbremsen und 5mal in Bremsprüfständen [37].

Die Auswahl der Werkstätten innerhalb von Hessen sowie im Raum Würzburg erfolgte unter Mithilfe der

- Südwestlichen Eisen- und Stahl-Berufsgenossenschaft und der
- Gewerbeaufsicht.

Neben der prinzipiellen Einverständnis mit der Durchführung von Messungen war speziell in Kleinbetrieben die kurzfristige Bekanntgabe anstehender Bremsenreparaturen erforderlich. Stets mußten daher zahlreiche Telefonate geführt werden, bis eine Messung möglich war. Aus diesen angesprochenen Werkstätten wurde nachfolgend auch ein großer Teil der Kraftfahrzeugmechaniker für die klinisch anamnestischen Untersuchungen gewonnen.

Beaufschlagt wurden Nucleporefilter zur elektronenmikroskopischen Auswertung.

Die Probenahme erfolgte

- personenbezogen zur Erfassung der Staubkonzentration im Atembereich der Beschäftigten über die gesamte Gefährdungsdauer,
- stationär zur Erfassung größerer Staubmengen für die Schadstoffanalyse gravimetrischer Messungen sowie zur elektronenmikroskopischen Bestimmung des für "Bystander"-Tätigkeiten anderer Kraftfahrzeugmechaniker maßgebenden Raumpegels sowie
- als Sondenmessungen nur während der stauberzeugenden Tätigkeit zur Erfassung der während dieser Tätigkeiten kurzzeitig auftretenden Spitzenkonzentration.

Während der Probenahme wurden stets auch standardisierte Erhebungen zu den räumlichen Gegebenheiten, der personellen und gerätetechnischen Ausstattung der Werkstatt sowie den üblichen Arbeitsverfahren durchgeführt [21, 22, 38].

Die Auswertung der Filter erfolgte im Lichtmikroskop nach den Regeln der AIA [1] und bei gravimetrischen Messungen mit Hilfe der Infrarotspektroskopie [41]. (Lichtmikroskopisch werden stets Fasern $L > 5 \mu\text{m}$ gezählt. Die Möglichkeit der Identifizierung als Asbestfasern besteht hierbei nicht. Elektronenmikroskopisch werden demgegenüber Fasern aller Längen L und Fasern mit $L \geq 5 \mu\text{m}$ gezählt, ferner Asbestfasern (Chrysotil) und sonstige Mineralfasern unterschieden.) Faserkonzentrationsmessungen im Elektronenmikroskop erfolgten im Rastertransmissionsbetrieb

- bei 6.300-facher Vergrößerung zur sicheren Erfassung der Fasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ und
- bei 29.000-facher Vergrößerung zur sicheren Erfassung der Fasern aller Längen.

Bei späteren Messungen wurde auch das für die Lungenstaubfaseranalyse entwickelte Verfahren der

- Transmissionselektronenmikroskopie bei 10.000-facher Vergrößerung verwendet, das sowohl für Fasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ als auch für Fasern aller Längen noch geeignet ist und zu einer erheblichen Zeiteinsparung bei der Analyse schwach belegter Filter führt [27, 38].

Hinsichtlich der Erkennbarkeit dünner Fasern wurden die elektronenmikroskopischen Methoden untereinander und gegen die rasterelektronenmikroskopische VDI-Methode geprüft. Dabei zeigte sich, daß alle 3 Auswertemethoden die Fasern einer Länge $L \geq 5 \mu\text{m}$ vollständig erfassen, während nach der VDI-Methode nur etwa 50% dieser Fasern nachgewiesen werden.

Die mineralogische Klassierung der Fasern erfolgte

- durch die morphologische Bewertung des Transmissionsbildes,
- die energiedispersive Röntgenspektroalanalyse und
- die Elektronenstrahlfeinbereichsbeugung

in die Faserklassen

- Chrysotil
- sonstige Mineralfasern und
- Gips.

Außerdem wurden routinemäßig die Faserabmessungen und die Elementlisten dokumentiert.

2.2 Klinisch anamnestische Untersuchungen

An einer Stichprobe von $n=310$ Mechanikern aus insgesamt 70 Kraftfahrzeugwerkstätten mit Bremsendiensten für Pkw, Lkw, Omnibusse und Flurförderfahrzeuge wurden klinisch anamnestische Untersuchungen durchgeführt [14, 15, 32]. Das anamnestische Programm umfaßte die standardisierte Erhebung der Berufsvorgeschichte und der Asbeststaubgefährdung speziell in Bremsendiensten sowie die anamnestische Fahndung nach Hinweisen auf ein chronisch-unspezifisches respiratorisches Symptom (CURS), den Rauchgewohnheiten und Vorerkrankungen des pulmokardialen Systems [10]. Die klinische Untersuchung berücksichtigte vor allem Befunde der Atemwege und der Lungen sowie des Herz-Kreislaufsystems in Anlehnung an die Untersuchungsrichtlinien des berufsgenossenschaftlichen Grundsatzes für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen "Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub, Teil II: Asbesthaltiger Staub" [6]. Stets wurde vom Thorax eine großformatige Aufnahme in Hartstrahltechnik angefertigt. Daneben konnten die wesentlichen lungenfunktionsanalytischen Parameter bestimmt werden. Die Röntgenbilder wurden standardisiert nach der internationalen Staublungenklassifikation (ILO 1980, Bundesrepublik) befundet [52].

Als Kontrollgruppe für die Röntgenbefundung dienten $n=162$ Männer, deren Arbeitsvorgeschichte keine Hinweise auf eine bisher ausgeübte staubgefährdende Tätigkeit enthielt. Weiterhin standen $n=180$ Kraftfahrzeugmechaniker zur Verfügung, deren Röntgenbild im Rahmen der Zweitbeurteilung bei arbeitsmedizinischen Vorsorgeuntersuchungen nach dem Grundsatz G 1.2 codiert worden war. Durch Versand des Fragebogens war es möglich, bei $n=90$ dieser Mechaniker die standardisierte Berufsvorgeschichte beizuziehen.

3. Ergebnisse

3.1 Bewertung der Asbeststaubgefährdung aufgrund von Staubmessungen

3.1.1 Erhebungen in Kraftfahrzeugwerkstätten

In den Werkstätten wurden im Mittel mehr als 10 Mechaniker angetroffen, von denen meist 1-2 im Bremsendienst tätig waren, Tab. 1. Während der Probenahmedauer von ca. 150 Minuten wurden in Pkw-Werkstätten im Mittel etwa 2 und in Lkw-Werkstätten 1 Fahrzeug bearbeitet. Einen Überblick zu den in 76 Kraftfahrzeug-Werkstätten angetroffenen asbeststaubgefährdenden Arbeitsverfahren gibt Tab. 2. In 36 Pkw-Werkstätten wurde als stauberzeugende Tätigkeit

- 15mal das Ausblasen von Bremstrommeln, zum Teil jedoch mit Absaugglocke, und
- 20 mal das Überschleifen von Trommelbremsbelägen, stets mit Absaugung, beobachtet, vgl. Tab. 2 sowie Abb. 5-8 [38]. Siebzehn der für das Überschleifen verwendeten Absauganlagen gaben einen Teil der eingesaugten Asbestfasern wieder an die Raumluft ab, da sie nur mit einem Grobstaubfilter versehen waren. In 40 Bus- und Lkw- Werkstätten wurden
- 19mal die Bremstrommeln ausgeblasen,
- 4mal Trommelbremsbeläge mit der Maschine überschleifen und
- 34mal Trommelbremsbeläge am Fahrzeug oder stationär überdreht.

Tab. 1: Erhebungen in Kraftfahrzeug-Werkstätten während der Probenahme (n = 114).

Erhebungen in Kfz-Werkstätten		
	Pkw n = 52 $\bar{x} \pm s$	Lkw, Bus n = 62 $\bar{x} \pm s$
Probenahmedauer [min]	147 $\pm$ 81	157 $\pm$ 100
Mechaniker insgesamt	12 $\pm$ 10	13 $\pm$ 15
davon mit Bremsen- reparaturen beschäftigt	1 $\pm$ 1	2 $\pm$ 1
Fahrzeuge mit Bremsen- reparaturen	2 $\pm$ 2	1 $\pm$ 1

Tab. 2: Häufigkeit asbeststaubgefährdender Arbeitsverfahren in Bremsendiensten von 76 Kraftfahrzeug-Werkstätten.

	Pkw (n = 36)	Lkw, Bus Anhänger (n = 40)
Ausblasen	15 (8) ^{a)}	19 (10) ^{a)}
Überschleifen	20 (20) ^{a,b)}	4 (3) ^{a)}
Überdrehen	-	34 (11) ^{a)}
a) Davon mit Absaugvorrichtung.		
b) 17 Schleifgeräte nur mit Absaugung für Grobstaub.		

Elf der Überdrehvorrichtungen waren mit einer Absaugung versehen, vgl. Tab. 1 und Abb. 4 sowie Abb. 9-13.



Abb. 5: Ausblasen der Trommelbremse eines Pkw. Ausblasen der auf der Radachse sitzenden Bremsbeläge.



Abb. 6: Ausblasen der Trommelbremse eines Pkw. Ausblasen der auf dem Rad sitzenden Bremstrommel.



Abb. 7: Ausblasen der Bremsanlage eines Pkw bei Verwendung einer Absaugglocke.

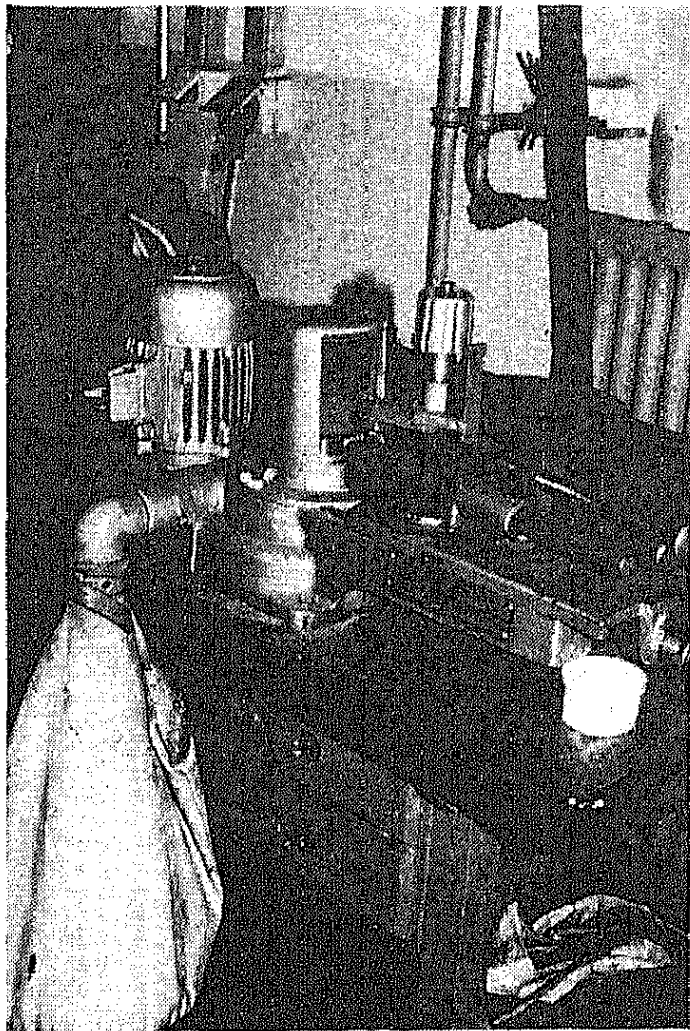


Abb. 8: Bremsbelag-Schleifmaschine mit Absaugung. Der Feinstaubanteil wird von dem Filtersack nur unzureichend zurückgehalten. Maschine und Werkbank sind mit Schleifstaub bedeckt. Der Chrysotilgehalt dieses Staubes beträgt 22 Gew.-%.

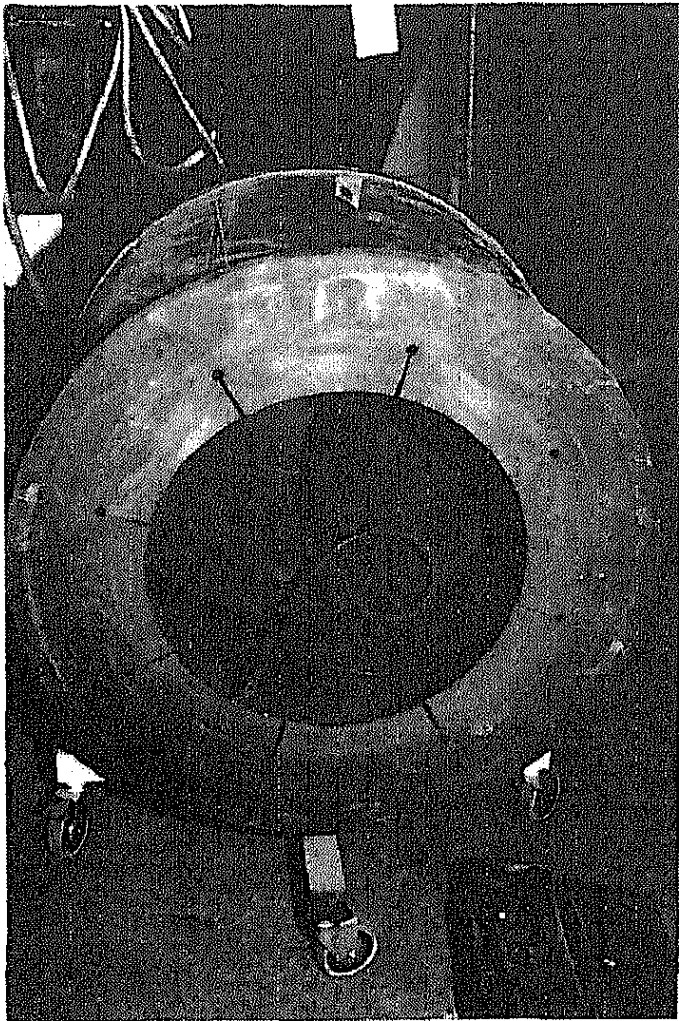


Abb. 9: Fahrbare Absaugglocke für das Ausblasen der Trommelbremsen von Lkw und Bus.



Abb. 10: Abgeschiedener Abriebstaub im Auffangbehälter eines Staubsaugers. Die Entsorgung dieses Abriebstaubes muß als kritisch angesehen werden.

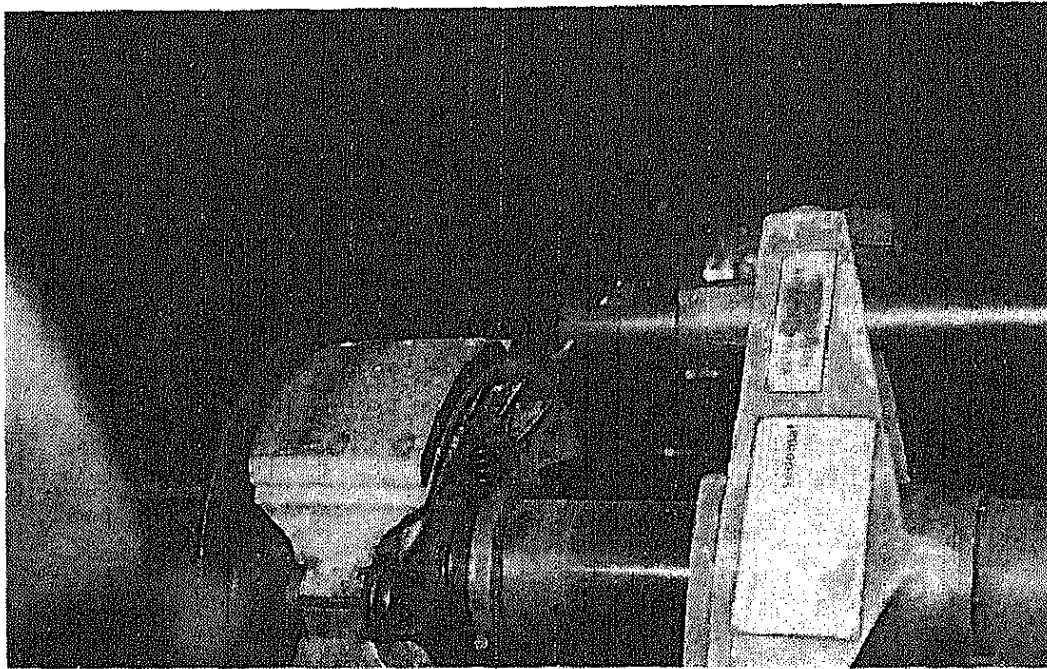


Abb. 11: Überdrehen von Lkw-Bremsbelägen auf der Fahrzeugachse mit einem motorgetriebenen Gerät. Es werden überwiegend grobe Späne emittiert.

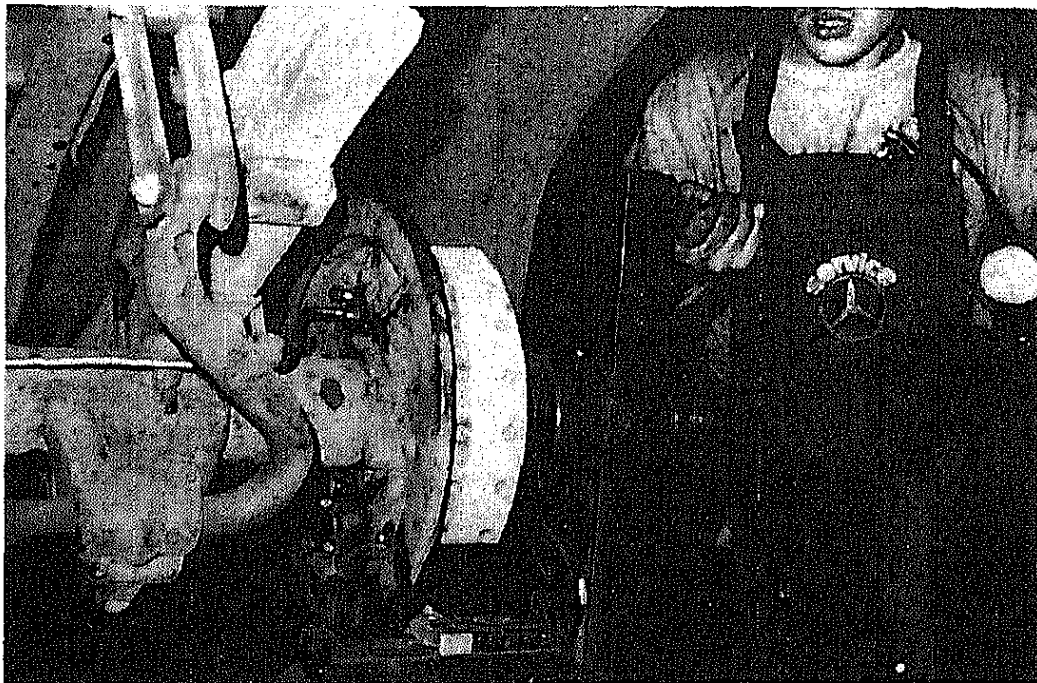


Abb. 12: Runddrehen von Bremsbelägen auf der Achse eines kleineren Lastkraftwagens mit einem handbetriebenen Apparat ohne Absaugung. Der Mechaniker trägt ein Probenahmegerät zur Ermittlung der Feinstaubmassenkonzentration.

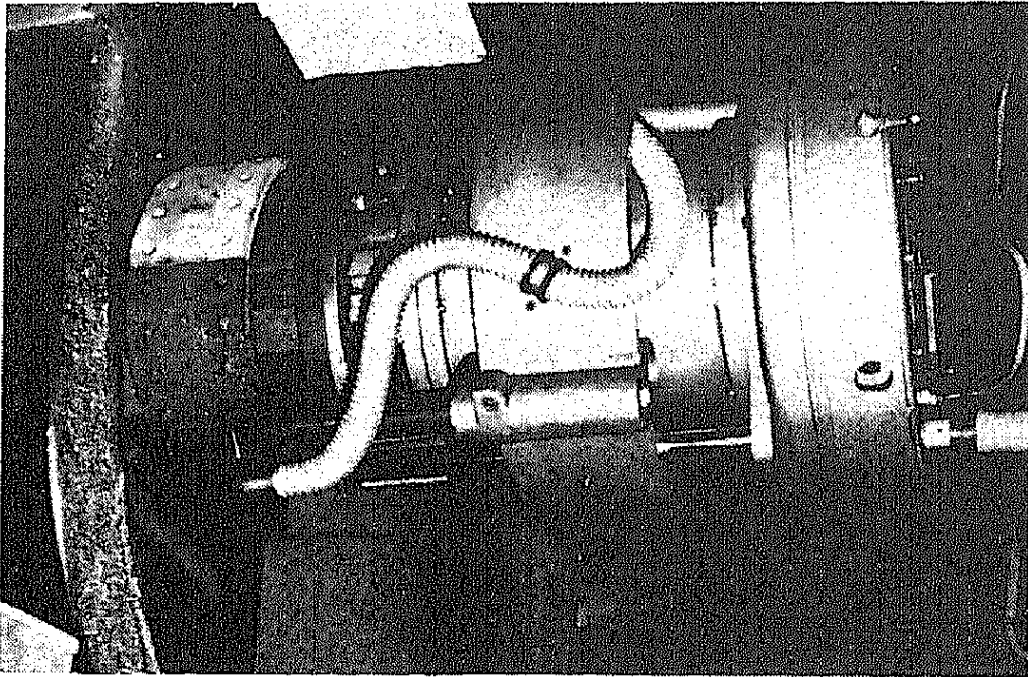


Abb. 13: Bremsbelag-Runddrehmaschine mit einer umlaufenden Staubabsaugung direkt am Drehstahl. Trotz der aufwendigen Konstruktion fallen Späne auf das am Boden ausgelegte Papier.

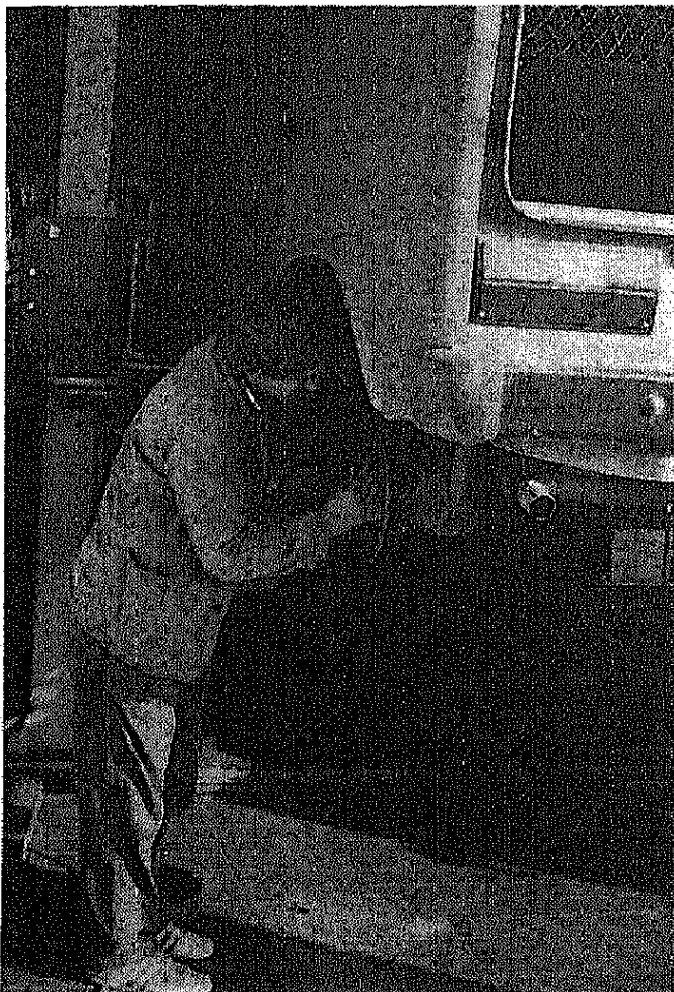


Abb. 14: Trommelbremsbeläge eines Transporters werden von Hand mit Schmirgelleinen überschliffen.

Tab. 3: Erhebungen zur Zeitdauer stauberzeugender Arbeitsvorgänge in Bremsendiensten. Dauer verschiedener während der Probenahmen beobachteter Arbeitsvorgänge in Pkw- und Lkw-Werkstätten.

Arbeitsvorgang	Zeitdauer min $\bar{x} \pm s$			
	n	Pkw	n	Lkw, Bus
Ausblasen	29	2,39 $\pm$ 2,46	18	6,86 $\pm$ 7,16
Ausbürsten, Auspinseln	31	2,94 $\pm$ 2,25	11	16,36 $\pm$ 5,52
Abnieten	10	10,70 $\pm$ 6,33	12	24,58 $\pm$ 24,91
Aufnieten	11	13,36 $\pm$ 4,52	20	27,30 $\pm$ 19,49
Überschleifen mit Gerät	14	5,43 $\pm$ 3,14	4	16,75 $\pm$ 23,80
Überschleifen von Hand	28	1,77 $\pm$ 1,95	4	8,50 $\pm$ 8,06
Überdrehen	1	1	52	32,00 $\pm$ 17,86
Ausblasen nach dem Überdrehen	2	1	14	0,89 $\pm$ 0,29

Charakteristisch sind ein unregelmäßiger Arbeitsanfall sowie kurzzeitige, nur Minuten dauernde, stauberzeugende Tätigkeiten, Tab. 3. So wurde während der Probenahmen der Zeitanteil für das Ausblasen auf ca. 2 Minuten für Pkw und auf ca. 7 Minuten für Lkw und Bus geschätzt. Das Überschleifen von Pkw-Trommelbremsen dauert ebenfalls nur etwa 5 Minuten und ca. 17 Minuten gemittelt über 4 beobachtete Arbeitsvorgänge in Lkw- und Bus-Werkstätten. Ausschlaggebend war hierbei 1 Werkstatt, in der an einem Bus die 4 Bremsbacken einer Achse insgesamt 52 Minuten lang überschleift wurden. Hinzu kommt bei Pkw- und Lkw-Bremsen das gelegentliche, minutenlange Überschleifen mit Schmirgelleinen von Hand, vgl. Abb. 14. Für das Überdrehen der Bremsbeläge von Lkw- und Busbremsen kann eine Zeitdauer von etwa 30 Minuten veranschlagt werden. Es war notwendig, diese kurzzeitige, diskontinuierliche Asbeststaub-Gefährdung in der Meßstrategie zu berücksichtigen.

3.1.2 Konzept der Dosismessungen

Hauptziel der Faserkonzentrationsmessungen ist die Abschätzung der kumulativen Asbestfaserdosis. Unter dieser Dosis verstehen wir das Produkt aus der Faserkonzentration pro m³ der Atemluft, gemittelt über die Schichten des Beschäftigungsverhältnisses mit Asbeststaubgefährdung, multipliziert mit der Dauer der Asbeststaubgefährdung. Hierzu müssen die Ergebnisse von Asbestfaserkonzentrationsmessungen in der Luft von Kraftfahrzeugwerkstätten mit den anamnестischen Angaben der Kraftfahrzeugmechaniker verknüpft werden [38, 39]. Die Bestimmung der mittleren Faserkonzentration während einer Schicht ist wegen der unregelmäßigen und diskontinuierlichen Arbeitsweise mit lediglich kurzzeitiger

Asbeststaubgefährdung, die meist nur 1mal für wenige Minuten auftritt, äußerst problematisch. Faserkonzentrationsmessungen überdecken im allgemeinen diese Zeiten der Asbeststaubgefährdung vollständig. Abhängig von der Probenahme-Dauer über Minuten oder aber über Stunden kann der gemessene Konzentrationswert willkürlich sehr hoch oder aber sehr niedrig sein. Ein besseres Maß für die Zahl der während eines stauberzeugenden Arbeitsvorgangs emittierten Fasern ergibt sich jedoch aus dem Produkt der den Vorgang vollständig überdeckenden Probenahmedauer und der über diese Zeitspanne gemessenen Konzentration. Die Ergebnisse zeigen, daß dieses Produkt, welches einer Faserdosis mit der Maßeinheit

$$[\text{Fasern/m}^3 \times \text{Minute}]$$

entspricht, von der Probenahme-Dauer weitgehend unabhängig ist [21, 38, 39]. Es war daher erforderlich, sowohl durch Faserkonzentrationsmessungen als auch durch Asbestfeinstaubmessungen am Arbeitsplatz die mittleren Faserdosen bzw. Feinstaubdosen charakteristischer stauberzeugender Arbeitsvorgänge zu bestimmen. Entsprechend war über die Anamnese Art und Häufigkeit dieser Arbeitsvorgänge zu erfragen. Die kumulative Asbestfaserdosis für ein Beschäftigungsverhältnis läßt sich dann als Summe der Staubdosen einzelner Arbeitsvorgänge berechnen [38, 39].

3.1.3 Messung der Asbestfeinstaubdosis und infrarotspektrographische Bestimmung des Asbestgehaltes

Infrarotspektrographisch wurde der Chrysotilgehalt von 18 handelsüblichen Bremsbelägen auf $\bar{x} \pm s = 30 \pm 11$ Gewichts-% bestimmt [21, 22]. Entsprechend ergab sich in 9 Dreh- und Schleifstäuben von Trommeibremsbelägen sowie in dem Schleifstaub von einer Scheibenbremse als mittlerer Chrysotilgehalt

$$\bar{x} \pm s = 33 \pm 13 \text{ Gewichts-\%}.$$

Demgegenüber erbrachte die infrarotspektrographische Analyse von Bremsabriebstäuben im allgemeinen keinen meßbaren Chrysotilanteil. Lediglich für den in der Bremstrommel eines Anhängers beobachteten Abriebstaub sowie für den aus einem Prüfstandversuch gewonnenen Abrieb eines "Rally"-Schelbenbremsbelages wurden Chrysotilgehalte von 7,8 und 3,4 Gewichts-% erhalten [21].

Auch die infrarotspektrographische Bestimmung des Chrysotilgehaltes in Feinstäuben aus der Arbeitsplatzluft der Kraftfahrzeugmechaniker ist schwierig. Stationäre Probenahmen können unter normalen Arbeitsbedingungen bei minutenlangen stauberzeugenden Tätigkeiten an wechselnden Standorten nur bedingt ausgeführt werden. Auch liefern sie niedrigere Werte als personenbezogene Probenahmen [21]. Personenbezogene Messungen mit tragbaren Probenahmegeräten liefern Feinstaubdosiswerte von

$\bar{x} \pm s = (71 \pm 33) \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$ und

im Median $69 \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$

für 7 Messungen in Pkw-Werkstätten [21]. Für 21 Messungen in Bus- und Lkw-Werkstätten wurden Dosiswerte von

$\bar{x} \pm s = 89 \pm 63 \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$ und

im Median $79 \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$

bestimmt [21]. Für die z.B. in den Lkw-Werkstätten jeweils beobachteten Arbeitsvorgänge

- der Montage
- des Ausblasens oder Ausbürstens und
- des Überdrehens

entspricht dieser Dosiswert z.B. einer Konzentration von 1 mg Feinstaub pro m^3 Atemluft über eine Zeitdauer von 89 Minuten. Die tatsächliche Zeitdauer betrug 4-60 Minuten für die stauberzeugenden Tätigkeiten und 11-187 Minuten für die Probenahme. Bei einer maximalen Filterbelegung von $440 \mu\text{g}$ und einer Nachweisgrenze von etwa $100 \mu\text{g}$ ergaben sich bereits 25% der Ergebnisse unterhalb der Nachweisgrenze der gravimetrischen Feinstaubbestimmung. Eine infrarotspektrographische Analyse des Asbestgehalts erfolgte bei Filtern mit mindestens ca. $400 \mu\text{g}$ Belegung. Bei einem Filter mit $392 \mu\text{g}$ Abdreh- und Ausblasstaub, entsprechend einer Feinstaubdosis von $206 \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$ ergab sich ein Chrysotilgehalt im Bereich der Nachweisgrenze von $20 \mu\text{g}$, entsprechend ca. 5 Gewichts-% der Filterbelegung. Mit diesem Chrysotilgehalt würde sich demnach eine Asbestfeinstaubdosis von ca. $10 \text{ mg/m}^3 \times \text{Minute}$ ergeben. Dieser Wert entspricht einer Konzentration von

- $0,2 \text{ mg}$ Chrysotilfeinstaub pro m^3 Atemluft während der Dauer des Abdrehens und anschließenden Ausblasens von 47 Minuten

sowie einer Konzentration von

- $0,09 \text{ mg}$ Chrysotilfeinstaub pro m^3 Atemluft während der Probenahmedauer von 116 Minuten.

Da weitere Arbeiten, die zu einer Asbeststaubgefährdung hätten führen können, an diesem Tage nicht durchgeführt wurden, lag auch dieser Schichtmittelwert hochgerechnet für 480 Minuten mit $0,02 \text{ mg/m}^3$ unterhalb der Technischen Richtkonzentration von $0,05 \text{ mg/m}^3$ für Chrysotilfeinstaub.

3.1.4 Faserdosismessungen im Lichtmikroskop

In internationalen epidemiologischen Studien an asbeststaubgefährdeten Arbeitnehmern beruht die Erfassung der Asbeststaubgefährdung im allgemeinen auf lichtmikroskopischen Konzentrationsmessungen der Fasern einer Länge $L > 5 \mu\text{m}$. Die Technische Richtkonzentration für Chrysotilfeinstaub wurde daher mit

$$1 \times 10^6 \text{ Fasern/m}^3$$

auch als Faserkonzentration bei lichtmikroskopischer Messung von Fasern $L > 5 \mu\text{m}$ definiert. Speziell für die beabsichtigte Abschätzung des Tumorrisikos aufgrund von internationalen Dosis-Häufigkeitsuntersuchungen ist diese lichtmikroskopische Faserkonzentrationsmessung als das geeignete Maß anzusehen. Auch hier war es jedoch wegen des unregelmäßigen, diskontinuierlichen Arbeitsablaufes und der kurzen Dauer stauberzeugender Tätigkeiten zweckmäßig, die mittleren Faserdosen einzelner interessierender Arbeitsvorgänge zu bestimmen. Auch diese Asbestfaserdosis erwies sich als eine von der Probenahmedauer weitgehend unabhängige Meßgröße, Tab. 4 [22, 38]. Grundlage des Versuches zur Bestimmung der kumulativen Faserdosis der Kraftfahrzeugmechaniker in Bremsendiensten waren 86 Probenahmen, die jeweils etwa zur Hälfte in Pkw- sowie in Lkw- und Buswerkstätten erfolgten, Tab. 5. Weiterhin waren diese Meßergebnisse in die stauberzeugenden Tätigkeiten

- Ausblasen,
- Ausbürsten, Auspinseln,
- Abnieten, Aufnieten,
- Überschleifen von Hand,
- Überschleifen mittels Maschine,
- Überdrehen sowie
- Kombinationen

aufgegliedert. Die Probenahmedauer überdeckte jeweils den stauberzeugenden Arbeitsvorgang. Sie reicht von < 3 bis zu 219 Minuten. Die für die einzelnen Arbeitsvorgänge im Mittel bestimmten Asbestfaserdosen für Fasern einer Länge $L > 5 \mu\text{m}$ betragen zwischen $3,8 \times 10^6 \text{ Fasern/m}^3 \times \text{Minuten}$ und $9,9 \times 10^6 \text{ Fasern/m}^3 \times \text{Minuten}$. Hierbei wurde regelmäßig für Pkw eine niedrigere Faserdosis als für Lkw und Busse beobachtet. So werden in Lkw- und Buswerkstätten für 7 Messungen beim Auf- und Abnieten, für 4 Messungen beim Überschleifen und für 21 Messungen beim Überdrehen jeweils Faserdosen zwischen ca. 9 und $10 \times 10^6 \text{ Faser/m}^3 \times \text{Minute}$ beobachtet. Demgegenüber sind bei Einhaltung der

Technischen Richtkonzentration für Chrysotil bis zu 480×10^6 Faser/m³ x Minute je Arbeitsschicht zugelassen.

Tab. 4: Faserkonzentration und Faserdosis während asbeststauberzeugender Arbeitsverfahren in Kfz-Bremssendiensten bei personenbezogener Probenahme ($n = 101$) im Atembereich der Beschäftigten.

Kfz-Bremssendienste: Faserkonzentration ^{*)} und Faserdosis			
Probenahmedauer [min]	n	Faserkonzentration [$\times 10^6$ F/m ³] $\bar{x} \pm s$	Faserdosis [$\times 10^6$ F/m ³ x min] $\bar{x} \pm s$
$t \leq 3$	14	$5,5 \pm 5,8$	$4,8 \pm 4,8$
$3 < t \leq 30$	20	$0,47 \pm 0,48$	$4,6 \pm 4,9$
$30 < t \leq 60$	24	$0,09 \pm 0,06$	$3,7 \pm 2,5$
$t > 60$	43	$0,08 \pm 0,07$	$7,4 \pm 5,5$
^{*)} $L > 5 \mu\text{m}$, Phako-LM 500x			

Tab. 5: Asbestfaserdosis während stauberzeugender Arbeitsverfahren in Kfz-Bremssendiensten bei personenbezogener Probenahme ($n = 86$). In der Regel wurden die Bremsen an einem Fahrzeug, meist an einer Achse, überholt. Die Standardabweichungen entsprechen größenordnungsmäßig den Mittelwerten.

Kfz-Bremssendienste: Asbestfaserdosis ^{*)} [$\times 10^6$ F/m ³ x min]				
	Pkw		Lkw, Bus Anhänger	
	n=40	$\bar{x}$	n=46	$\bar{x}$
Ausblasen	5	4,7	8	5,3
Ausbürsten, Auspinseln	6	4,0	1	9,3
Abnieten, Aufnieten	-	-	7	9,0
Überschleifen von Hand	5	3,9	-	-
Überschleifen mit Maschine	10	3,9	4	9,9
Überdrehen	-	-	21	8,6
Kombinationen	14	3,8	5	4,4
^{*)} Faserkonzentration x Probenahmedauer ($L > 5 \mu\text{m}$, Phako-LM)				

Tab. 6: Arbeitsvorgeschichte von 210 Kraftfahrzeug-Mechanikern. Auswertung von 459 Beschäftigungsverhältnissen mit Asbeststaubgefährdung hinsichtlich des Anteiles der Stellen mit Bremsenreparaturen - spezifiziert nach der Fahrzeugart - und mit Kupplungsreparaturen. Als quantitativer Parameter für das Maß der Asbeststaubgefährdung ist die mittlere Zahl der reparierten Fahrzeuge/Woche angegeben.

Arbeitsvorgeschichte von Kraftfahrzeugmechanikern Beschäftigungsverhältnisse mit Asbeststaubgefährdung *)			
	n **)	% *)	Zahl der Fahrzeuge je Woche $\bar{x} \pm s$
<u>Bremsenreparaturen</u>			
Pkw	275	60	4,6 ± 4,6
Lkw, Bus	209	46	2,6 ± 3,9
Sonstige Fahrzeuge	32	7	3,7 ± 5,0
<u>Kupplungsreparaturen</u>	278	61	1,8 ± 2,0
*) %-Anteil der 459 Beschäftigungsverhältnisse von 210 Kraftfahrzeugmechanikern. 33 Kraftfahrzeugmechaniker waren ausschließlich als "Bystander" gefährdet. **) Anzahl der Beschäftigungsverhältnisse mit Bremsen- und Kupplungsreparaturen.			

Tab. 7: Arbeitsvorgeschichte von 210 Kraftfahrzeug-Mechanikern. Auswertung von 459 Beschäftigungsverhältnissen mit Asbeststaubgefährdung hinsichtlich der Art der persönlich ausgeführten stauberzeugenden Tätigkeiten. Es erfolgt eine Klassierung nach dem Werkstatt-Typ.

Arbeitsvorgeschichte von Kraftfahrzeugmechanikern			
Werkstatttyp Beschäftigungsverhältnisse *) n	Pkw	Lkw, Bus	Pkw u. Lkw, Bus
	198	133	78
Anteil der n Beschäftigungsverhältnisse mit Ausführung der angegebenen Arbeitsvorgänge [%]			
Ausblasen	76	75	83
Ausbürsten, Auspinseln	59	54	59
Abnieten, Aufnieten	86	93	87
Überschleifen von Hand	75	56	55
Überschleifen mit Maschine	32	25	36
Überdrehen	6	64	42
Zuschneiden, Bohren	14	11	26
*) 409 Beschäftigungsverhältnisse der 210 Kraftfahrzeugmechaniker. In 50 weiteren Beschäftigungsverhältnissen reparierten die Kraftfahrzeugmechaniker nicht selbst Pkw-, Lkw- oder Busbremsen (n = 17) oder waren sogar ausschließlich als "Bystander" gefährdet (n = 33).			

3.1.5 Erhebung der Arbeitsvorgeschichte und Bestimmung der kumulativen Faserdosis

Aufgrund der Erfahrungen in Kraftfahrzeugwerkstätten wurde ein standardisierter Fragebogen zum Tätigkeitsspektrum der Mechaniker in Bremsendiensten von Kraftfahrzeugwerkstätten entwickelt [14, 38, 39]. Mit Hilfe dieses Befragungsinstrumentes wurde zunächst für 210 Kraftfahrzeugmechaniker mit langjähriger Gefährdung durch Bearbeitungs- und Abriebstäube asbesthaltiger Bremsbeläge die Arbeitsvorgeschichte erhoben. Insgesamt ließen sich hierbei 459 Beschäftigungsverhältnisse mit Asbeststaubgefährdung ermitteln. In 60% der Beschäftigungsverhältnisse wurden Bremsreparaturen an Pkw ausgeführt und zwar durchschnittlich an $\bar{x} \pm s = 4,6 \pm 4,6$ Fahrzeugen pro Woche, Tab. 6. In 46% Beschäftigungsverhältnissen mit Lkw-Reparaturen wurden $\bar{x} \pm s = 2,6 \pm 3,9$ Fahrzeuge je Woche angegeben. Außerdem erfolgten in 61% der Anstellungen auch Kupp-

lungsreparaturen und zwar an $1,8 \pm 2,0$ Fahrzeugen pro Woche. Aus den ebenfalls vorliegenden Angaben zu den je Fahrzeug ausgeführten stauberzeugenden Arbeitsvorgängen (Tab. 7) kann mit Hilfe der ebenfalls auf diese Arbeitsvorgänge bezogenen Meßergebnisse eine Faserdosis je Fahrzeug als Summe der Einzeldosen je Arbeitsvorgang angegeben werden. Bei der Aufsummation über die Dauer aller Beschäftigungsverhältnisse eines Kraftfahrzeugmechanikers ergibt sich dann dessen kumulative Asbestfaserdosis. Hierbei ist die Umrechnung der Doseinheit Faser/m³ x Minute in die Doseinheit Faser/m³ x Jahre durchzuführen. Der Umrechnungsfaktor resultiert aus der Annahme von 240 Arbeitstagen im Jahr mit je 480 Minuten Dauer.

Für die 210 zunächst untersuchten Kraftfahrzeugmechaniker [38, 39] ergibt sich eine kumulative Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ von

$$\bar{x} \pm s = (0,54 \pm 1,1) \times 10^6 \text{ Faser/m}^3 \times \text{Jahre}$$

sowie

im Median $0,30 \times 10^6 \text{ Faser/m}^3 \times \text{Jahre}$.

Die Endauswertung an den 310 poliklinisch untersuchten Kraftfahrzeugmechanikern ergab im Vergleich dazu eine kumulative Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ von

$$\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ Fasern/m}^3 \times \text{Jahre}$$

sowie

im Median $0,33 \times 10^6 \text{ Fasern/m}^3 \times \text{Jahre}$, Abb. 15.

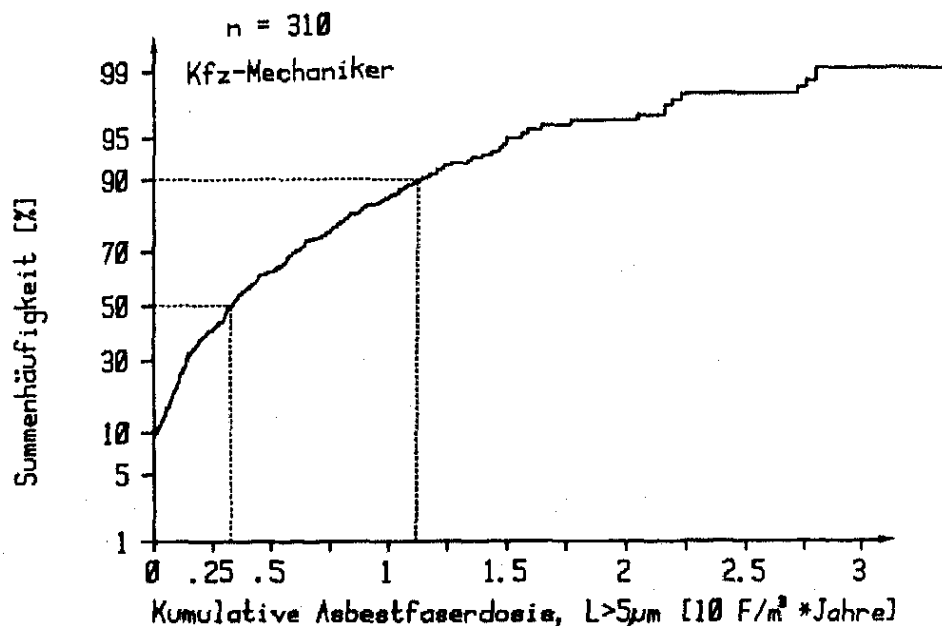


Abb. 15: Summenhäufigkeitsverteilung der kumulativen Asbestfaserstaubdosis von $n = 310$ Kfz-Mechanikern. Der Median beträgt $0,3 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$, $L > 5 \mu\text{m}$.

Diese Dosis entspricht im Mittel einer Asbestgefährdung mit der derzeitig maximal zulässigen Asbestfaserkonzentration in Höhe der Technischen Richtkonzentration von

$$1 \times 10^6 \text{ Faser/m}^3 \text{ L} > 5 \mu\text{m über nur 0,5 Arbeitsjahre.}$$

Relativ ist sie somit als arbeitsbedingte Gefährdung im Niedrigdosisbereich anzusehen. Bei einer mittleren Beschäftigungsdauer von $\bar{x} \pm s = 21 \pm 21$ Jahre ergibt sich für diese Dosis eine Durchschnittskonzentration von lediglich $0,03 \times 10^6$ Faser/m³, d.h. ein Grenzbereich zwischen der Arbeitsplatzgefährdung in der eigentlich Rohasbest verarbeitenden Industrie und der gegenwärtigen Umweltgefährdung [38, 39].

Weiterhin läßt sich aus den anamnestischen Angaben tendenziell ein Rückgang stauberzeugender Arbeitsvorgänge, z.B. für das Überschleifen, das Zuschneiden und Bohren von Belägen, ferner eine Zunahme von Staubschutzmaßnahmen, z.B. bei der Reinigung von Bremsanlagen oder beim Überschleifen, aufzeigen. Dies gilt etwa, wenn Beschäftigungen, die vor 1965 endeten, mit solchen verglichen werden, die nach 1965 begannen [43].

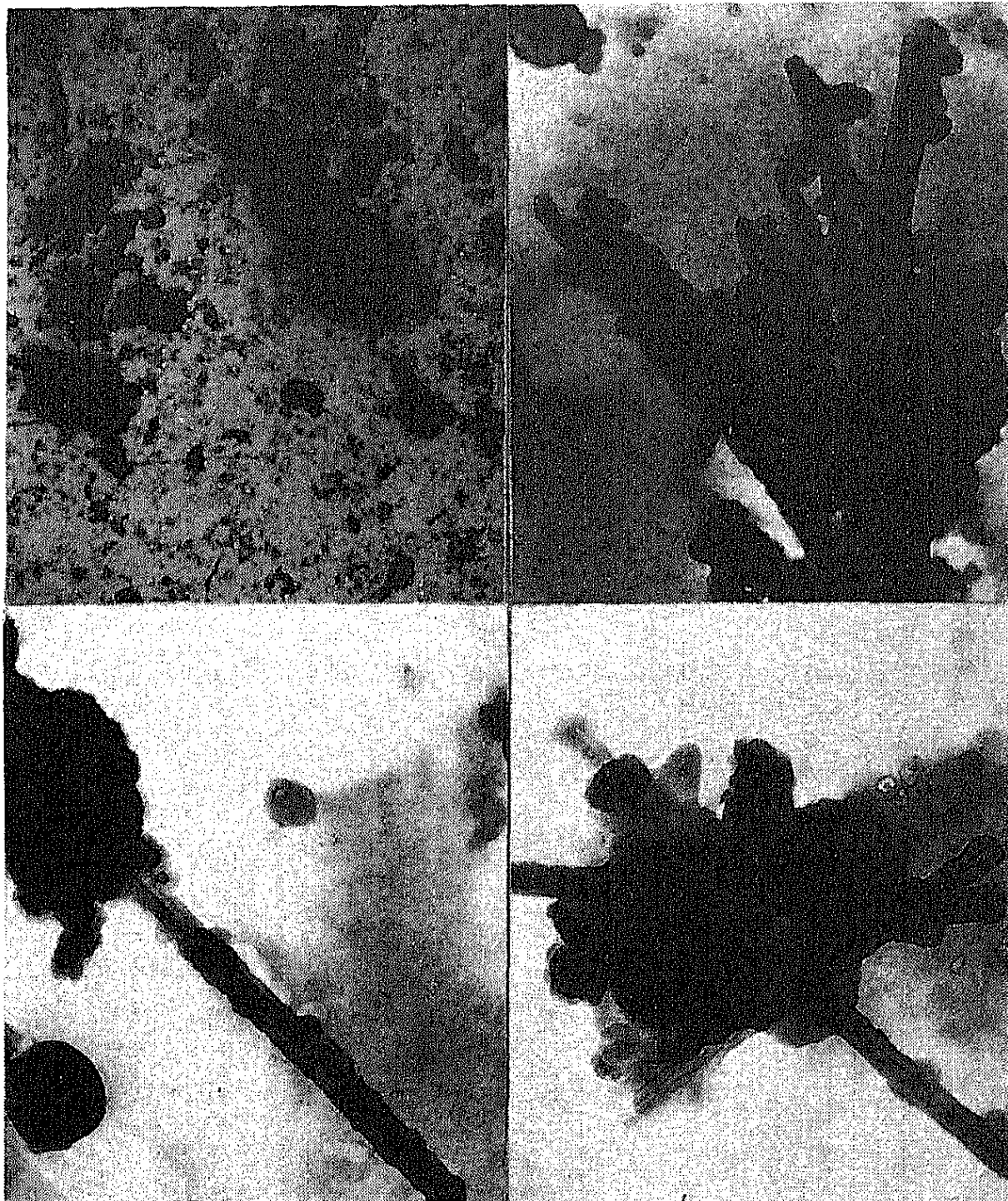


Abb. 16: Asbestfasern in Bremsstrommelabriebstäuben, rastertransmissionselektronenmikroskopische Aufnahmen.

oben links: 2.500fache Vergrößerung

oben rechts: 35.000fache Vergrößerung

unten links: 50.000fache Vergrößerung

unten rechts: 60.000fache Vergrößerung

Während in der Übersichtsaufnahme bei 2.500facher Vergrößerung nur vereinzelte lange Fasern sichtbar sind (Länge der Bildunterkante $35\ \mu\text{m}$), werden bei stärkerer Vergrößerung (Bildunterkante $2,5\ \mu\text{m}$, $1,8\ \mu\text{m}$, und $1,5\ \mu\text{m}$) zahlreiche Elementarfibrillen meist mit einer Länge $< 2\ \mu\text{m}$ beobachtet.

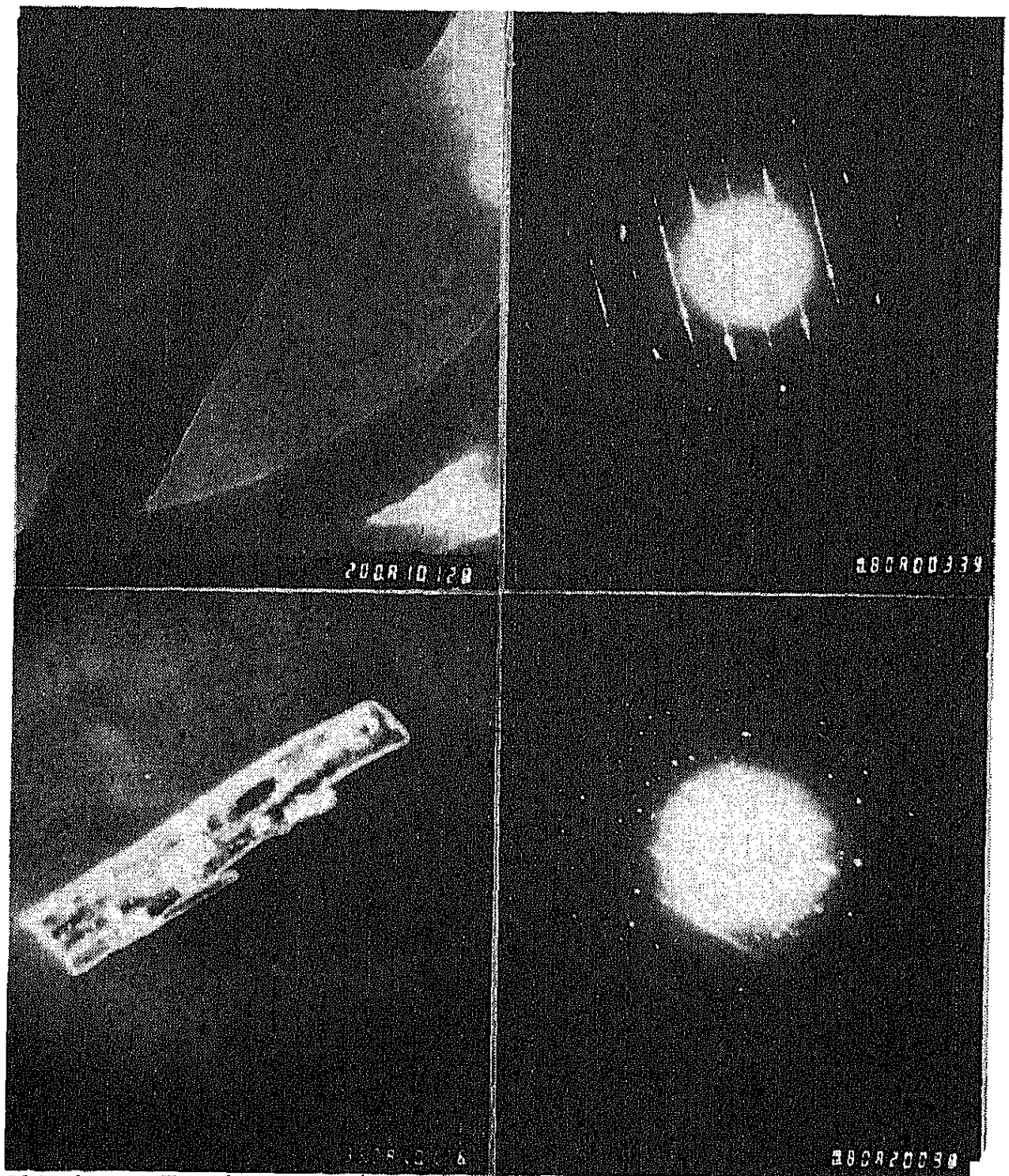


Abb. 17: Experimente zur thermischen Umwandlung von Chrysotil.

Oben: Tempern bei 600 °C. Das Beugungsdiagramm von Chrysotil ist unverändert. Die charakteristische Morphologie der Elementarfibrille mit einem Durchmesser von 0,06 μm bleibt deutlich sichtbar.

Unten: Tempern bei 650 °C. Das Beugungsdiagramm von Chrysotil erscheint abgeschwächt und wird bei einem Teil der Fasern von ungeordneten Reflexen überlagert. Das charakteristische Aussehen der Elementarfibrillen mit einer inneren Kapillare geht bei diesen Fasern verloren. An einer Faser mit einem Durchmesser von 0,3 μm werden im Dunkelfeld längs der Fibrillenachsen unterschiedliche Kristallzonen sichtbar.

3.1.6 Untersuchungen im analytischen Rastertransmissions- elektronenmikroskop (ARTEM)

3.1.6.1 Nachweis von Asbestfasern in Abriebstäuben

Es wird heute allgemein anerkannt, daß gerade die nach der POTT'schen Hypothese [35] besonders wirksamen Fasern mit Durchmessern $< 0,5 \mu\text{m}$ im Lichtmikroskop nur noch zu einem geringen Teil erkennbar sind [1]. Es läßt sich daher nicht umgehen, die lichtmikroskopischen Faserkonzentrationsmessungen durch stichprobenhafte elektronenmikroskopische Analysen zu ergänzen. Speziell die Bewertung der Asbeststaubgefährdung durch Bremsabriebstäube erforderte den Einsatz der analytischen Rastertransmissionselektronenmikroskopie (ARTEM), Abb. 16. Da die Asbestfasern bei dem Bremsvorgang durch Mikromahlung zu feinsten Fasern zerrieben werden, scheitert der lichtmikroskopische und infrarotspektrographische Asbestnachweis [20]. Auch wird eine thermische Umwandlung der Kristallstruktur dieser Fasern in Forsterit oder amorphe Zwischenphasen vermutet, Abb. 17. Für thermisch umgewandelte Chrysotilfasern konnte bereits eine geringere biologische Wirksamkeit gezeigt werden [26]. Es besteht offenbar ein erheblicher Unterschied zwischen deutschen und zumindest den früheren amerikanischen Abriebstäuben [20]. In letzteren waren im Elektronenmikroskop mit Hilfe der Elektronenstrahlfeinbereichsbeugung noch bis zu 20 Gew.-% Chrysotil nachgewiesen worden. Als ursächlich für diese Unterschiede wird die Zusammensetzung der Beläge, die Konstruktion der Bremsen aber auch die Fahrweise angesehen. Für eine Mischprobe von Feinstäuben, die beim Ausblasen von Trommelbremsen in deutschen Kraftfahrzeugwerkstätten gesammelt wurde, ergab die Abschätzung des Asbestgehaltes im Elektronenmikroskop 0,01 Gew.-%. Mit der in den USA durchgeführten Röntgenbeugung wurden dagegen ca. 0,5 Gew.-% Chrysotil gefunden [20]. In 5 weiteren nicht näher definierten Abriebproben aus der Bundesrepublik ergaben sich im Mittel 2,5 Gew.-% im Vergleich zu 4,5 Gew.-% in amerikanischen Proben [36].

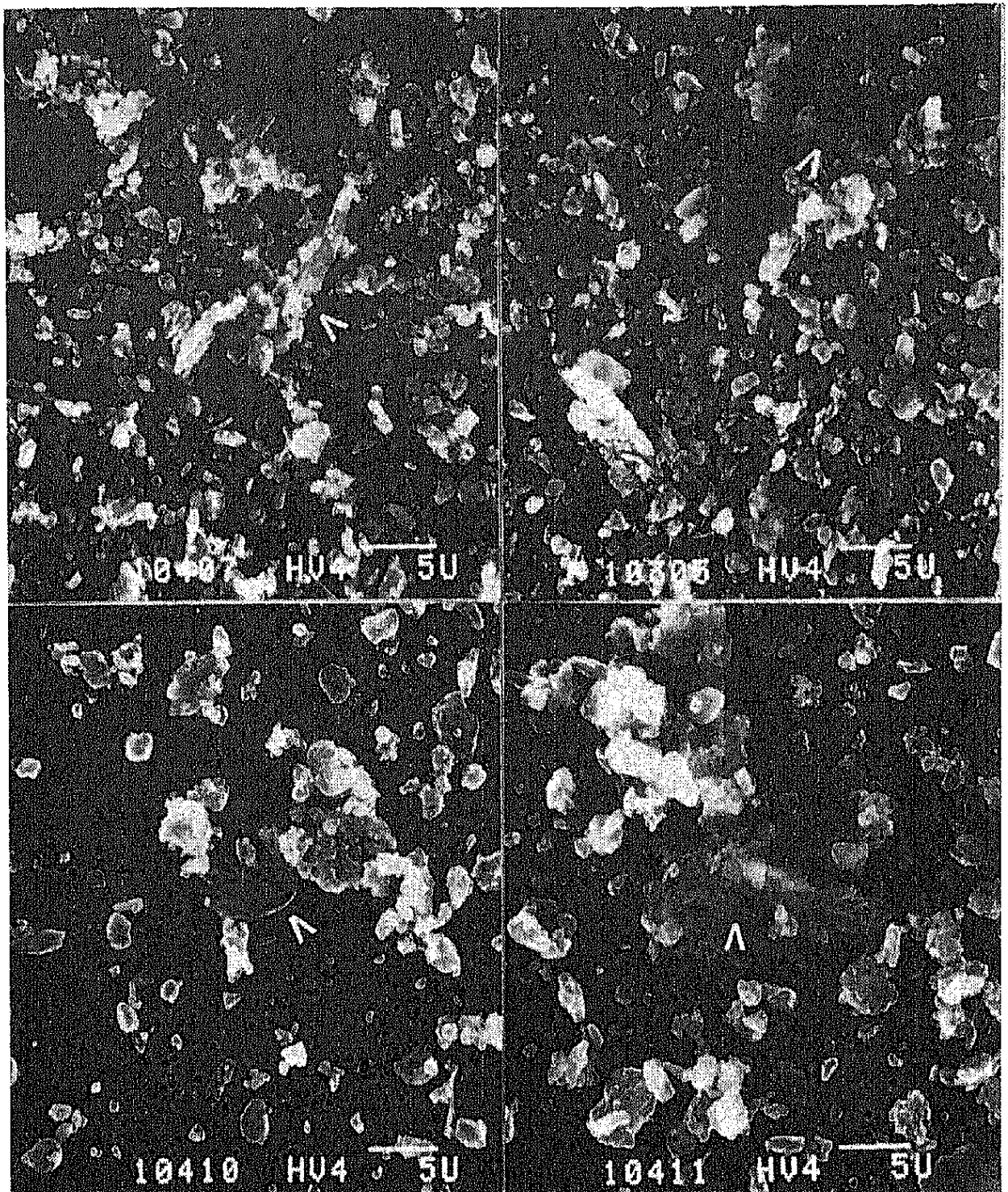


Abb. 18: Bremsabriebstaub auf Nucleoporefiltern.

Rasterelektronenmikroskopische Aufnahme bei 2.500facher Vergrößerung. Beaufschlagung am Reibwertprüfstand bei Bremsstemperaturen von 140 bis 170 °C oben links; 170 bis 210 °C oben rechts; 490 bis 540 °C unten links; 600 bis 650 °C unten rechts. Teilweise sind die Filter für eine quantitative Auswertung zu dicht belegt. Auf allen Bildern sind Asbestfaserbüschel (Pfeil) erkennbar. Die Bildunterkante entspricht jeweils einer Länge von 30 μm.

Chrysotilfasern in Abriebstaub

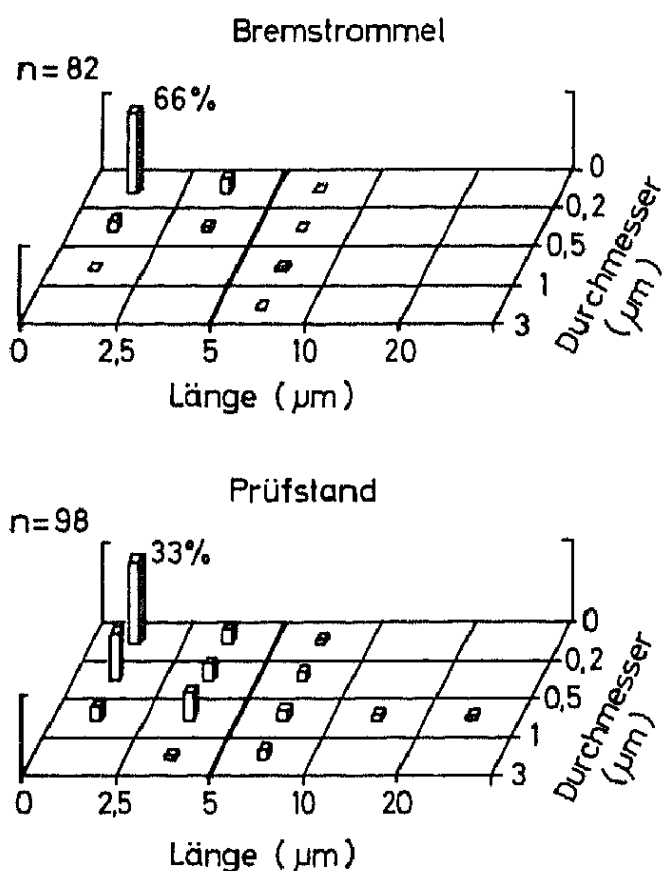


Abb. 19: Dreidimensionale Faserlängen- und Durchmesser-Verteilung von Chrysotilfasern im Ausblasstaub aus Bremstrommeln und im Abriebstaub von Scheibenbremsen bei Bremsversuchen im Schwungmassenprüfstand. Auswertung im Rastertransmissions-elektronenmikroskop bei 6.300facher Vergrößerung. Es erfolgt eine Normierung auf die jeweils höchste Säule, die 66 bzw. 33 % aller Fasern enthält.

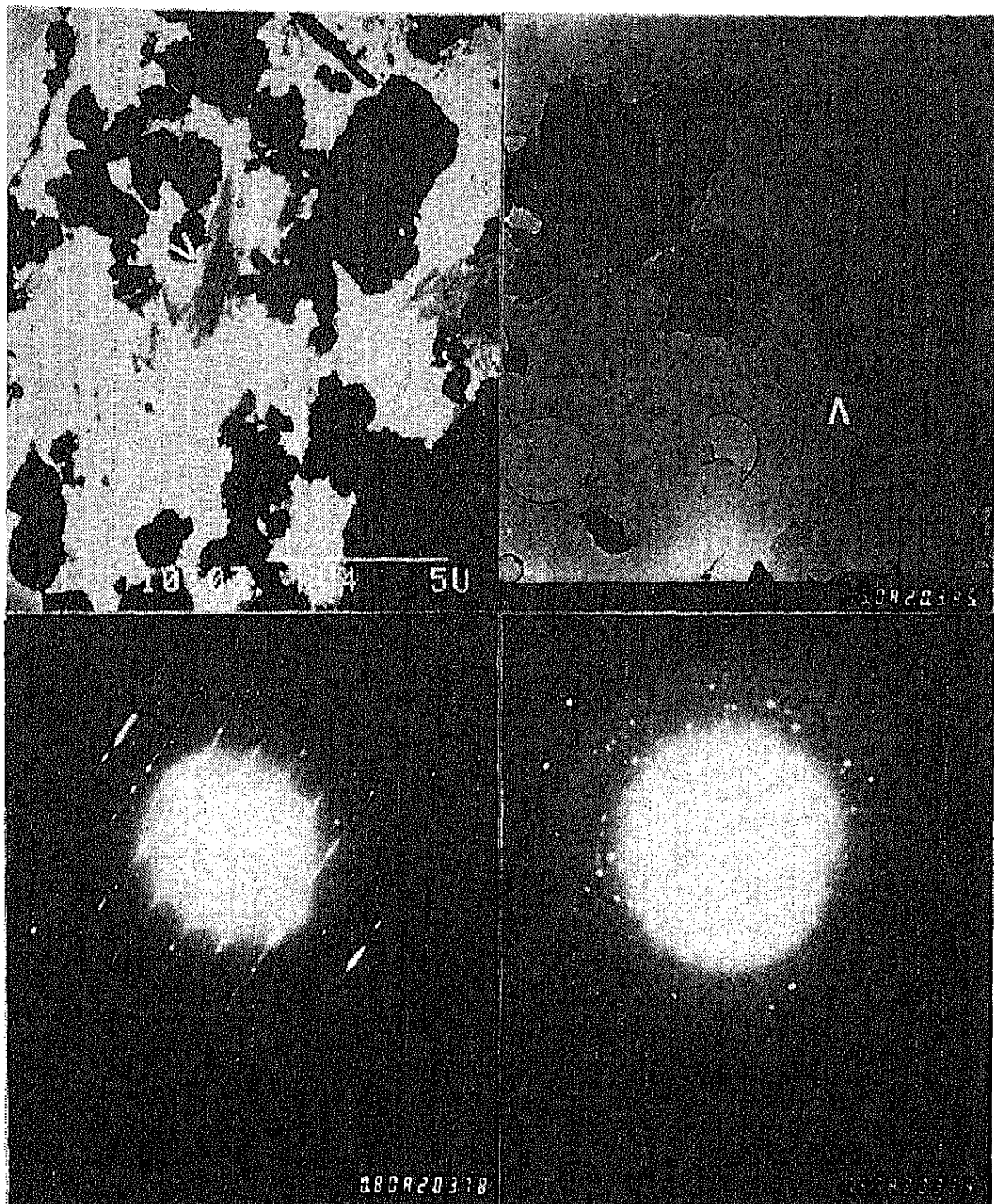


Abb. 20: Bremsabriebstaub auf Nucleoporefiltern, Beaufschlagung im Reibwertprüfstand.

Links: Rastertransmissionselektronenmikroskopische Aufnahme und Beugungsdiagramm eines 5 µm langen Chrysotilfaserbündels bei 6.300facher Vergrößerung. Bremsentemperatur 380 bis 420 °C.

Rechts: Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme und Beugungsdiagramm eines 1,3 µm langen Faserbündels bei 15.000facher Vergrößerung. Bremsentemperatur 680 bis 730 °C. Das Beugungsdiagramm ist charakteristisch für die thermische Umwandlung von Chrysotil.

Tab. 8: Elektronenstrahl-Feinbereichsbeugung an 70 Fasern mit Durchmessern $\leq 0,2 \mu\text{m}$ in dem Bremsabrieb einer Trommelbremse im Vergleich zu 61 Fasern einer UICC-Chrysotil-B-Probe; UICC = Union Internationale Contre Cancer.

Anteil von Fasern mit dem Beugungsdiagramm von Chrysotil im Bremsabriebstaub ^{*)}				
Durchmesser [μm]	UICC-Chrysotil		Bremsabriebstaub	
	n	%	n	%
< 0,05	15	33	9	0
0,05 - < 0,1	35	83	47	60
0,1 - 0,2	11	91	14	93
^{*)} Rest ohne auswertbares Beugungsdiagramm				

Tab. 9: Abbremsversuche auf dem Schwungmassenprüfstand.
Ergebnisbeispiele für Abbremsungen aus 100 und 200 km/h.
Die Probenahme erfolgte gemäß Bild 1, Typ 3. Der Chrysotilgehalt des Bremsbelages beträgt 27 Gew.-%.

Abbremsversuche auf dem Schwungmassenprüfstand			
Geschwindigkeit	[km/h]	100-20	200-130
Faserkonzentration ^{*)}			
$L \geq 5 \mu\text{m}$	[$\times 10^6 \text{ F/m}^3$]	0,36	0,92
alle Längen		19	22
Massenkonzentration ^{*) +)}	[mg/m^3]	5,9	13,4
Asbestgehalt	[Gew.-%]	0,4	1,5
Asbestfasergehalt			
$L \geq 5 \mu\text{m}$	[$\times 10^6 \text{ F/mg}$]	0,33	0,44
alle Längen		18	11
^{*)} Während des Bremsvorganges			
⁺⁾ Ansauggeschwindigkeit 0,35 m/sec			

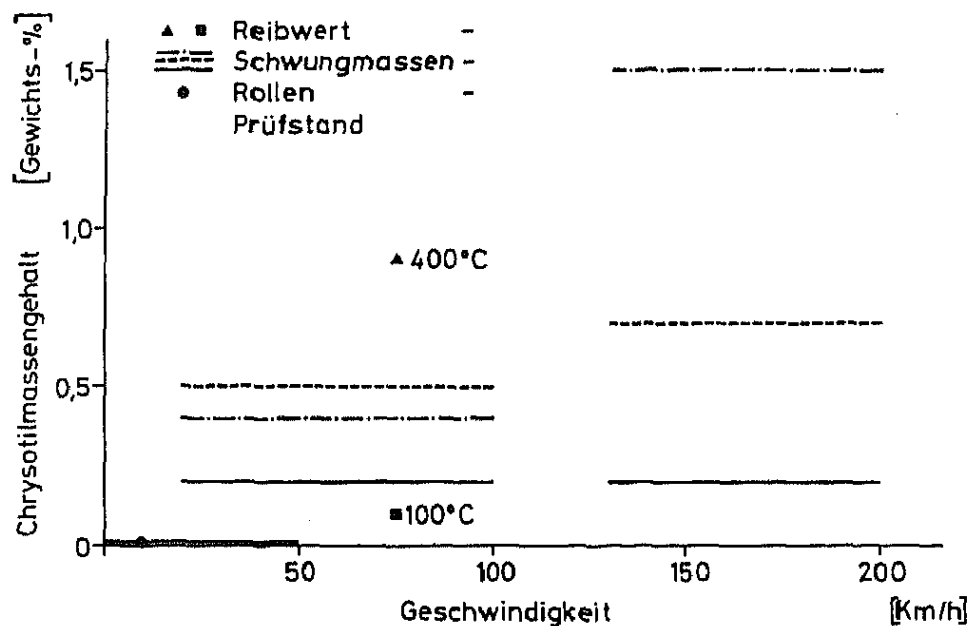


Abb. 21: Chrysotilmassengehalt in Abriebstäuben von Scheibenbremsen. Die Bremsversuche am Reibwertprüfstand und Rollenprüfstand wurden bei konstanter Geschwindigkeit ausgeführt. Ihre Ergebnisse sind durch Punktsymbole dargestellt. Der Asbestgehalt bei der Abbremsung im Schwungmassenprüfstand ist als Strecke über der Geschwindigkeitsskala dargestellt. Der Asbestgehalt der Reibbeläge beträgt 18 bis 27 Gew.-%.

3.1.6.2 Asbestanalysen an Ausblasstäuben aus Bremstrommeln und an Abriebstäuben aus Bremsenprüfständen

Ziel dieses Vorhabens war es, neben der stichprobenhaften elektronenmikroskopischen Bewertung von Bremsabriebstäuben aus der Atemluft der Kraftfahrzeugmechaniker auch systematische Untersuchungen an Bremsabriebstäuben durchzuführen, die unter definierten Bedingungen im Bremsenprüfstand erzeugt wurden [37]. Hierbei zeigte sich zunächst, daß offenbar ein Unterschied zwischen den beim Bremsvorgang unmittelbar z.B. von Scheibenbremsen emittierten Abriebstäuben und den Ausblasstäuben aus Bremstrommeln besteht. So wurden in den unmittelbar emittierten Abriebstäuben im allgemeinen dickere und längere Chrysotilfasern beobachtet als in Ausblasstäuben aus Bremstrommeln, Abb. 18, 19. Für einen kleinen Teil dieser Fasern und Büschel konnten im Elektronenmikroskop Beugungsbilder mit ungeordneten Reflexen beobachtet werden, wie sie für die thermische Umwandlung von Chrysotil charakteristisch sind, Abb. 20. Demgegenüber ergab die Analyse von Elementarfibrillen aus dem Bremstrommelabriebstaub weder morphologisch noch aus den Beugungsbildern Hinweise auf eine Veränderung der Kristallstruktur des Chrysotils, Tab. 8 [37].

Im Schwungmassenprüfstand konnte die Abbremsung eines Personenkraftwagens aus 50 km/h, 100 km/h und 200 km/h simuliert werden. Hierbei nahm sowohl die emittierte Staubmenge als auch der Chrysotilgehalt im Staub mit der Intensität des Bremsvorganges zu, Abb. 21. Für den Chrysotilgehalt wurde ein Anstieg von < 0,1 auf bis zu 1,5 Gew.-% Chrysotil beobachtet. Der überwiegende Massenanteil war in den längeren und dickeren Faserbüscheln konzentriert, wie sie in Brems-trommelausblasstäuben fehlen. Bei Abbremsung aus 100 und 200 km/h betrug der bei 29.000facher Vergrößerung gemessene Asbestfaseranteil aller Längen im Bremsabriebstaub etwa 10^7 Fasern/mg. Ca. 500.000 Fasern/mg wurden für den Asbestfaseranteil einer Länge $L \geq 5 \mu\text{m}$ beobachtet, Tab. 9.

Aufgrund von Hinweisen eines Automobilherstellers wurde eine weitere Serie von Prüfstandversuchen auch mit "Kaufhausbelägen" anonymen Hersteller im Vergleich zu Markenbelägen durchgeführt. Abbremsversuche aus 100 km/h im Schwungmassenprüfstand ergaben für 3 dieser Beläge keine Hinweise auf einen erhöhten Gehalt von Asbestfasern je mg Substanz. Lediglich für einen der "Kaufhausbeläge" wurde eine besonders starke Emission von Büscheln beobachtet, die zu einem Asbestanteil im Abriebstaub von 2 Gew.-% führte. Dieser Wert liegt 4fach über dem entsprechenden Asbestanteil, der für Markenbeläge beim Abbremsen aus 100 km/h beobachtet wurde. Allerdings war die entsprechende Staubmenge, die aus diesem Belag emittiert wurde, relativ gering. Im Endergebnis kann daher die emittierte Asbestmasse im Vergleich zur Emission aus den Markenbelägen nicht als auffällig angesehen werden.

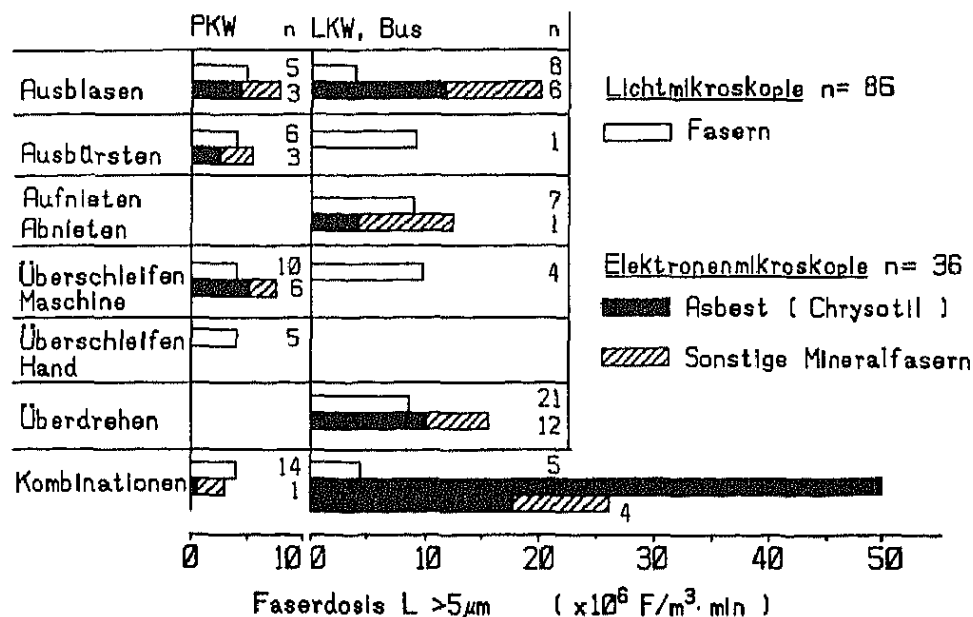


Abb. 22: Vergleich der Mittelwerte von licht- und elektronenmikroskopischen Faserdosismessungen der Fasern $L \geq 5 \mu m$ in Kraftfahrzeugbremsendiensten. 86 lichtmikroskopische Messungen bei personenbezogener Probenahme werden mit 36 elektronenmikroskopischen Messungen bei stationärer und personenbezogener Probenahme verglichen. Die Meßergebnisse sind nach charakteristischen stauberzeugenden Arbeitsvorgängen klassiert. Wegen des unregelmäßigen Anfalls und der unterschiedlichen, meist kurzen Dauer dieser Arbeitsvorgänge wird die Faserdosis, d.h. das Produkt aus Faserkonzentration und Probenahmedauer in Minuten verwendet. Die angegebenen Dosen beziehen sich ganz überwiegend auf Arbeiten an einer Achse oder an einem Fahrzeug. Die Standardabweichungen entsprechen größenordnungsmäßig den Mittelwerten.

3.1.6.3 Elektronenmikroskopische Faserdosismessungen am Arbeitsplatz

Die elektronenmikroskopische Analyse der am Arbeitsplatz beaufschlagten Filter zeigt, daß neben Chrysotilfasern stets auch ein Anteil von ca. 20 bis über 50 % sonstiger Mineralfasern vorkommt. So wird bei der Analyse von 1.219 Fasern auf 25 Nucleoporefiltern ein Anteil von 26 % sonstiger Mineralfasern an den Fasern $L \geq 5 \mu m$ beobachtet [22]. Hierbei handelt es sich überwiegend um eisenhaltige Fasern. Abbildung 22 zeigt den Vergleich von 86 lichtmikroskopischen und von 36 elektronenmikroskopischen Faserzählungen $L \geq 5 \mu m$ bei 500facher Vergrößerung im Phasenkontrast und bei 6.300facher Vergrößerung im Rastertransmis-

sionsbetrieb. Es werden daher nur wenig erhöhte oder in Einzelfällen sogar niedrigere Asbestfaserstaubdosen $L \geq 5 \mu\text{m}$ gefunden [22, 42, 43]. Im Vergleich zur Lichtmikroskopie werden deutlich erhöhte Asbestfaserdosen lediglich bei kombinierten Arbeitsvorgängen an Lkw- bzw. Busbremsen sowie beim Ausblasen dieser Bremsstrommeln beobachtet. Durch die bessere Nachweisempfindlichkeit der Elektronenmikroskopie erhöht sich die mittlere Asbestfaserdosis für das Ausblasen um das 3fache auf ca.

$$(12 \pm 10) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$$

für insgesamt 6 Messungen. Für kombinierte Arbeitsvorgänge, wie etwa das Überdrehen und anschließende Ausblasen, resultiert aus 4 Messungen eine gegenüber Faserdosen der Lichtmikroskopie 15fach erhöhte mittlere Asbestfaserdosis von

$$(70 \pm 48) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min.}$$

Für das Überdrehen ohne anschließendes Ausblasen ergibt sich aus 12 Messungen nur eine mittlere Asbestfaserdosis von

$$\text{ca. } (10 \pm 13) 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min.}$$

Die Ursache für den allgemein relativ geringen Anstieg der Asbestfaserzahlen $L \geq 5 \mu\text{m}$ bei elektronenmikroskopischer Auswertung im Vergleich zur Lichtmikroskopie kann zum Teil auf überhöhte Ergebnisse der Lichtmikroskopie zurückgeführt werden. Zum einen sind sonstige Mineralfasern lichtmikroskopisch aus methodischen Gründen nicht von Asbestfasern abgrenzbar. Zum anderen beruhen niedrige lichtmikroskopische Ergebnisse auf einer geringen Belegung von nur wenigen Fasern je Filter im Bereich der Nachweisgrenze. Bei diesen Messungen gehen die Blindwerte in das lichtmikroskopische Ergebnis ein, so daß mit systematisch überhöhten Faserkonzentrationen gerechnet werden muß.

3.1.6.4 Bestimmung des Raumpegels der Asbestfaserkonzentration in Kraftfahrzeugwerkstätten

Wegen der allgemein niedrigen Asbestfaserdosen, die sich für Kraftfahrzeugmechaniker bei der Ausführung stauberzeugender Arbeitsvorgänge ergibt, kann bereits eine geringe Zunahme des allgemeinen Raumpegels der Asbestfaserkonzentration in den Kraftfahrzeugwerkstätten zu einer erheblichen Steigerung der Asbeststaubgefährdung führen. Stationäre Raumpegelmessungen der Asbestfaserkonzentration wurden daher in jeweils 6 Pkw- und 6 Lkw- Werkstätten an Nachbararbeitsplätzen während der Ausführung von Bremsenreparaturen durchgeführt [38]. Eine weitere Messung erfolgte in einer Pkw-Werkstatt, ohne daß eine Bremsenreparatur ausgeführt wurde. Hierbei mußten wegen der hohen Gesamtstaubkonzentrationen in Kraftfahrzeugwerkstätten Probenahmen mit mehr als 2

bis 3-stündiger Probenahmedauer (bei einem Durchsatz $< 0,2 \text{ m}^3$ Luft je cm^2 Filterfläche) wegen zu starker Belegung der Filter verworfen werden. Entsprechend gering war die Nachweisgrenze der bei 6.300facher und 10.000facher Vergrößerung durchgeführten Faserzählung. Diese wurde als Obergrenze des 95 %-Vertrauensbereiches der Poissonstatistik aus dem Konzentrationswert abgeschätzt, der sich für 4 gefundene Fasern ergibt. Sie betrug mindestens 4.000 F/m^3 . Nur auf 4 der 13 ausgewerteten Filter wurden einzelne Asbestfasern einer Länge $\geq 5 \mu\text{m}$ beobachtet. Rechnerisch ergaben sich Konzentrationen zwischen 2.000 und 30.000 Asbestfasern einer Länge $L \geq 5 \mu\text{m}$. Dagegen konnten auf 11 von 13 Filtern Asbestfasern aller Längen mit einer Faserkonzentration von bis zu 400.000 F/m^3 beobachtet werden. Dabei ergab sich ein Medianwert von

$$40.000 \text{ F/m}^3$$

und ein Mittelwert von

$$\bar{x} \pm s = 60.000 \pm 100.000 \text{ F/m}^3.$$

Insgesamt kann auf eine mittlere Konzentration der Asbestfasern einer Länge $L \geq 5 \mu\text{m}$ im Bereich zwischen 5.000 und 10.000 F/m^3 geschlossen werden. Aufsummiert über die gesamte Arbeitsschicht ergibt sich hieraus ein Schätzwert für die Bystandergefährdung von Kraftfahrzeugmechanikern, die nicht selbst Bremsreparaturen ausführen, in der Größenordnung von

$$\leq 5 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min.}$$

3.1.6.2 Asbestanalysen an Ausblasstäuben aus Bremsstrommeln und an Abriebstäuben aus Bremsenprüfständen

Ziel dieses Vorhabens war es, neben der stichprobenhaften elektronenmikroskopischen Bewertung von Bremsabriebstäuben aus der Atemluft der Kraftfahrzeugmechaniker auch systematische Untersuchungen an Bremsabriebstäuben durchzuführen, die unter definierten Bedingungen im Bremsenprüfstand erzeugt wurden [37]. Hierbei zeigte sich zunächst, daß offenbar ein Unterschied zwischen den beim Bremsvorgang unmittelbar z.B. von Scheibenbremsen emittierten Abriebstäuben und den Ausblasstäuben aus Bremsstrommeln besteht. So wurden in den unmittelbar emittierten Abriebstäuben im allgemeinen dickere und längere Chrysotilfasern beobachtet als in Ausblasstäuben aus Bremsstrommeln, Abb. 18, 19. Für einen kleinen Teil dieser Fasern und Büschel konnten im Elektronenmikroskop Beugungsbilder mit ungeordneten Reflexen beobachtet werden, wie sie für die thermische Umwandlung von Chrysotil charakteristisch sind, Abb. 20. Demgegenüber ergab die Analyse von Elementarfibrillen aus dem Bremsstrommelabriebstaub weder morphologisch noch aus den Beugungsbildern Hinweise auf eine Veränderung der Kristallstruktur des Chrysotils, Tab. 8 [37].

Im Schwungmassenprüfstand konnte die Abbremsung eines Personenkraftwagens aus 50 km/h, 100 km/h und 200 km/h simuliert werden. Hierbei nahm sowohl die emittierte Staubmenge als auch der Chrysotilgehalt im Staub mit der Intensität des Bremsvorganges zu, Abb. 21. Für den Chrysotilgehalt wurde ein Anstieg von $< 0,1$ auf bis zu 1,5 Gew.-% Chrysotil beobachtet. Der überwiegende Massenanteil war in den längeren und dickeren Faserbüscheln konzentriert, wie sie in Bremsstrommelausblasstäuben fehlen. Bei Abbremsung aus 100 und 200 km/h betrug der bei 29.000facher Vergrößerung gemessene Asbestfaseranteil aller Längen im Bremsabriebstaub etwa 10^7 Fasern/mg. Ca. 500.000 Fasern/mg wurden für den Asbestfaseranteil einer Länge $L \geq 5 \mu\text{m}$ beobachtet, Tab. 9.

Aufgrund von Hinweisen eines Automobilherstellers wurde eine weitere Serie von Prüfstandversuchen auch mit "Kaufhausbelägen" anonymer Hersteller im Vergleich zu Markenbelägen durchgeführt. Abbremsversuche aus 100 km/h im Schwungmassenprüfstand ergaben für 3 dieser Beläge keine Hinweise auf einen erhöhten Gehalt von Asbestfasern je mg Substanz. Lediglich für einen der "Kaufhausbeläge" wurde eine besonders starke Emission von Büscheln beobachtet, die zu einem Asbestanteil im Abriebstaub von 2 Gew.-% führte. Dieser Wert liegt 4fach über dem entsprechenden Asbestanteil, der für Markenbeläge beim Abbremsen aus 100 km/h beobachtet wurde. Allerdings war die entsprechende Staubmenge, die aus diesem Belag emittiert wurde, relativ gering. Im Endergebnis kann daher die emittierte Asbestmasse im Vergleich zur Emission aus den Markenbelägen nicht als auffällig angesehen werden.

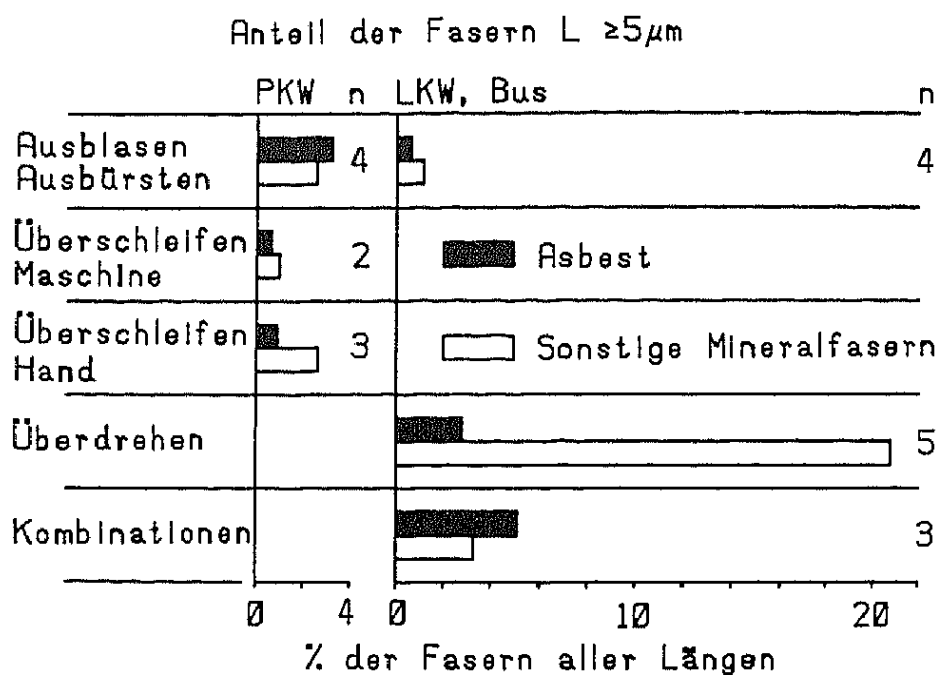


Abb. 23: Vergleich der Mittelwerte von elektronenmikroskopischen Faserdosismessungen für Längen $\geq 5\mu\text{m}$ bei 6.300facher Vergrößerung und für alle Längen bei 29.000facher Vergrößerung. Die Auswertung des Prozentanteils der Faser $L \geq 5\mu\text{m}$ an den Fasern aller Längen erfolgt getrennt für Asbestfasern und sonstige Mineralfasern übereinstimmend an 23 Filtern, die in Bremsendiensten bei stationärer oder personenbezogener Probenahme beaufschlagt wurden.

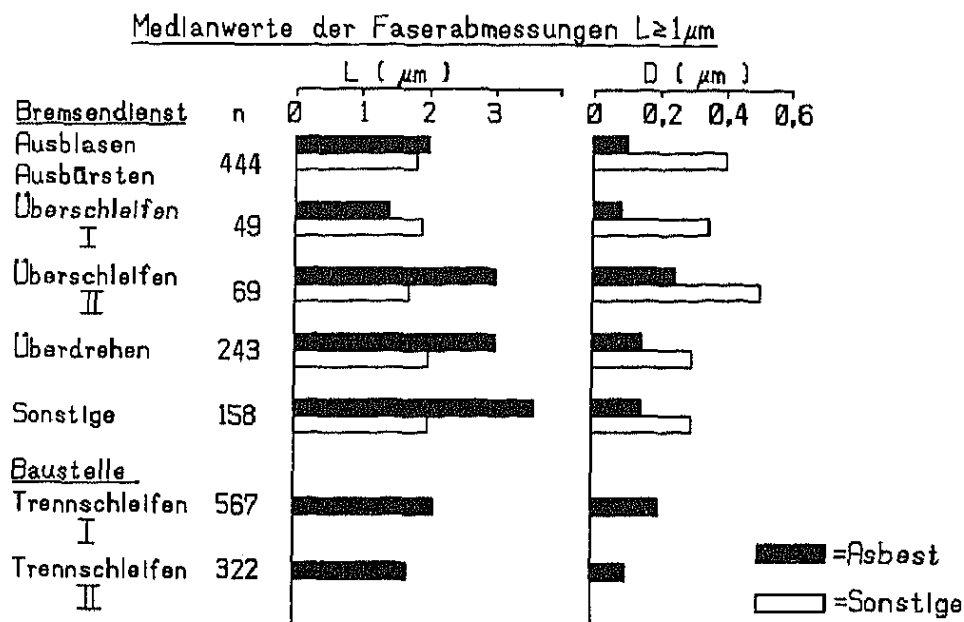


Abb. 24: Medianwerte der Faserabmessungen für Fasern $L \geq 1 \mu\text{m}$ auf Nuclepore-Filtern, die in Kraftfahrzeug-Bremsendiensten und auf Baustellen beaufschlagt wurden. Die Analyse der Bremsendienstfilter erfolgte bei 6.300facher Vergrößerung im Rastertransmissionsbetrieb, während die Baustellenfilter in früheren Jahren bei 5.000facher Vergrößerung im Rasterelektronenmikroskop ausgewertet wurden.

3.1.6.5 Analyse der Faserabmessungen

Von besonderem Interesse war die Beurteilung des sehr großen Anteils kurzer Chrysotilfasern $L < 5 \mu\text{m}$ im Abriebstaub aus Bremstrommeln [22, 38, 43]. Ein erhöhtes Gesundheitsrisiko durch diese Fasern ist bisher arbeitsmedizinisch-toxikologisch nicht erwiesen, kann andererseits aber auch nicht völlig ausgeschlossen werden. Zur Bewertung dieses Kurzfaseranteils wurden an 21 identischen Filtern die Mittelwerte der Zahlen der bei 6.300facher Vergrößerung gezählten Fasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ mit den Zahlen der bei 29.000facher Vergrößerung gezählten Fasern aller Längen verglichen, Abb. 23 [43]. Beim Ausblasen und Ausbürsten der Trommelbremsen von Bus und Lkw, aber auch beim Überschleifen der Bremsbeläge von Pkw ergab sich ein Anteil von lediglich etwa 0,6 %, d.h. ein Verhältnis von etwa 1:170 für Asbestfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ im Vergleich zu allen Asbestfasern. So hatte speziell bei zwei kurzzeitigen Sondenmessungen im Atembereich die Konzentration der Asbestfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ $1,6 \times 10^6 \text{ F/m}^3$ im Vergleich zu $600 \times 10^6 \text{ F/m}^3$ für Asbestfasern aller Längen betragen [22]. Die entsprechenden Faserdosen ergaben sich zu 3,2 bzw. $920 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{min}$.

Beim Überdrehen der Bremsbeläge und für kombinierte Arbeitsvorgänge betrug dieses Verhältnis 1:40 bzw. 1:20 entsprechend einem Anteil der Asbestfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ von 2,5% bzw. 5%. Entsprechend wurden für die Asbestfasern bei 29.000facher Vergrößerung im Median Faserlängen von nur ca. $0,4 \mu\text{m}$ beim Ausblasen der Bremstrommeln und von ca. $1,0 \mu\text{m}$ beim Überdrehen der Bremsbeläge beobachtet, Abb. 24. Ähnlich wie die Asbestfasern zeigten auch die sonstigen Mineralfasern die größten Anteile von Fasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ für das Überdrehen und die kombinierten Arbeitsvorgänge. So betrug während des Überdrehens der Anteil sonstiger Mineralfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ ca. 20 % der sonstigen Mineralfasern aller Längen.

3.1.7 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen

Kupplungs- und besonders Bremsbeläge sind erheblichen thermischen Belastungen ausgesetzt. Pyrolytische Zersetzungen der auch aus organischen Materialien bestehenden Reibbelagkomponenten können die Folge sein. Als Crack-Produkte entstehen bei derartigen Reaktionen u.a. polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH). Diese teilweise als krebserzeugend erwiesenen Substanzen weisen ausgeprägte adsorptive Eigenschaften zu dem im Mittel zu 30% in Bremsbelägen enthaltenen Chrysotil auf.

In $n = 52$ Kupplungs- und Bremsabriebstaubproben von Pkw und Lkw konnte ein Spektrum von jeweils 21 PAH capillargaschromatographisch/massenspektrometrisch quantitativ bestimmt werden [23, 24]. Dabei liegen die PAH-Konzentrationen in den Bremsabriebstäuben (Pkw: $14,1 \pm 19,7 \mu\text{g/g}$; Lkw: $15,1 \pm 8,1 \mu\text{g/g}$) deutlich niedriger als im Kupplungsabrieb (Pkw: $32,4 \pm 25,1 \mu\text{g/g}$; Lkw: $109,6 \pm 192,2 \mu\text{g/g}$). Der gleiche Trend ist bei Berücksichtigung der ausgewählten 5 in der MAK-Werte-Liste als im Tierversuch eindeutig krebserzeugend eingestuft PAH zu erkennen, die in allen Proben einen mittleren Anteil von 24,5% der PAH-Gesamtkonzentration aufweisen.

Hierbei muß trotz der vergleichsweise niedrigen PAH-Konzentrationen die naheliegende Kombinationswirkung des im Brems- und Kupplungsabrieb enthaltenen Asbestfaserstaubes und der daran adsorbierten PAH bedacht werden. So konnte in tierexperimentellen Untersuchungen eine multiplikative Risikosteigerung infolge Stimulation des Benzo[a]pyren-Metabolismus durch Asbestfasern mit einer verstärkten Bildung von DNA-PAH-Addukten aufgezeigt werden.

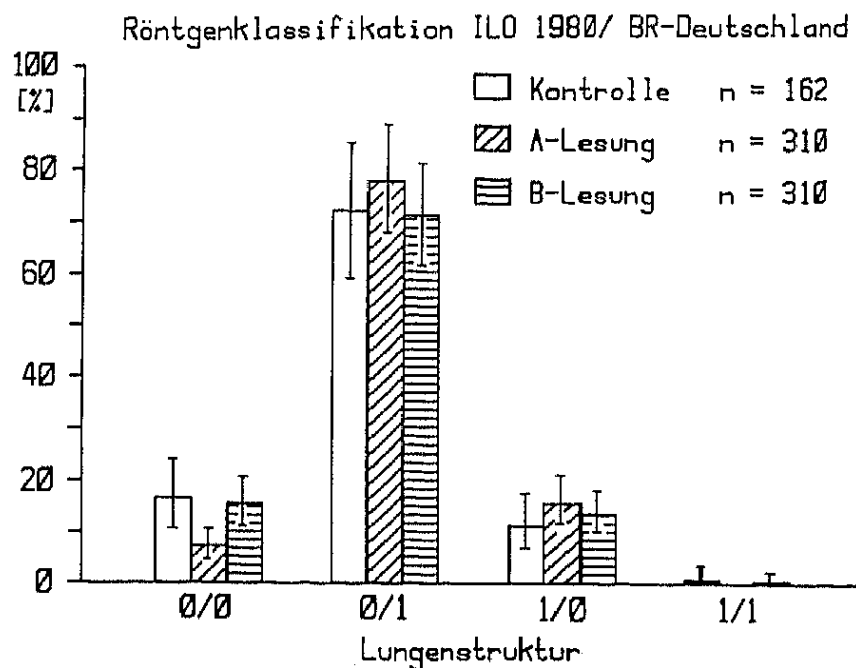


Abb. 25: Lungenstruktur als Häufigkeit kleiner unregelmäßiger Lungenschatten der Größen s und t in den Streuungskategorien 0/0 bis 1/1 bei n = 310 Kfz-Mechanikern in Bremsendiensten und der Kontrollgruppe von n = 162 Beschäftigten ohne Staubgefährdung am Arbeitsplatz. 95 % Fehlerbalken nach POISSON, aus [14].

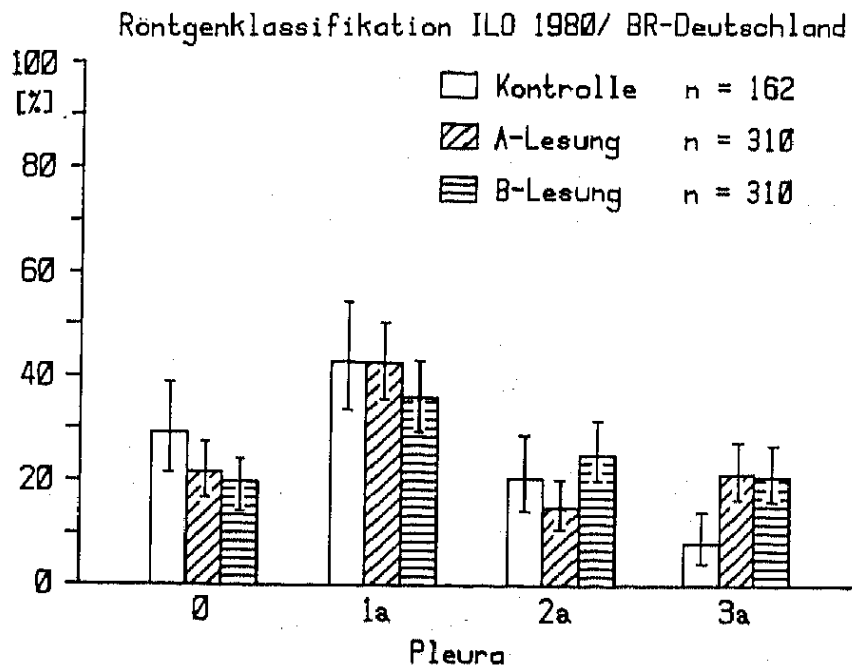


Abb. 26: Häufigkeiten der diffusen seitlichen Pleuraverbreiterung in den Verbreitungskategorien 0-3a bei n = 310 Kfz-Mechanikern in Bremsendiensten und der Kontrollgruppe von n = 162 Beschäftigten ohne Staubgefährdung am Arbeitsplatz, aus [14].

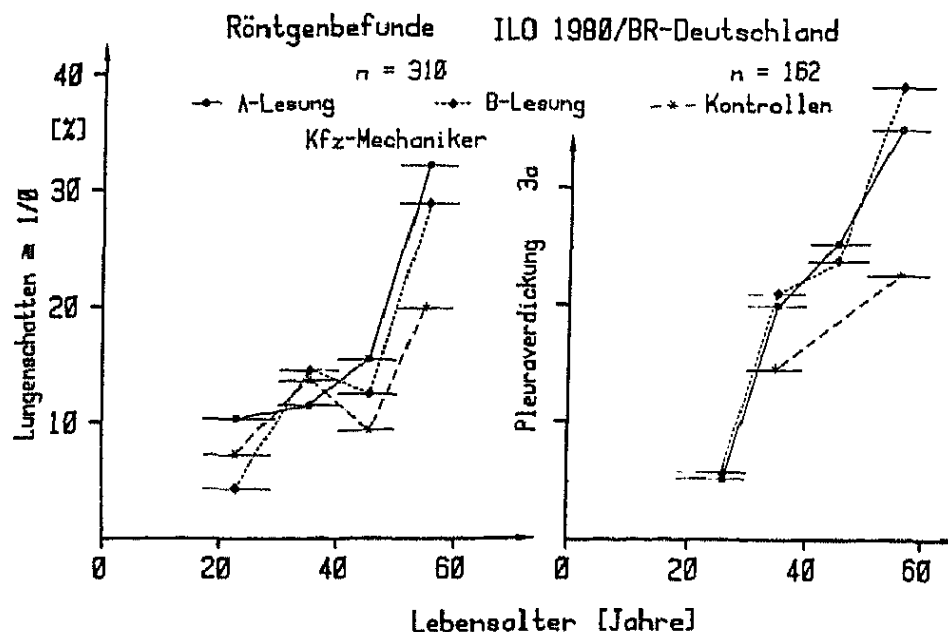


Abb. 27: Häufigkeit kleiner unregelmäßiger Lungenschatten der Form s oder t und der Streuung 1/0 und 1/1 sowie Häufigkeit der seitlichen diffusen Pleuraverdickung 3a. Vergleich zwischen 310 Kfz-Mechanikern und 162 Kontrollen in Abhängigkeit vom Lebensalter. Die Breite der Altersklassen ist durch horizontale Balken markiert. Auffällige Befunde fanden sich in den Altersklassen < 30 Jahre und 40-50 Jahre bei den Kontrollen nicht, aus [14].

3.2 Klinische Untersuchungen zum Nachweis fibrogener Asbestinhalationsfolgen

3.2.1 Vergleich mit einer Kontrollgruppe

Im Rahmen einer arbeitsmedizinischen Querschnittstudie wurden $n = 310$ langjährig ($\bar{x} \pm s = 21 \pm 10$ Jahre) im Bremsendienst berufserfahrene Kraftfahrzeugmechaniker auf mögliche fibrogene Asbestinhalationsfolgen hin eingehend untersucht. Anhand detaillierter arbeitsanamnestischer Angaben sowie während typischer Arbeitsvorgänge gemessener Asbestfaserstaub-Konzentrationen konnte die kumulative Asbestfaserstaubdosis individuell abgeschätzt werden [38, 39]. Der Medianwert dieser Dosisschätzwerte beträgt für die $n = 310$ untersuchten Kraftfahrzeugmechaniker lediglich ca. $0,33 \times 10^6$ Asbestfasern pro $m^3 \times$ Jahre für Fasern einer Länge $L > 5 \mu m$.

Die Basisdaten der Lungenfunktion ließen im Vergleich zu einer Vergleichsgruppe von $n = 162$ Beschäftigten ohne Staubbelastung am Arbeitsplatz keine wesentlichen Unterschiede erkennen.

Das Auftreten kleiner unregelmäßiger Lungenschatten 1/0 im Röntgenbild kann als ein hinreichender und geeigneter Parameter für die Beschreibung fibrogener Asbestinhalationsfolgen angesehen werden.

Bei der Bewertung der Röntgen-Thorax-Aufnahme nach der ILO- Klassifikation (ILO = International Labour Office) 1980/Bundesrepublik wurden unregelmäßige Lungenschatten einer Streuung 1/0 als Hinweis auf eine fraglich beginnende Lungenasbestose in der Gruppe der Kraftfahrzeugmechaniker bei zwei unabhängigen Lesungen nicht signifikant häufiger als in der Vergleichsgruppe gefunden, Abb. 25, 26, 27. Demgegenüber wurden diffuse Pleuraverbreiterungen der seitlichen Brustwand der Dicke a (< 5 mm) und Verbreitung 3 (> 1/2 der lateralen Brustwand) als Hinweis auf eine mögliche Pleuraasbestose signifikant häufiger gefunden als bei den Vergleichspersonen, Abb. 26, 27.

Tab. 10: Diagnostische Zielgrößen einer möglichen Asbestinhalationsfolge bei n = 310 Kfz-Mechanikern mit der Definition auffälliger Befunde und deren absoluter Häufigkeit, aus [14]

Definition und Häufigkeit der Zielgrößen n = 310 Kfz-Mechaniker		
	auffällige Befunde	n
<u>Röntgenbild</u> *)		
Lunge	≥ 1/0	48
Pleura	3 a	66
<u>Lungenfunktion</u>		
VK [% Mindestsoll]	< 90	26
PO ₂ [% Mindestsoll]	< 100	47
*) ILO 80 Bundesrepublik		

Tab. 11: Kumulative Asbestfaserstaubdosis, wesentliche Einflußgrößen und Definition der Wertbereiche bei n = 310 Kfz-Mechanikern mit den absoluten Häufigkeiten in den beiden Gruppierungen, aus [14].

Gruppierung und Wertbereiche der Einflußgrößen n = 310 Kfz-Mechaniker				
Gruppe	-		+	
	n	Wertbereich		n
Dosis [10^6 F/m ³ x Jahre]	144	< 0,3	≥ 0,3	166
Alter [Jahre]	169	≤ 40	> 40	141
Brocaindex [%]	174	≤ 110	> 110	136
Rauchgewohnheiten *)	76	NR	R/ExR	234
CURS-Bewertungszahl **)	229	< 4	≥ 4	81
*) NR = Nieraucher, R = Raucher, ExR = ehemalige Raucher				
**) zur Definition vgl.[14]				

Tab. 12: Differenzen der absoluten Mittelwerte zwischen den Gruppen definierter Wertbereiche der kumulativen Asbestfaserstaubdosis sowie der Einflußgrößen bei n = 310 Kfz-Mechanikern, aus [14].

Differenz der Mittelwerte in den Wertbereichsgruppen der Einflußgrößen bei n = 310 Kfz-Mechanikern						
Gruppierung der Einflußgrößen (vgl. Tab. 9)		Mittelwertdifferenzen				
		Dosis [10^6 F/m ³ x J.]	Alter [Jahre]	Broca- index [%]	Rauch- gewohn. [Zlg.J.]	CURS [Bew.- zahl]
Dosis	+/-	0,83	5,10	3,90	51	0,49
Alter	+/-	0,45	16,11	6,38	219	0,66
Broca	+/-	0,22	5,04	23,11	46	0,23
Rauchgew.	+/-	0,06	2,57	-1,46	369	0,80
CURS	+/-	0,09	3,80	2,56	190	4,87

Tab. 13: Logistische Regressionsanalyse für die Zielgrößen Lungenstruktur, Pleuraverbreiterung, VK-Erniedrigung und PO₂-Erniedrigung. Das logit der Risikofunktion P wird als Linearkombination der jeweils maßgeblichen Einflußgrößen ermittelt. P gibt daher jeweils die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten auffälliger Befunde nach Tab. 10 in Abhängigkeit von diesen Einflußgrößen an. Diese Abhängigkeit wird bei den quantitativen Einflußgrößen wie Broca und Alter am besten durch den standardisierten Koeffizienten und bei der dichotomen Einflußgröße CURS durch den Koeffizienten selbst beschrieben, aus [14].

Zielgröße Lungenstruktur $\geq 1/0$				
akzeptierte Einflußgröße	Koeff.	Fehler des Koeff.	Koeff. ^{*)} Fehler	standard. Koeff ^{**)}
BROCA	0,047	0,011	4,192	0,674
ZIG. J.	0,002	0,001	3,012	0,437
CONST ^{***)}	-7,495	1,316	-5,694	--
logit P _{Lunge} = -7,495 + 0,047 BROCA + 0,002 ZIG.J. ^{****)}				
Zielgröße Pleuraverbreiterung 3a				
ALTER	0,040	0,017	2,379	0,386
BROCA	0,055	0,011	5,003	0,795
CONST	-9,150	1,371	-6,672	--
logit P _{Pleura} = -9,150 + 0,055 BROCA + 0,040 ZIG.J. ^{****)}				
Zielgröße VK-Erniedrigung				
BROCA	0,076	0,016	4,860	1,099
ZIG.J.	0,002	0,001	2,312	0,433
CURS	0,656	0,241	2,718	--
CONST	-11,649	1,956	-5,955	--
logit P _{VK} = -11,649 + 0,656 CURS + 0,076 BROCA + 0,002 ZIG.J. ^{****)}				
Zielgröße PO₂-Erniedrigung				
CURS	0,443	0,169	2,625	--
DOSIS	0,195	0,133	1,471	0,189
CONST	-1,636	0,192	-8,536	--
logit P _{PO₂} = -1,636 + 0,443 CURS + 0,195 DOSIS ^{****)}				

^{*)} Der Quotient aus einem Koeffizienten (Koeff.) und seinem Fehler dient als Schätzwert einer Prüfgröße für die Signifikanz des Koeffizienten (vgl. [11]).

^{**)} Das Produkt aus dem Koeffizienten und der Standardabweichung der zugehörigen Größe gibt den Einfluß auf logit P bei Veränderung der Einflußgröße um eine Standardabweichung an.

^{***)} Die Konstante der Risikofunktion (CONST) steht für das Risiko bei Abwesenheit aller in die Risikofunktion aufgenommenen Einflußgrößen.

^{****)} logit P ist die logit-transformierte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer Auffälligkeit.

3.2.2 Logistische Regressionsanalyse

Als Zielgrößen einer Asbestinhalationsfolge können neben den auffälligen röntgenologischen Befunden die Erniedrigung der Vitalkapazität als Hinweis auf eine restriktive Ventilationsstörung sowie die Verminderung des Sauerstoffpartialdruckes als Ausdruck einer partiellen Gasaustauschstörung angesehen werden, Tab. 10.

Auf der Ursachenseite stellt die kumulative Asbestfaserstaubdosis den wesentlichen Risikofaktor dar. Als Einflußfaktoren sind das Lebensalter, das Körpergewicht, die Rauchgewohnheiten und die Auswirkungen eines chronisch-unspezifischen respiratorischen Syndroms (CURS) anzusehen, Tab. 11. Aufgrund früherer Erfahrungen [44] entspricht die Latenzzeit weitgehend dem Einfluß des Lebensalters. Bei der Diskussion des Zusammenhanges zwischen kumulativer Asbestfaserstaubdosis und den Zielgrößen sind die Änderungen der anderen Einflußgrößen als Störgrößen (Confounder) zu berücksichtigen, Tab. 12.

Zur Kompensation der störenden Assoziationen zwischen den Einflußgrößen wird der Ansatz der logistischen Regression verwendet. Dieses multivariate Verfahren liefert den Zusammenhang einer Anzahl diskreter oder kontinuierlicher Einflußgrößen mit einer dichotomen ('Ja/Nein') Zielgröße in Form einer Risikofunktion. Diese Risikofunktion wird durch einen Satz von Koeffizienten beschrieben, die mit denen der multiplen Regression vergleichbar sind, Tab. 13.

Die statistische Analyse erfolgte mit dem Programm PLR des Statistikpaketes BMDP [11]. Dieses Paket paßt die Risikofunktion nach der "maximum likelihood"-Methode den ungruppierten Daten an. Alle erfaßten Einflußgrößen werden nach ihrem statistischen Beitrag zur Zielgröße genauer zur Wahrscheinlichkeit ihres Auftretens - bewertet und ggf. mit einem entsprechenden Koeffizienten in die Risikofunktion aufgenommen. Die errechneten Koeffizienten erlauben für jede Merkmalskombination die Vorhersage des Anteils auffälliger Befunde.

Die an 310 langjährig asbestfaserstaubgefährdeten Kraftfahrzeugmechanikern gewonnenen Ergebnisse lassen keine eindeutige Assoziation der asbestoseverdächtigen Lungenstruktur mit der im bisherigen Berufsleben inhalierten Asbestfaserstaubdosis erkennen. Diese Einschätzung läßt sich übereinstimmend aus der logistischen Regressionsanalyse und den Häufigkeits- und Mittelwertvergleichen der nach den Einflußgrößen klassierten Zielgrößen gewinnen.

Andere Einflußgrößen wie das Lebensalter, Hinweis auf ein chronisches unspezifisches respiratorisches Syndrom (CURS) und vor allem das Übergewicht und die Rauchgewohnheiten haben im Vergleich zur Dosis einen ganz wesentlich stärkeren Einfluß auf die Prävalenz röntgenologisch erkennbarer kleiner unregelmäßiger Lungenschatten. Auffällige diffuse seitliche Pleuraverbreiterungen der Dicke a

(< 5 mm) und Verbreitung 3 (> 1/2 der lateralen Brustwand) werden in der Gruppe der Kraftfahrzeugmechaniker signifikant häufiger gefunden. Ein wesentlicher Einfluß der kumulativen Asbestfaserstaubdosis kann aber weder durch den Vergleich der Dosis-Gruppen innerhalb der Altersklassen noch durch die logistische Regressionsanalyse nachgewiesen werden. Bedeutsamer als die Dosis ist die Latenzzeit für die Entwicklung einer pleuralen Asbestose. Diese Einflußgröße ist für unser Kollektiv dem Lebensalter annähernd proportional. Der Einfluß des Alters in der logistischen Regressionsanalyse ist jedoch deutlich geringer als derjenige des Übergewichts. Die Einlagerung subpleuralen Fettes bestätigt sich als offenbar wichtigste Differentialdiagnose der asbestverursachten diffusen Pleuraverdickung.

Asbestoseverdächtige restriktive Ventilationsstörungen lassen keine Assoziation mit der kumulierten Asbestfaserstaubdosis erkennen. Wichtigste konkurrierende Einflußfaktoren sind die Erkrankung an einem chronischen unspezifischen respiratorischen Syndrom, ferner das Übergewicht und die Rauchgewohnheiten.

Erwartungsgemäß deutlich ist der Einfluß eines chronischen unspezifischen respiratorischen Syndroms auf eine möglicherweise vorliegende Gasaustauschstörung. Demgegenüber ist der Einfluß der kumulativen Asbestfaserstaubdosis auch auf dieses unsichere Kriterium einer Asbestinhalationsfolge als nachgeordnet anzusehen.

Zusammenfassend muß das Risiko der Erkrankung an fibrogenen Folgen, d.h. an einer Asbestose der Lunge und/oder Pleura nach den vorliegenden Befunden offenbar selbst für langjährig berufserfahrene Kraftfahrzeugmechaniker arbeitsmedizinisch als gering eingestuft werden. Diese Annahme wird arbeitstechnisch gestützt durch das Ergebnis einer relativ niedrigen individuellen kumulativen Asbestfaserstaubdosis von nur ca. $0,33 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$ im Median oder $\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$ im Mittel. Nach den Ergebnissen von Finkelstein [16, 17] und Berry [3, 5] ist bei derartig niedrigen Dosen der Nachweis fibrogener Asbestinhalationsfolgen noch nicht zu erwarten. Für die Induktion eines asbestverursachten Mesothelioms trifft diese Aussage jedoch nicht zu (s.u.).

4. Diskussion

4.1 Retrospektive Bewertung der früheren Asbeststaubgefährdung in Bremsendiensten

Unsicherheiten müssen bei der Abschätzung der früheren Asbestfaserstaub-Gefährdung in Bremsendiensten in Kauf genommen werden. So waren in Kraftfahrzeugwerkstätten zunächst zahlreiche staubemittierende Arbeitsschritte wie das Zuschneiden der Beläge, das Brechen der Kanten und das Bohren von Nietlöchern erforderlich. Derartige Arbeitsvorgänge werden heute beim Hersteller ausgeführt [13, 20, 21, 49]. Das Anpassen der Trommelbremsbeläge an den Trommelradius erfolgte zunächst auch für schwere Nutzfahrzeuge durch Überschleifen mit Geräten ohne Absaugung [13]. Neben stationären Geräten wurden auch Schleifhexen und Schleifautomaten verwendet, die auf die Radachse aufmontiert werden konnten [20, 50].

Aus den anamnestischen Erhebungen an 210 Kraftfahrzeugmechanikern wurden 101 Arbeitsverhältnisse, die vor 1965 beendet wurden, mit 205 Arbeitsverhältnissen verglichen, die nach 1965 begannen, Abb. 28 [43]. Ein Rückgang stauberzeugender Arbeitsvorgänge wird im wesentlichen nur für das Zuschneiden von Bremsbelägen, nicht aber für das Ausblasen der Bremstrommeln und das Überschleifen der Bremsbeläge beobachtet. Dennoch zeigte sich eine Zunahme staubarmerer, d.h. sicherheitstechnisch verbesserter Bearbeitungsmethoden. Es handelt sich um das Überschleifen mit Absaugung, das Dampfstrahlen und insbesondere das Überdrehen. Demnach wurde die Anpassung von Trommelbremsbelägen durch Überschleifen und Überdrehen nach 1965 deutlich häufiger ausgeführt als vor 1965. Hierbei ist zu berücksichtigen, daß eine Verwendung von Scheibenbremsbelägen vor 1965 kaum anzunehmen ist. Weitergehende Staubbekämpfungsmaßnahmen werden von Heidermanns et al. 1978 bei neueren Bearbeitungsmaschinen berichtet [20]. Sie betreffen hauptsächlich die verbesserte Absaugung von Schleifmaschinen und das Absaugen auch von Abdrehgeräten. Sie wurden während unserer seit 1981 durchgeführten Staubmessungen zum großen Teil angetroffen und offenbar zunehmend eingesetzt.

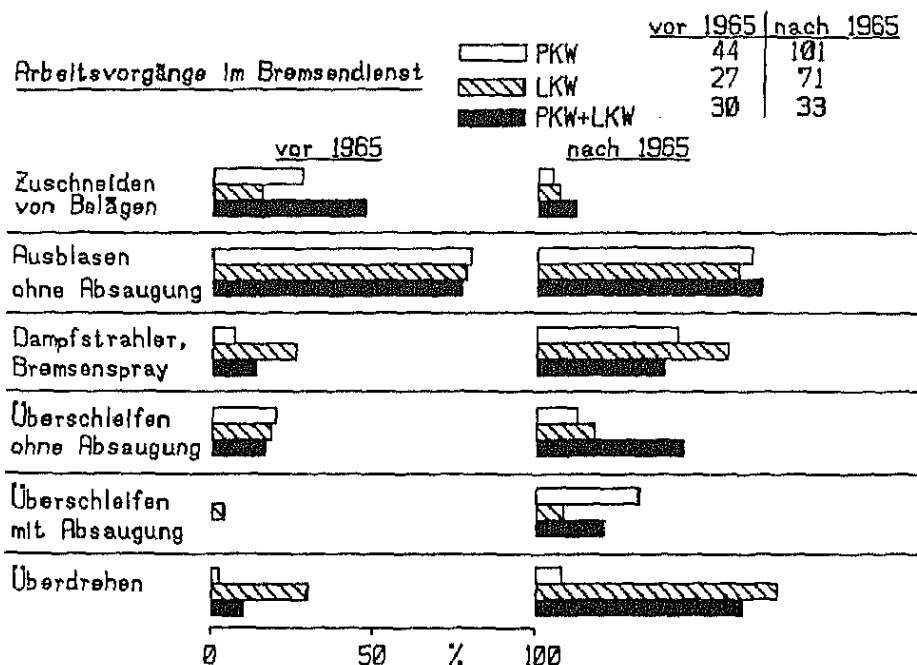


Abb. 28: Häufigkeit stauberzeugender Arbeitsvorgänge in Bremsendiensten. Anamnestische Erhebungen an 210 Kraftfahrzeugmechanikern. Zur Darstellung der zeitlichen Entwicklung werden Arbeitsverhältnisse, die vor 1965 beendet wurden, mit solchen Arbeitsverhältnissen verglichen, die nach 1965 begannen.

Die nach 1972 durchgeführten Messungen von Heidermanns et al. [20] beruhen auf stationären Feinstaub- und personenbezogenen Gesamtstaub-Messungen. Sie kommen noch zu Schätzwerten der Asbestfeinstaubkonzentration in der Größenordnung von $0,1 \text{ mg/m}^3$. Demgegenüber entsprechen die 1981 und 1982 durchgeführten Messungen in Kraftfahrzeug-Werkstätten weitgehend den Ergebnissen der vorliegenden Untersuchungen [8]. Weiterhin weisen Prüfstandversuche mit Bremsbelägen an Abdre- und Schleifmaschinen eine erhebliche Spannweite der Faserkonzentrationen in Abhängigkeit von den Gerätetypen und den Betriebsbedingungen nach [9]. So ergibt der Vergleich zwischen dem Überschleifen ohne geeigneten Entstauber und dem Abdrehen mit Entstauber einen Unterschied fast um den Faktor 100. Beim Überschleifen mit Absaugung können z.T. Faserkonzentrationsunterschiede von mehr als dem Faktor 10 durch das Verdoppeln des Absaugvolumens erzielt werden.

4.2 Abschätzung des Tumorrisikos der Kraftfahrzeugmechaniker aus den Ergebnissen der Faserstaubdosimetrie

Grundlage für die Abschätzung des Tumorrisikos ist die Bestimmung der kumulativen Asbestfaserdosis von 310 Kraftfahrzeugmechanikern mit einem Medianwert von

$$0,33 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre } L > 5 \mu\text{m}$$

und einem Mittelwert von

$$\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre } L > 5 \mu\text{m}.$$

Anhand dieses Dosis-Mittelwertes kann das mittlere Lungenkrebsrisiko der Kraftfahrzeugmechaniker abgeschätzt werden. Hierzu werden die internationalen epidemiologischen Studien zur Dosis- Häufigkeits-Beziehung der Lungenkrebsmortalität nach beruflicher Asbeststaub-Gefährdung ausgewertet, soweit sie Angaben zur kumulativen Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ enthalten. Eine solche Bewertung des Lungenkrebsrisikos der Kraftfahrzeugmechaniker kann z.B. nach einem Dokument der OSHA [30] oder aber nach dem von Schneidermann im Bericht des Bundesgesundheitsamtes [45] zusammengestellten internationalen epidemiologischen Erfahrungen erfolgen. Bei einer Erwartung von ca. 60 nichtasbestbedingten Lungenkrebstodesfällen je 1.000 Verstorbene ist demnach mit ca. 0,02 - 2 zusätzlichen asbestverursachten Lungenkrebstodesfällen zu rechnen. Dabei lassen epidemiologische Studien an Kraftfahrzeugmechanikern im allgemeinen eine sehr flache Dosis-Häufigkeits- Beziehung für das Lungenkrebsrisiko erkennen [4, 28]. Demnach sollte dieses spezifische Lungenkrebsrisiko der Kraftfahrzeugmechaniker weit unterhalb der von Doll und Peto [12] für die Textilindustrie abgeschätzten Verdopplungsdosis des Lungenkrebsrisikos bei $100 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre } L > 5 \mu\text{m}$ liegen. Hieraus ließe sich die Zahl der Lungenkrebstodesfälle auf « 0,4 je 1.000 verstorbene Kraftfahrzeugmechaniker einschränken.

Außer dem Lungenkrebsrisiko ist insbesondere das Mesotheliomrisiko der Kraftfahrzeugmechaniker zu beachten. Aus zusammenfassenden Auswertungen von epidemiologischen Studien nach beruflicher Asbeststaubgefährdung wird ein mittleres Verhältnis von 1:2 bis 1:4 für Mesotheliomtodesfälle im Vergleich zur Zahl der zusätzlich auftretenden Lungenkrebstodesfälle beobachtet [12, 29, 54]. Allerdings ist zu vermuten, daß ein Großteil, wenn nicht alle, dieser Mesotheliomerkrankungen auf Amphibolfaserinhalation zurückzuführen ist. Hierzu ist jedoch festzustellen, daß einerseits gerade auch bei Kraftfahrzeugmechanikern nach reiner Chrysotilgefährdung zweifelsfrei Mesotheliomtodesfälle beobachtet werden. Andererseits wird auch für Chrysotil-Lagerstätten eine Verunreinigung mit dem Amphibolasbest Tremolith beobachtet, die sogar zu einer Anreicherung von

Tremolithfasern im Lungenstaub der Beschäftigten von Chrysotilminen führt [7, 34].

Es bleibt offen, inwieweit diese für 310 Kraftfahrzeugmechaniker abgeschätzte Asbestfaserstaub-Gefährdung zutreffend auf den Personenkreis von hunderttausenden gegenwärtig und ehemals in Kraftfahrzeugwerkstätten tätigen Mechanikern übertragen werden kann. Insbesondere erscheint es zweifelhaft, ob die heute gemessenen niedrigen Asbestfaserdosen einzelner Arbeitsvorgänge als repräsentativ für die frühere Arbeitsplatzsituation angesehen werden können. Andererseits ist es ebenfalls nicht auszuschließen, daß es sich bei den 310 Kraftfahrzeugmechanikern um eine nicht repräsentative Auswahl von Spezialisten handelt, die auch in normalen Kraftfahrzeugwerkstätten überwiegend die anfallenden Bremsen- und Kupplungsreparaturen ausgeführt haben. Allerdings zeigen die Raumpegelmessungen der Asbestfaserkonzentration in Kraftfahrzeugwerkstätten, daß selbst Kraftfahrzeugmechaniker, die nicht selbst Bremsenreparaturen ausführen, als Bystander Asbestfaserkonzentrationen $L \geq 5 \mu\text{m}$ in der Größenordnung von $5.000 - 10.000 \text{ F/m}^3$ ausgesetzt sind. Bei 20jähriger Tätigkeit in Kraftfahrzeugwerkstätten könnte allein hieraus eine kumulative Asbestfaserstaubdosis in der Größenordnung von $0,1 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$ resultieren. Demgegenüber zeigen zahlreiche Immissionsmessungen, daß für die Bevölkerung der Bundesrepublik ohne berufliche Asbeststaubgefährdung die Forderung des Bundesgesundheitsamtes nach einer Asbestfaserkonzentration $L \geq 5 \mu\text{m}$ in der Umwelt von deutlich unterhalb von 1.000 F/m^3 eingehalten ist [2, 25].

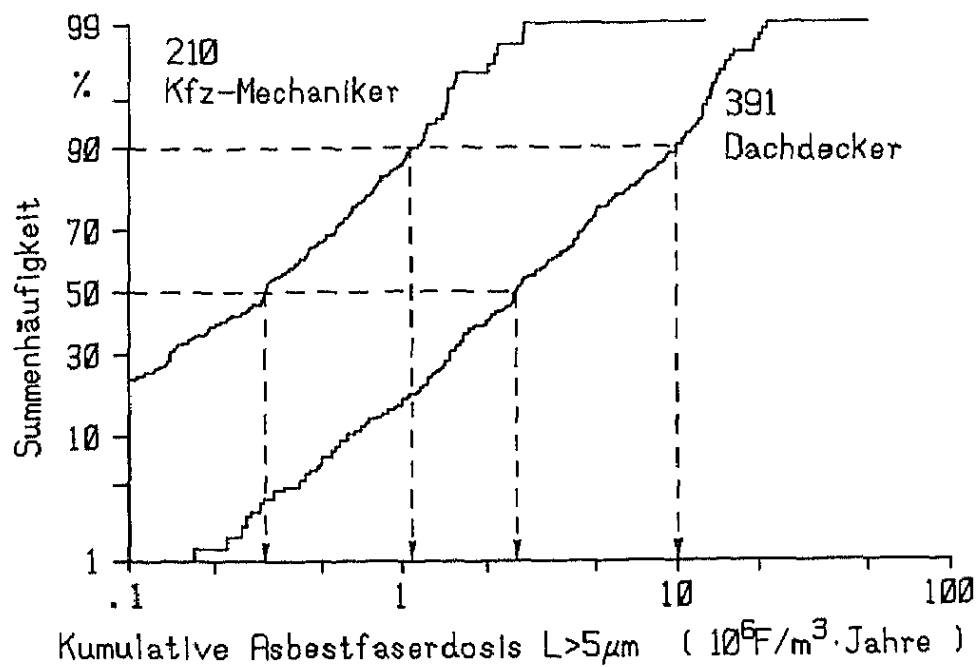


Abb. 29: Summenhäufigkeit der kumulativen Asbestfaserdosis für 210 Kraftfahrzeug-Mechaniker in Bremsendiensten und 391 Dachdecker bei der Asbestzementbearbeitung auf Baustellen. Die Medianwerte betragen $0,3$ bzw. $2,5 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$. Die arithmetischen Mittelwerte ergeben sich zu $\bar{x} \pm s = (0,54 \pm 1,1)$ bzw. $(4,3 \pm 4,8) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$. Eingezeichnet sind ferner die 90-Perzentilwerte.

Auftreten von Mesotheliomkrankungen

*=Geburt, ─=Gefährdung, †=Erkrankung/Tod

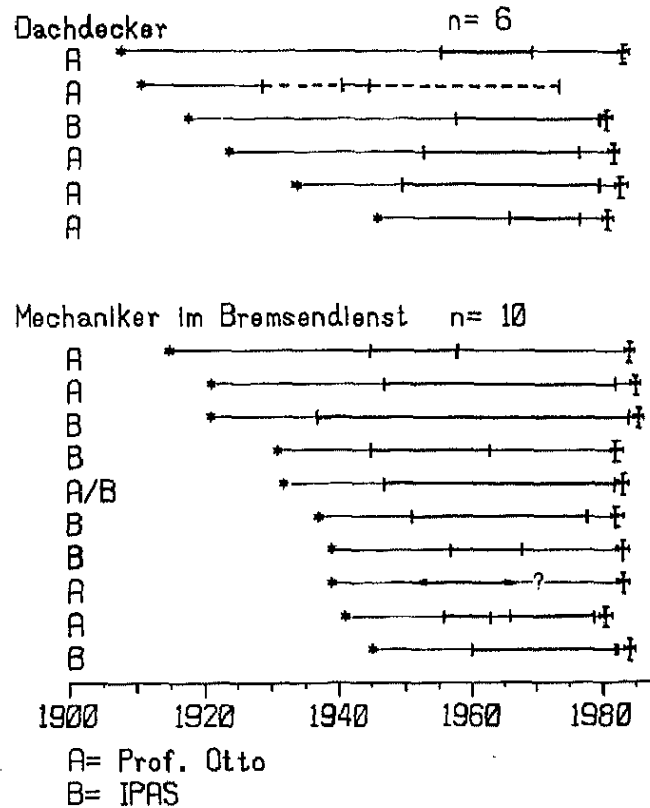


Abb. 30: Asbestverursachte Mesotheliomkrankungen bei Dachdeckern und Mechanikern in Bremsendiensten von Kraftfahrzeugwerkstätten. Zeitlicher Abstand zwischen Geburt, Asbeststaubgefährdung und Auftreten bzw. Tod an der Erkrankung. 7 der Patienten entstammen dem Patientengut unserer Poliklinik. Eine von 11 Erkrankungen aus dem Mesotheliomregister Dortmund der Berufsgenossenschaften (Prof. Dr. H. Otto) war in unserer Poliklinik bereits bekannt. Für einen der Dachdecker (Geburtsjahr 1911) ist weder das Erkrankungs- noch das Todesdatum bekannt. Für einen Kraftfahrzeugmechaniker (Geburtsjahr 1939) ist nur die Gefährdungsdauer von 14 Jahren, jedoch nicht das Kalenderjahr des Gefährdungsbeginns zu ermitteln (Pfeilmarkierung).

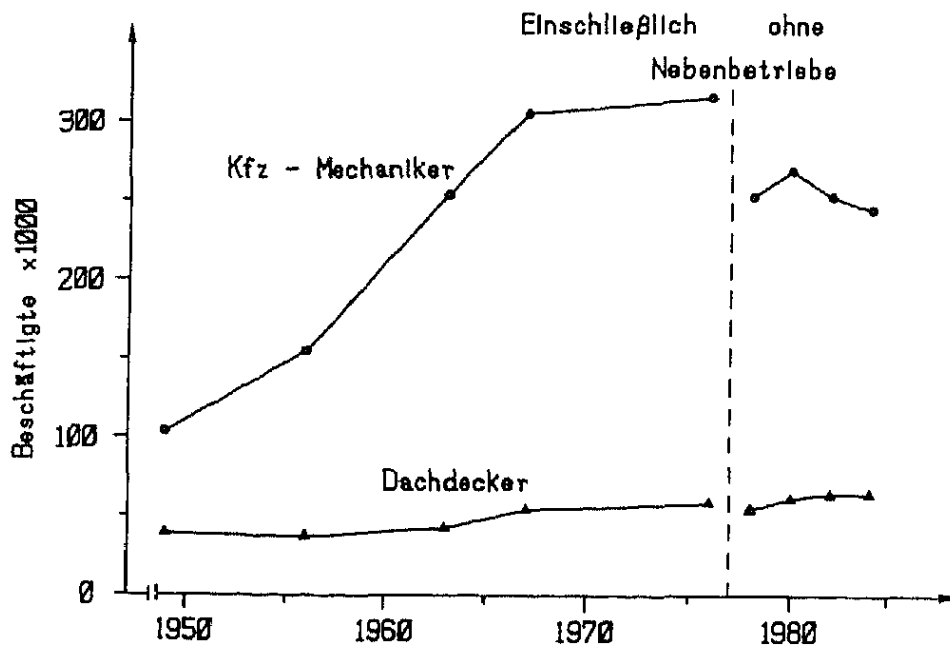


Abb. 31: Entwicklung der Beschäftigtenzahlen der Kraftfahrzeug-Mechaniker und Dachdecker in der Bundesrepublik Deutschland.

4.3 Mesotheliom-Todesfälle bei Kraftfahrzeugmechanikern

Auffälligerweise wurden im Patientengut unserer Poliklinik bisher 6 Mesotheliomerkrankungen bei Kraftfahrzeugmechanikern beobachtet, aber nur 1 Mesotheliom eines Dachdeckers, obwohl für Dachdecker eine ca. 8mal höhere kumulative Asbestfaserdosierung abgeschätzt worden war, Abb. 29 [31]. Zur weitergehenden vergleichenden Bewertung des Tumorrisikos beider Handwerkergruppen wurde eine Anfrage an das Mesotheliom-Register Dortmund der Berufsgenossenschaften (Prof. Dr. H. Otto) zur Inzidenz dieses Tumors bei Dachdeckern und Kraftfahrzeugmechanikern gestellt [42, 43]. Insgesamt wurden 10 Mesotheliomerkrankungen an Kraftfahrzeugmechanikern in Bremsendiensten und 6 Mesotheliomerkrankungen an Dachdeckern beobachtet, Abb. 30. Alle Diagnosen waren, soweit ersichtlich, nach 1980 gestellt worden. In die vergleichende Bewertung dieser Fallzahlen wurde eine Diskussion

- der Produktionszahlen,
- der Beschäftigtenzahlen,
- der arbeitstechnischen Entwicklung stauberzeugender Bearbeitungsvorgänge und
- der elektronenmikroskopisch ermittelten Faserlängen- und Durchmesser- verteilungen

durchgeführt. So steigt für die Kraftfahrzeugmechaniker im Vergleich zu den Dachdeckern die Beschäftigtenzahl nach 1945 von ca. 2,5:1 auf 5:1 an, Abb. 31.

Wegen der von Peto beschriebenen Abhängigkeit der Mesotheliominzidenz von der Risikodauer seit Gefährdungsbeginn [33] ist die zeitliche Entwicklung der Asbestfaserstaub-Gefährdung von besonderem Gewicht. Ein solcher Unterschied kann jedoch wegen der uneinheitlichen Entwicklung der Kraftfahrzeugarten im Vergleich zur Asbestzementproduktion nicht festgestellt werden, Abb. 32. Der lichtmikroskopisch gemessene Unterschied von 1:8 in der kumulativen Asbestfaserdosis von Kraftfahrzeugmechanikern und Dachdeckern bedarf im Vergleich zu den elektronenmikroskopischen Messungen der Asbestfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ keiner Modifikation, Abb. 22. Hinzu kommt, daß auch für Abmessungen der Asbestfasern $L \geq 1 \mu\text{m}$, welche in Kraftfahrzeugwerkstätten und auf Baustellen gesammelt wurden, nur geringe mediane Unterschiede bestehen, vgl. Abb. 24.

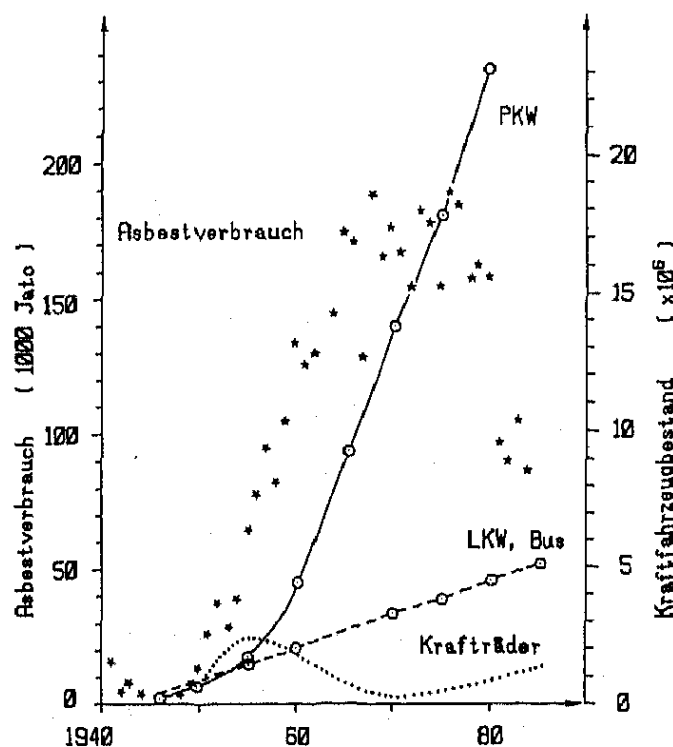


Abb. 32: Entwicklung des jährlichen Asbestverbrauchs im Vergleich zum Kraftfahrzeugbestand in der Bundesrepublik Deutschland, vgl. [43]. Etwa zwei Drittel des Asbestverbrauchs diente der Asbestzementherstellung. Der Asbestverbrauch bestimmt daher überschlägig die Häufigkeit der Asbestzementverarbeitung auf Baustellen. Die Zulassungszahlen der Kraftfahrzeuge können näherungsweise als Parameter für die Häufigkeit von Bremsen- und Kupplungsreparaturen in Kraftfahrzeugwerkstätten angesehen werden. Hierbei erfolgt eine Unterscheidung zwischen Pkw, Lkw und Bus einschließlich Anhänger und Kraftroller.

Tab. 14: Übersicht zu dem Ergebnisvergleich der Bremsendienst- und der Baustellenstudie

Vergleich: Kfz-Mechaniker (Kfz) - Dachdecker (DD)

- Kumulative Asbestfaserdosis	1:8 (Lichtmikroskopie)
- Fibrogene Asbestinhalationsfolgen	Kfz: Fraglich DD: Signifikant gegenüber Kontrollpersonen
- Beschäftigtenzahlen	2,5:1 bis 5:1
- Bekannt gewordene Mesotheliominzidenz	Kfz etwas niedriger als DD (Fallzahlen = 10:6)
- Anstieg der Verbrauchsentwicklung	Lkw, Bus, Krafträder <u>früher</u> , Pkw <u>später</u> als Asbestzement
- Elektronen- zu Lichtmikroskopie, Fasern $L > 5 \mu\text{m}$	Kfz: $\leq 2 : 1$ DD: $\sim 3 : 1$
- Asbestfaseranteil $L > 5 \mu\text{m}$ an allen Asbestfasern	Kfz: Abdrehen ca. 1:20, Übers Schleifen, Ausblasen ca. 1:100
- Länge und Durchmesser, Asbestfasern $L \geq 1 \mu\text{m}$	Kein deutlicher Unterschied
- Frühere Arbeitsverfahren	Kfz: Wandel der Verfahren ca. seit 1960 DD: Trennschleifer seit ca. 1950

Insgesamt erlauben unsere Ergebnisse, die zunächst unerwartet hohe Zahl von Mesotheliomerkrankungen bei Kraftfahrzeugmechanikern im Vergleich zu den Dachdeckern weitgehend zu erklären, Tab. 14. Die verbleibenden Unsicherheiten sind am ehesten auf die Schwierigkeiten der notwendigerweise Jahrzehnte zurückblickenden Abschätzung der Asbestfaserstaub-Gefährdung bei Kraftfahrzeugmechanikern in Bremsendiensten zurückzuführen. Hierbei ergibt sich die entscheidende Schlußfolgerung, daß die Auswertung der bisher bekannt gewordenen Mesotheliomerkrankungen in Verbindung mit den Ergebnissen der Asbestfaserstaub-Dosimetrie aus unserer Bremsendienst- ebenso wie aus unserer Baustellenstudie zur Objektivierung eines asbestverursachten Tumorrisikos sowohl für die asbestfaserstaubgefährdeten

- Kraftfahrzeugmechaniker in Bremsendiensten als auch für
- Dachdecker mit Asbestzement-Verarbeitung auf Baustellen führt.

Besonders bemerkenswert ist hierbei der Umstand, daß die Mesotheliomtodesfälle bei Kraftfahrzeugmechanikern nach reiner Chrysotilstaub-Gefährdung beobachtet wurden, da gelegentlich angezweifelt wird, daß Chrysotil in der Lage ist, Mesotheliome zu verursachen [12].

4.4 Entschädigung im Rahmen von Berufskrankheitenverfahren

Die für 310 Kraftfahrzeugmechaniker abgeschätzte mittlere kumulative Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ von

$$(0,55 \pm 1,1) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$$

nach im Mittel 21jähriger Tätigkeit reicht bei weitem nicht aus, um das Krankheitsbild der Lungenasbestose zu erzeugen oder beim Auftreten einer Lungenkrebserkrankung als medizinisch wesentliche Teilursache zu gelten. So wird eine Verdopplung der Lungenkrebsrate der Normalbevölkerung (ca. 6% aller Todesursachen bei Männern) erst bei einer Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ von etwa

$$20 \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$$

oder mehr beobachtet [30]. Allerdings zeigen die vorliegenden Untersuchungsergebnisse, daß vereinzelt im Extremfall ständiger Bremsendlenstätigkeit (2 von 310 Kraftfahrzeugmechanikern), vgl. Abb. 15, speziell in Nutzfahrzeugbetrieben, kumulative Asbestfaserstaub-Dosen in der Nähe dieses Wertes erreicht werden können. Da außerdem eine beträchtliche Unsicherheit bei der rückblickenden Bewertung früherer Arbeitsvorgänge besteht, ist in solchen Einzelfällen die Anerkennung einer Lungenkrebserkrankung als Berufskrankheit nicht von vornherein als ausgeschlossen anzusehen.

Im Vergleich zum Lungenkrebs wird für das Mesotheliom die weitaus geringere proportionale Mortalitätsrate in der Allgemeinbevölkerung von ca. 0,06% aller Todesfälle abgeschätzt [2, 18]. Hierbei ist davon auszugehen, daß selbst für diese Erkrankungen in etwa 2/3 der Fälle eine berufliche Asbeststaubgefährdung als Ursache gefunden wird. Demnach bleibt eine Rate von ca. 0,02% aller Todesfälle als das Risiko der beruflich nicht asbeststaubgefährdeten Allgemeinbevölkerung anzusehen. Die beobachteten Mesotheliomtodesfälle bei Kraftfahrzeugmechanikern lassen erwarten, daß dieses Risiko mehrfach überschritten ist.

Eine weitere Forderung des Gesetzgebers (vgl. § 551 Abs.1 RVO) verlangt den Nachweis von bestimmten Einwirkungen

"denen bestimmte Personengruppen durch ihre Arbeit in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt sind".

Umweltmessungen zeigen, daß die Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes für eine Asbestfaserkonzentration $L \geq 5 \mu\text{m}$

"von deutlich weniger als 1.000 F/m^3 "

ganz überwiegend eingehalten werden [25]. Ein Schätzwert für die über das Kalenderjahr gemittelte Asbestfaserstaub-Konzentration der Allgemeinbevölkerung würde demnach bei

$$< 500 \text{ F/m}^3, L \geq 5 \mu\text{m}$$

liegen. Beim Vergleich mit der beruflichen Asbestfaserstaub-Gefährdung der Kraftfahrzeugmechaniker ist der Zeitanteil der Arbeitszeit von nur ca. 20% im Kalenderjahr zu berücksichtigen. Demnach würde sich bereits aus den Untergundmessungen mit Asbestfaserkonzentrationen von 5.000 bis 10.000 F/m^3 eine beruflich bedingte mittlere Konzentration von

$$\geq 1.000 \text{ F/m}^3, L \geq 5 \mu\text{m}$$

zusätzlich ergeben. Hinzu kommt der für die selbst verrichteten Arbeitsvorgänge geschätzte Konzentrationsmittelwert von

$$26.000 \text{ F/m}^3 (= (0,55 \times 10^6 \text{ F/m}^3) \times \text{Jahre}/21 \text{ Jahre}).$$

Dieser liefert über das Kalenderjahr gemittelt einen Anteil von ca. 5.000 F/m^3 , $L \geq 5 \mu\text{m}$. Hieraus folgt, daß die am Arbeitsplatz eingeatmete Asbestfaserdosis eines derartig gefährdeten Kraftfahrzeugmechanikers bereits nach wenigen Jahren seiner Tätigkeit die lebenslang aus der Umwelt aufgenommene Asbestfaserstaub-Dosis überschreitet.

4.5 Überwachung der Technischen Richtkonzentration und der Auslöseschwelle

Die Technische Richtkonzentration für Chrysotil betrug während der gesamten Laufzeit des Vorhabens

- $1 \times 10^6 \text{ F/m}^3$ für die Faserkonzentration, Länge $> 5 \mu\text{m}$,
- $0,05 \text{ mg/m}^3$ für die Chrysotilfeinstaubmassenkonzentration und
- 2 mg/m^3 für die Massenkonzentration an asbesthaltigem Feinstaub [48].

Änderungen ergaben sich allerdings hinsichtlich des Beurteilungszeitraumes, d.h. der Mittelungszeit, über die die Technische Richtkonzentration gemittelt wird. Aufgrund der Gesetzgebung der Europäischen Gemeinschaft wurde der Beurteilungszeitraum für die Technische Richtkonzentration von Asbest 1984 von 1 Jahr auf 8 Stunden herabgesetzt. Mit dieser Änderung war ebenfalls ein Wechsel der für die Arbeitsplatzüberwachung gültigen Meßstrategie verbunden. Während bis 1984 die

Regeln zur Messung und Beurteilung gesundheitsgefährlicher mineralischer Stäube, ZH 1/561

anzuwenden waren [19], erfolgte die Überwachung der Asbeststaubgefährdung am Arbeitsplatz nach diesem Zeitpunkt mit Hilfe der

Technischen Regeln für Gefahrstoffe, TRGS 402 (ehemals Arbeitsstoffe, TRGA 402) "Ermittlung und Beurteilung der Konzentration gefährlicher Stoffe in der Luft in Arbeitsbereichen" [47].

Eine Beurteilung nach der ZH 1/561 kann nur für Messungen mit einer Probenahmedauer ≥ 1 Stunde erfolgen. Dagegen wird nach der TRGS 402 bei "verkürzter Exposition" der Meßwert stets auf den Schichtmittelwert umgerechnet, wobei auch bei kurzzeitiger "Exposition" diese Konzentrationswerte den Grenzwert höchstens um den Faktor 8 überschreiten dürfen. Eine Überschreitung der Technischen Richtkonzentration wurde weder für die Feinstaubmassenkonzentration noch für die Faserkonzentration festgestellt. Diese Aussage gilt gleichermaßen für die Anwendung beider Richtlinien. Hierbei ist jedoch festzustellen, daß es nicht das Ziel der Untersuchungen war, die Einhaltung der Technischen Richtkonzentration an einzelnen Arbeitsplätzen festzustellen. Es wurden daher nur selten Wiederholungsmessungen durchgeführt, selbst wenn einzelne Ergebnisse im Kontrollbereich der ZH 1/561 angetroffen wurden. Solche Werte wurden am ehesten für die Feinstaubmassenkonzentration bei personenbezogener Probenahme im Zusammenhang mit Ausblas-, Reinigungs- und Montagearbeiten an Bremstrommeln sowie beim Überdrehen beobachtet [21]. In einzelnen Fällen war bei ca. 1stündiger Probenahme die Konzentration von 2 mg/m^3 überschritten. In allen Fällen konnte jedoch nach der ZH 1/561 eine kurzzeitige Einwirkung angenommen werden, die zu einer Unterschreitung der TRK führte.

Ähnliche Ergebnisse wurden auch vom berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA) in den Jahren 1982 und 1983 beobachtet [8]. Hierbei ist jedoch zu berücksichtigen, daß das Meßprogramm der Berufsgenossenschaften in erster Linie von den Fragen des praktischen Arbeitsschutzes bestimmt ist und sich vordringlich auf Problemfälle konzentriert. Bei insgesamt 906 Datensätzen aus 95 Kraftfahrzeugbetrieben wurden die folgenden Überschreitungen berichtet:

- 1,4 % bei Faserkonzentrationsmessungen,
- 11,5 % bei Chrysotilfeinstaubmessungen und
- 3,1 % bei Feinstaubmessungen.

Speziell für das Ausblasen wurden 22 % und für das Säubern 33 % Überschreitungen der TRK für Chrysotilfeinstaub angegeben. Leider ist hierbei nicht ersichtlich, wieviel Gewichtsprozent der Chrysotilanteil dieser Feinstäube, die überwiegend Bremsabrieb enthalten sollten, ausmachte. Die Medianwerte aller Messungen betragen

$0,2 \text{ mg/m}^3$ für asbesthaltigen Feinstaub,

0,007 mg/m³ für Chrysotilfeinstaub und

0,07 x 10⁶ F/m³ für die lichtmikroskopisch bestimmte Faserkonzentration L > 5 µm.

Sowohl die Feinstaubmassenkonzentrationen als auch die Faserkonzentrationen sind mit den hier vorliegenden Ergebnissen vergleichbar. So wurde, gemittelt über alle lichtmikroskopischen Faserkonzentrationsmessungen mit einer Probenahmedauer von mehr als 1 Stunde, ein Mittelwert von

$$\bar{x} \pm s = 0,08 \pm 0,07 \times 10^6 \text{ F/m}^3$$

erhalten.

Insgesamt darf aufgrund der Faserkonzentrationsmessungen für den überwiegenden Teil der Kraftfahrzeugwerkstätten selbst eine dauerhaft sichere Einhaltung der TRK angenommen werden. Nach der TRGS 402 liegt diese immer dann vor, wenn die Schichtmittelwerte langfristig nicht größer als 1/4 des Grenzwertes sind [47]. Dagegen ist es nicht möglich, für die Feinstaubmassenkonzentration beim Ausblasen und Ausbürsten ohne Absaugung sowie beim Überschleifen und Überdrehen mit ungeeigneten Geräten, eine dauerhaft sichere Einhaltung festzustellen. Dies gilt zumindest in solchen Fällen, in denen pro Schicht an mehreren Fahrzeugen Bremsenreparaturen durchgeführt werden können, so daß nicht von einer Expositionsdauer ausgegangen werden kann, die verfahrensbedingt kürzer als die Schichtlänge ist. Stets kann jedoch die dauerhaft sichere Einhaltung der TRK sowohl für den Asbestfeinstaub als auch für den asbesthaltigen Feinstaub und die Faserkonzentration bei bestimmungsgemäßer Verwendung geprüfter Bearbeitungsgeräte und dem Verzicht auf das Ausblasen und Ausbürsten ohne Absaugung erreicht werden. Folge dieses Ergebnisses unserer Forschung ist, daß auf die regelmäßige Durchführung von Kontrollmessungen verzichtet werden kann. Auch gilt für krebserzeugende Stoffe der Gruppe 2 der Gefahrstoffverordnung, zu denen Asbest z.Z. rechtlich noch gehört, die dauerhaft sichere Einhaltung als Entscheidungskriterium für die Einhaltung der Auslöseschwelle [40]. Somit ist derzeit die Durchführung zusätzlicher Maßnahmen zum Schutz der Gesundheit, zu denen auch arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen gehören, nicht vorgeschrieben. Eine Änderung der Situation ergäbe sich im Falle

- der Absenkung der Technischen Richtkonzentration für Chrysotil und/oder
- der Umgruppierung von Chrysotil von Gruppe II nach Gruppe I des Anhangs II der Gefahrstoffverordnung als "sehr stark krebserzeugender" Arbeitsstoff.

5. Schlußfolgerungen

1. Bei 310 Kraftfahrzeugmechanikern in Bremsendiensten ergibt sich eine mittlere kumulative Asbestfaserstaub-Dosis $L > 5 \mu\text{m}$ von

$$\bar{x} \pm s = (0,55 \pm 0,95) \times 10^6 \text{ F/m}^3 \times \text{Jahre}$$

bei im Mittel

$$\bar{x} \pm s = 21 \pm 21 \text{ jähriger Beschäftigungsdauer.}$$

2. Hieraus resultiert eine über die Beschäftigungsdauer gemittelte Asbestfaserkonzentration von 25.000 F/m^3 bei lichtmikroskopischer Messung. Hinzu kommt der auch für Bystander bestehende Asbestfaserpegel in Kraftfahrzeugwerkstätten, der bei elektronenmikroskopischer Messung auf $5.000 - 10.000 \text{ F/m}^3$ $L \geq 5 \mu\text{m}$ abgeschätzt wurde.
3. Die berufliche Asbestfaserstaub-Gefährdung der Kraftfahrzeugmechaniker stellt im Sinne des § 551 Abs. 1 RVO eine Einwirkung dar, der diese Personengruppe durch ihre Arbeit in erheblich höherem Grade als die übrige Bevölkerung ausgesetzt ist.
4. Von besonderem Interesse ist die elektronenmikroskopische Beurteilung des Chrysotilfaseranteils in Ausblasstäuben aus Bremsstrommeln. Einerseits kann eine Reduktion des Chrysotilanteils von ca. 30 Gew.-% im ursprünglichen Bremsbelag auf im allgemeinen « 1 Gew.-% im Ausblasstaub bestätigt werden. Andererseits kann aber auch die licht- und elektronenmikroskopische Faserkonzentrationsmessung als abgesichert betrachtet werden, da abgesehen von den eisenhaltigen Fasern fast ausschließlich Asbestfasern mit der für Chrysotil charakteristischen Elementzusammensetzung und Kristallstruktur beobachtet werden.
5. Bei elektronenmikroskopischer Messung beträgt das Verhältnis zwischen Asbestfasern $L \geq 5 \mu\text{m}$ und den Fasern aller Längen für Bremsabriebstäube aus Nutzfahrzeugen 1:170. Der Kurzfaseranteil ist damit wesentlich größer als z.B. für das Überdrehen. Für das Überschleifen von Bremsbelägen ebenso für das Trennschleifen von Asbestzement auf Baustellen werden jedoch ähnlich große Kurzfaseranteile beobachtet. Ein überragendes Tumorrisiko des Kurzfaseranteils in Abriebstäuben im Vergleich zu anderen Arbeitsplätzen mit Asbestfaserstaub-Gefährdung kann daher nicht überzeugend hergeleitet werden.

6. Aufgrund der relativ niedrigen kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis der Kraftfahrzeugmechaniker sind fibrogene Lungen- und Pleuraveränderungen nach bisheriger Kenntnis der Dosis-Wirkungsbeziehungen a priori nicht zu erwarten. Dieses Ergebnis wird durch das Fehlen von Hinweisen auf fibrogene Asbestinhalationsfolgen selbst bei Anwendung der logistischen Regressionsanalyse im wesentlichen bestätigt.
7. Trotz der niedrigen Mittelwerte der kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis werden an einem Teil der Arbeitsplätze sicherheitstechnisch noch unzureichende Arbeitsverfahren angetroffen, die entsprechend der Forderung "so wenig Staub wie möglich" einer Sanierung bedürfen. Besonders bedenklich ist das Abschleifen übergroßer Schlepperbeläge, deren Nietlöcher mit Stopfen aus Belagmaterial verschlossen wurden. Diese Asbestfaserstaub-Gefährdung konnte zwischenzeitlich durch Verzicht auf die Stopfen ohne größeren technischen Aufwand abgestellt werden.
8. Für lichtmikroskopische Faserkonzentrationsmessungen $L > 5 \mu\text{m}$ wird in normalen Kraftfahrzeugwerkstätten eine Überschreitung der Technischen Richtkonzentration weder nach der Regel ZH 1/561 noch nach der Regel TRGS 402 beobachtet. Bei Berücksichtigung der verkürzten Gefährdungsdauer aufgrund des diskontinuierlichen Arbeitsanfalls kann hieraus für den überwiegenden Teil der Kraftfahrzeugwerkstätten eine dauerhaft sichere Einhaltung der Technischen Richtkonzentration und damit auch eine Einhaltung der Auslöseschwelle, z.B. im Hinblick auf die Vorschrift, arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen durchzuführen, angenommen werden.
9. In Übereinstimmung mit den Messungen des berufsgenossenschaftlichen Institutes für Arbeitssicherheit sind relativ hohe Feinstaubmassenkonzentrationen beim Ausblasen und Ausbürsten ohne Absaugung sowie beim Überschleifen und Überdrehen mit ungeeigneten Geräten, beobachtet worden. In jedem Fall ist jedoch auch bei Messungen des asbesthaltigen Feinstaubes und des Asbestfeinstaubes eine dauerhaft sichere Einhaltung der Technischen Richtkonzentration erreichbar. Entscheidend ist die bestimmungsgemäße Verwendung geprüfter Bearbeitungsgeräte und der Verzicht auf das Ausblasen und Ausbürsten von Bremsstrommeln ohne Absaugung. Bei Einhaltung dieser Bedingungen sehen die gegenwärtigen Vorschriften sowohl den Verzicht auf die regelmäßige Durchführung von Kontrollmessungen als auch arbeitsmedizinischer Vorsorgeuntersuchungen vor.
10. Das für die kumulative Asbestfaserdosis $L > 5 \mu\text{m}$ von $(0,55 \pm 1,1) \times 10^6 \text{ F/m}^3$ abgeschätzte Lungenkrebsrisiko beträgt $< 0,04 \%$ ($< 0,4$ je 1.000 Verstorbene). Neben den asbestverursachten Lungenkrebstodesfällen sind maximal noch einmal halb so viele Mesotheliomtodesfälle zu erwarten.

11. Die entscheidende Unsicherheit dieser Schätzwerte liegt in der mangelhaften Erfassung der Asbestfaserstaub-Gefährdung zurückliegender Arbeitsverhältnisse.
12. Die Beobachtung von bisher insgesamt 10 Mesotheliomtodesfällen an Kraftfahrzeugmechanikern aus Bremsendiensten führt zur Bestätigung eines asbestverursachten Tumorrisikos bei diesem Personenkreis.
13. Von besonderem Interesse erscheint der Umstand, daß für die Verursachung der Mesotheliomtodesfälle ausschließlich von einer Chrysotilgefährdung der Kraftfahrzeugmechaniker ausgegangen werden kann. Der Quantifizierung der Mesotheliominzidenz der Kraftfahrzeugmechaniker sollte auch aus diesem Grunde bei zukünftigen Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden.
14. Im Vergleich zur Lungenkrebsmortalität der übrigen Bevölkerung, z.B. von ca. 6% bei den Männern, ist die asbestverursachte Lungenkrebsmortalität der Kraftfahrzeugmechaniker verhältnismäßig gering. Eine Anerkennung als Berufskrankheit dürfte daher bei Anwendung der geltenden Rechtsnormen lediglich in Ausnahmefällen mit extremer Asbestfaserstaub-Gefährdung in Betracht zu ziehen sein.
15. Aufgrund der beobachteten Mesotheliomfälle läßt sich annehmen, daß die Mesotheliominzidenz für die Kraftfahrzeugmechaniker im Bremsendienst im Vergleich zur Allgemeinbevölkerung erhöht ist. Da außerdem eine gegenüber der übrigen Bevölkerung erhöhte Einwirkung durch Asbestfasern besteht, kann im allgemeinen die Anerkennung als Berufskrankheit gem. Nr. 4105 "durch Asbest verursachtes Mesotheliom des Rippenfells und des Bauchfells" erfolgen.
16. Bremsversuche mit Scheibenbremsen im Schwungmassenprüfstand zeigen im Vergleich zu Ausblasstäuben aus Bremstrommeln einen erhöhten Anteil von Chrysotilfaserbüscheln. In Übereinstimmung mit Versuchen in den USA betragen die Asbestmassengehalte der Abriebstäube meist < 1 Gew.-%. Entgegen früheren Vermutungen steigen sie mit der Geschwindigkeit und der Intensität der Abbremsung an.
17. Abhängig von dem Fahrverhalten und der technischen Auslegung der Fahrzeuge dürfte der mittlere Asbestgehalt in dem aus deutschen Kraftfahrzeugen emittierten Bremsabriebstaub zwischen 0,1 und 1 Gew.-% liegen. Der vom Umweltbundesamt bisher verwendete Schätzwert von 0,25 Gew.-% für den Asbestmassengehalt des Abriebstaubes und seiner Hochrechnung auf 10 t Asbest/Jahr für die Größenordnung der Emission in der Bundesrepublik Deutschland kann demnach als vorsichtige Schätzung bestätigt werden.

18. Bei Abbremsung aus hoher Anfangsgeschwindigkeit kommt es gleichzeitig sowohl zu einem hohen Materialabrieb als auch zu einem hohen Asbestmassegehalt. Demnach ergibt sich eine weitaus stärkere Emission von Asbestfasern bei der Abbremsung schneller Fahrzeuge aus hohen Geschwindigkeiten als bei der Abbremsung im Stadtverkehr.
19. Aus Immissionsmessungen wird vermutet, daß aufgrund der Emission aus Kraftfahrzeugbremsen an großstädtischen Straßenkreuzungen erhöhte Asbestfaserstaub-Konzentrationen auftreten. Aus dem Vergleich der Elementzusammensetzung dieser Fasern mit den Hauptelementen in Fasern, die bei Bremsreparaturen ermittelt werden, konnte die Herkunft der Faserimmission aus Bremsabriebstäuben aus unseren Untersuchungen bisher nicht hinreichend bestätigt werden.
20. Trotz der z. T. günstigen Ergebnisse zur Asbestfaserstaub Gefährdung durch die Verwendung asbesthaltiger Brems- und Kupplungsbeläge wird die Notwendigkeit einer Substitution des Asbestes gefolgert. Dies gilt hinsichtlich der Arbeitsschutzvorschriften auch deshalb, weil es arbeitsmedizinisch-toxikologische Gründe gibt, Asbest in die Gruppe I als "sehr stark gefährdend" in die Liste der krebserzeugenden Gefahrstoffe einzuordnen.

6. Literaturverzeichnis:

1. Asbestos International Association (AIA):
Reference method for the determination of airborne asbestos fibre concentrations at workplaces by light microscopy.
Asbest-Institut, Neuss (1979)
2. Aurand, K., W.S. Kierski (Eds.):
Gesundheitliche Risiken von Asbest. Eine Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes.
BGA-Berichte 4/1981, Dietrich Reimer Verlag, Berlin (1981)
3. BOHS Committee on Asbestos:
A study of the health experience in two U.K. asbestos factories.
Ann. Occup. Hyg. 27 (1983) 1-55
4. Berry, G., M.L. Newhouse:
Mortality of workers manufacturing friction materials using asbestos.
Brit. J. Ind. Med. 40 (1983) 1-7
5. Berry, G., J.C. Gilson, S. Holmes, H.C. Lewinsohn and S.A. Roach:
Asbestosis. A study of dose-response relationships in an asbestos textile factory.
Brit. J. Ind. Med. 36 (1979) 98-112
6. Berufsgenossenschaftliche Grundsätze für arbeitsmedizinische Vorsorgeuntersuchungen, G 1, Gesundheitsgefährlicher mineralischer Staub, Ausgabe 1981.
Hrsg.: Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V., Bonn, Loseblattsammlung, Gentner, Stuttgart (1981)
7. Churg, A. and B. Wiggs:
Fiber size and number in workers exposed to processed chrysotile asbestos, chrysotile miners and the general population.
Am. Ind. Hyg. Med. 9 (1986) 143-152
8. Coenen, W. und H. Schenk:
Asbeststaub an Arbeitsplätzen. Eine Analyse der Meßergebnisse aus den Jahren 1981/82.
BIA-Report 3/84. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, St. Augustin (1984) 1-101
9. Coenen, W., M. Helmmann, G. Kühnen und H. Schenk:
Begrenzung der Schadstoffemission von Maschinen zum Bearbeiten asbesthaltiger Materialien.
BIA-Report 2/84. Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit, St. Augustin (1984) 1-126

10. DFG-Forschungsbericht:
Chronische Bronchitis - Teil 1 und 2.
Harald Boldt Verlag, Boppard, 1975 und 1981
11. Dixon, W.J. et al.:
BMDP Statistical Software 1981.
University of California Press, Berkeley, Los Angeles, London (1981)
12. Doll, R. and J. Peto:
Asbestos, Effects on health of exposure to asbestos.
Health and Safety Commission.
Her Majesty's Stationery Office, London (1985) 1-58
13. Döhl, H. und H. Wegener:
Fachkunde für Kraftfahrzeugmechaniker, Teil 2: Arbeiten an der Kraftübertragung, dem Fahrgestell und der elektrischen Ausrüstung.
4. Auflage, Stuttgart, Teubner (1955)
14. Elliehausen, H.-J. und H.-J. Woitowitz:
Arbeitsmedizinische Querschnittuntersuchung bei langjährig asbeststaubgefährdeten Kraftfahrzeugmechanikern.
Forschungsbericht, Giessen (1987)
15. Elliehausen, H.-J., R. Paur, K. Rödelsperger und H.-J. Woitowitz:
Zum Risiko von Asbestinhalationsfolgen bei Kraftfahrzeugmechanikern in Bremsendiensten.
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 20 (1985) 256-261
16. Finkelstein, M.M. and J.J. Vinglis:
Radiographic abnormalities among asbestos cement workers.
Am. Rev. Respir. Dis. 129 (1984) 17-22
17. Finkelstein, M.M.:
A study of dose-response relationships for asbestos associated disease.
Brit. J. Ind. Med. 42 (1985) 319-325
18. Fischer, M. und E. Meyer:
Gesundheitliche Risiken von Asbest.
bga-Schriften: Zur Beurteilung der Krebsgefahr durch Asbest.
MMV Medizin Verlag, München (1984) 134-139
19. Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften:
Regeln zur Messung und Beurteilung gesundheitsgefährlicher mineralischer Stäube.
ZH 1/561 Carl Heymans-Verlag, Köln (1977) 1-23

20. Heidermanns, G., G. Kühnen und A. Schütz:
Untersuchungen über die Gesundheitsgefahren durch Stäube asbesthaltiger Bremsbeläge. Forschungsbericht Asbest.
Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (Hrsg.), Bonn (1978) 7-37
21. Jahn, H.:
Asbestexposition in Bremsendiensten von Kraftfahrzeug-Werkstätten.
Diplomarbeit, Fachhochschule Giessen (1983)
22. Jahn, H., K. Rödelberger, B. Brückel, J. Manke und H.-J. Woltowitz:
Asbeststaubgefährdung in Bremsendiensten.
Staub-Reinhalt. Luft 45 (1985) 80-83
23. Knecht, U., H.-J. Elliehausen und H.-J. Woltowitz:
Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAH) im Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen.
Verhandlungsbericht der 26. Jahrestagung der Dtsch. Ges. Arbeitsmed., Hamburg, Gentner, Stuttgart (1986) 277
24. Knecht, U., H.-J. Elliehausen, W. Judas und H.-J. Woltowitz:
Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in abraded particles of brake and clutch linings.
Intern. J. Environ. Anal. Chem. (1987) 227-336
25. König, R., H. Heide-Weise, H. Marfels und K.R. Spurny:
Felderprobung und Standardisierung von Verfahren zur Messung standardisierter Meßverfahren für VDI- und ISO-Richtlinien.
Umweltbundesamt. Forschungsbericht 104 02 556/01-02, April 1987
26. LeBouffant, L., S. Bruyere, H. Daniel et J.C. Martin:
Influence d'un traitement thermique des fibres de chrysotile sur leur comportement dans le poumon.
VDI-Berichte Nr. 475 (1983) 253-259
27. Manke, J., B. Brückel, K. Rödelberger und H.-J. Woltowitz:
Lungenstaubanalyse nach beruflicher Gefährdung durch Weißasbest (Chrysotil).
Arbeitsmed. Sozialmed. Präventivmed. 11 (1984) 257-261
28. McDonald, A.P., J.S. Fry, A.J. Woolley and J.C. McDonald:
Dust exposure and mortality in an American chrysotile asbestos friction products plant.
Brit. J. Ind. Med. 41 (1984) 151-157

29. McDonald, J.C. and A.D. McDonald:
Mesothelioma as an index of asbestos impact.
In: Quantification of Occupational Cancer.
Schneiderman, M., Peto, R., Banbury Report No. 9,
Cold Spring Harbor, New York (1981) 73-85
30. Occupational Safety and Health Administration:
Occupational Exposure to Asbestos.
Federal Register, Vol. 51, No. 119 (1986) 22.612-22.790
31. Paur, R., H.-J. Woitowitz, K. Rödelberger und H. Jahn:
Pleuramesotheliom nach Asbeststaubgefährdung bei Bremsreparaturen im
Kfz-Handwerk: Kasuistische Beobachtungen.
Prax. Klin. Pneumol. 39 (1985) 362-366
32. Paur, R., B. Maaß-Rühl, H.-J. Elliehausen, R. Arhelger und H.-J. Woitowitz:
Arbeitsmedizinische Querschnittsuntersuchungen bei Kraftfahrzeugmecha-
nikern in Bremsendiensten.
Verh. Dtsch. Ges. Arbeitsmed. e.V., 25. Jahrestagung in Dortmund vom
22.-25. Mai 1985, A.W. Gentner, Stuttgart (1985) 287-293
33. Peto, J., H. Seidman and I.J. Selikoff:
Mesothelioma mortality in asbestos workers: Implication for models of
carcinogenesis and risk assessment.
Brit. J. Cancer 45 (1982) 124-135
34. Pooley, F.D.:
An examination of the fibrous mineral content of asbestos lung tissue from
the Canadian chrysotile industry.
Environ. Res. 12 (1976) 281-298
35. Pott, F.:
Tierexperimente. In: Luftqualitätskriterien. Umweltbelastung
durch Asbest und andere faserige Feinstäube.
Berichte 7/80 des Umweltbundesamtes, Erich Schmidt Verlag (1980) 333-
360
36. Rohl, A.N., A.M. Langer, R. Klimentidis, M.S. Wolff and I.J. Selikoff:
Asbestos Content of Dust Encountered in Brake Maintenance and Repair.
Proc. Roy. Soc. Med. 70 (1977) 32-37
37. Rödelberger, K., B. Brückel, H. Jahn, J. Manke und H.-J. Woitowitz:
Asbestemission bei Bremsvorgängen.
Staub-Reinhalt. Luft 45 (1985) 26-31
38. Rödelberger, K., H. Jahn, B. Brückel, J. Manke, R. Paur und H.-J. Woitowitz:
Asbestos Dust Exposure During Brake Repair.
Amer. J. Ind. Med. 10 (1986) 63-72

39. Rödelsperger, K., H. Jahn, R. Arhelger, B. Maaß-Rühl und H.-J. Woitowitz:
Zur Bewertung des Tumorrisikos von Kraftfahrzeug-Mechanikern in Bremsendiensten.
Verh. Dtsch. Ges. Arbeitsmedizin e.V., 25. Jahrestagung in Dortmund, Gentner, Stuttgart (1985) 577-581
40. Rödelsperger, K., H.-J. Woitowitz und H. Jahn:
Asbest: Risiken in Werkstatt und Verkehr.
JLU-Forum 15 (1985) 16-17
41. Rödelsperger, K., J. Sieben und H.-J. Woitowitz:
Rechnergestützte, IR-spektrographische Differentialanalyse von chrysotil-, amosit- und krokydolithhaltigen Feinstaubproben von Baustellenarbeitsplätzen mit Asbestzementverarbeitung.
Verh. Dtsch. Ges. für Arbeitsmed. e.V., 21. Jahrestagung, Berlin vom 13.-16.5.1981, A.W. Gentner, Stuttgart (1981) 403-416
42. Rödelsperger, K., R. Arhelger, B. Brückel und H.-J. Woitowitz:
Asbestfaserstaub-Dosimetrie: Ergebnisse einer Bremsendienst- und Baustellenstudie.
Verh. Dtsch. Ges. für Arbeitsmed. e.V., 26. Jahrestagung, Hamburg, Gentner, Stuttgart (1986) 331-336
43. Rödelsperger, K., R. Arhelger, B. Brückel und H.-J. Woitowitz:
Asbestfaserstaub-Dosimetrie: Ergebnisse einer Bremsendienst- und Baustellenstudie.
Staub-Reinh. Luft 48 (1988) 19-25
44. Rödelsperger, K., H.G. Krieger, R. Arhelger und H.-J. Woitowitz:
Röntgen- und Lungenbefunde bei Dachdeckern in Abhängigkeit von der Asbestfaserdosis.
Verh. Dtsch. Ges. Arbeitsmedizin e.V., 26. Jahrestagung in Hamburg, Gentner, Stuttgart (1986) 157-162
45. Schneiderman, M.S., I.C.T. Nisbet and S.M. Brett:
Assessment of risks posed by exposure to low levels of asbestos in the general environment.
In: Gesundheitliche Risiken von Asbest. Eine Stellungnahme des Bundesgesundheitsamtes. Hrsg.: K. Aurand und W.S. Kierski, BGA-Berichte 4/1981 (1981) 3/12-3/28
46. TRGS 100:
Auslöseschwelle für gefährliche Stoffe.
Bundesarbeitsblatt 11/1986 (1986) 91-92

47. TRGS 402:
Ermittlung und Beurteilung der Konzentrationen gefährlicher Arbeitsstoffe in der Luft in Arbeitsbereichen.
Bundesarbeitsblatt 11/1986 (1986) 92-96
48. TRGS 900:
MAK-Werte 1986.
Bundesarbeitsblatt 11 (1986) 79
49. Trzebiatowsky, H. und K. Spaethe:
Kraftfahrzeuggewerbe. Grund- und Fachlehre für Kraftfahrzeugmechaniker und Kraftfahrzeugschlosser.
34. überarbeitete Auflage, Verlag Dr. M. Gehlen,
Bad Homburg v.d.H. (1977)
50. Trzebiatowsky, H.:
Die Kraftfahrzeuge und ihre Instandhaltung.
Band 2: Instandhaltung der Kraftfahrzeuge, Sondergruppen, Tabellen und Anhang. Kap. IV/H: Einstellen und Instandsetzen der Bremsen.
15. neubearb. Auflage, Fachbuchverlag Dr. Pfannenberger, Giessen (1972)
324-369
51. Woitowitz, H.-J. und K. Rödelberger:
Gesundheitsrisiko bei der Anwendung asbesthaltiger Produkte.
VDI-Berichte 475 (1983) 313-324
52. Woitowitz, H.-J.:
Änderungen der internationalen röntgenologischen Staublungenklassifikation: Was ist neu an der Fassung ILO'80?
Bericht der 21. Jahrestagung der Dtsch. Ges. für Arbeitsmed., Gentner Verlag, Stuttgart (1981) 465-472
53. Woitowitz, H.-J., H. Valentin, R. Henke, R.H. Woitowitz und K.P. Holzhäuser:
Untersuchungen über die Gesundheitsgefahren durch Stäube asbesthaltiger Bremsbeläge. Forschungsbericht Asbest.
Schriftenreihe des Hauptverbandes der gewerblichen Berufsgenossenschaften e.V. (Hrsg.), Bonn (1978) 39-91
54. Woitowitz, H.-J. und K. Rödelberger:
Tumorepidemiologie. In: Luftqualitätskriterien. Umweltbelastung durch Asbest und andere faserige Feinstäube.
Berichte 7/80. Umweltbundesamt. Erich Schmidt Verlag, Berlin (1980) 203-266

Anhang

Tätigkeitsbild für Mechaniker in
Bremsendiensten von Kraftfahrzeug-Werkstätten

Name _____

Vorname _____

Geburtsdatum

Firma _____

Ort _____

Ausbildung

Schule von bis

Lehre von bis als _____

Gesellenprüfung Meisterprüfung

Umgang mit Asbest

Wann hatten Sie zum ersten Mal Umgang mit Asbest

In welcher Form _____
 *

* Schlüssel-Liste

- | | | |
|---------------------|---|-------------------|
| 1 Reibbeläge | 2 Asbestzement | 3 Asbestpappen |
| 4 Isolierungen | 5 Asbestdichtungen | 6 Asbesttextilien |
| 7 Asbestbodenbeläge | 8 Sonstige (bitte erklären Sie Näheres) | |

Anmerkungen

Angaben zum Beschäftigungsverhältnis Nr.

Art des Betriebes *

Wie hoch ist Ihre durchschnittliche Arbeitszeit, und an wieviel Fahrzeugen pro Woche werden von Ihnen Arbeiten an Bremsen bzw. Kupplungen durchgeführt?

	Std/Woche	Fahrz./Woche
- insgesamt in der Werkstatt		
- an Bremsen von Pkw		
- an Bremsen von Lkw, Bus, Anhänger		
- an Bremsen von		
- an Kupplungen		

Wieviele Stunden pro Woche werden Arbeiten an Bremsen bzw. Kupplungen insgesamt auch von anderen Mechanikern in Ihrer Nähe im Werkstattbereich ausgeführt?

* Schlüssel Liste

- 1 Bremsendienst
- 2 Werkstatt für PKW
- 3 Werkstatt für LKW, Bus, Anhänger
- 4 Werkstatt für Landmaschinen
- 5 Werkstatt für Motorräder
- 6 Sonstiges
- 7 Werkstatt für Pkw, Lkw, Bus, Anh.

Beschäftigungsverhältnisse

Nr.	Firma	Tätigkeit	von	bis	Asbestexposition*	Art
					nein	ja
1			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
2			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
3			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
4			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
5			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
6			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
7			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
8			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
9			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐
10			☐ ☐ ☐	☐ ☐ ☐	☐	☐

* Schlüssel-Liste

- | | | |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| 1 Reibbeläge | 2 Asbestzement | 3 Asbestplatten |
| 4 Isolierungen | 5 Asbestdichtungen | 6 Asbesttextilien |
| 7 Asbestbodenbeläge | 8 Sonstige | |

Welche der folgenden Tätigkeiten führen Sie aus ?

Reinigen von Bremsanlagen

(nein / ja)

Ausblasen mit Preßluft
ohne Absaugung

☐	☐
--------------------------	--------------------------

mit Absaugung (seit ☐☐)

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Auspinseln, Ausbürsten, Auskehren

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Dampfatrahler, Bremsenwäscher

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Bremsen-Spray

☐	☐
--------------------------	--------------------------

Bearbeiten von Trommelbremsbelägen

- Abnieten und Aufnieten

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Zuschneiden von Bremsbelägen
und Bohren von Nietlöchern

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Überschleifen von Hand

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Überschleifen mit Gerät
ohne Absaugung

☐	☐
--------------------------	--------------------------

mit Absaugung (seit ☐☐)

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Überdrehen mit Gerät
ohne Absaugung

☐	☐
--------------------------	--------------------------

mit Absaugung (seit ☐☐)

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Ausblasen nach dem Überdrehen

☐	☐
--------------------------	--------------------------

Bearbeiten von Scheibenbremsbelägen

- Nachschleifen der Beläge

☐	☐
--------------------------	--------------------------

Sonstige Arbeiten

- Lackieren

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Schweißen

☐	☐
--------------------------	--------------------------

- Auftragen von Unterbodenschutz

☐	☐
--------------------------	--------------------------

Zeitaufwand je Fahrzeug fuer bestimmte Arbeiten

Minuten/Fahrzeug

Ausblasen mit Preßluft

----------------------	----------------------	----------------------

Ueberschleifen von Bremsbelägen

----------------------	----------------------	----------------------

Ueberdrehen von Bremsbelägen

----------------------	----------------------	----------------------