

# LIS-Berichte

**Nr.91**

**Asbest-Immissionsbelastung  
durch Abwitterung**

Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in  
der LIS NRW, Essen - Tagungsbericht

Herausgeber



ISSN 0720-8499

1989

**Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung**  
Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der LIS NRW,  
Essen - Tagungsbericht

*Redaktion und fachliche Bearbeitung:*

*Dr. Manfred Buck*

*gemeinsam herausgegeben von*

der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe  
dem Niedersächsischen Landesamt für Immissionsschutz, Hannover  
der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

## I n h a l t

	Anlage Nr.	Seite Nr.
Bericht über die Ergebnisse und Referate des Fachkolloquiums Dr. M. BUCK, LIS		7
Programm des Kolloquiums	1	19
Länderausschluß für Immissionsschutz - Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung - Teilnehmer-/Anwesenheitsliste	2	21
Asbestbelastungen in der Außenluft - Zusammenfassung relevanter Meßserien -	3	25
Asbestemissionen in der BRD W. LOHRER, UBA	4	57
Abwitterung von Asbestzementprodukten. Ergebnisse und Konsequenzen eines Projektes für das Umweltbundesamt, Berlin Dr. H. MARFELS, FhG	5	65
Kritische Anmerkungen zur SPURNYSchen Studie über die Abwitterung von Asbestzement (UBA-Texte 12/88) M. FISCHER, BGA	6	83
Simulation von Immissionsbelastungen durch Abwitterung von Asbest S. KÜLSKE und W. STUCKMANN, LIS	7	91
Abschätzung der Dauerimmission durch Asbest in der Außenluft Dr. J. MICHAZ, Verband der Faserzement- industrie e.V.	8	105

**Asbest-Immissionsbelastungen durch Abwitterung.**  
**Fachkolloquium am 06. Juli 1989 in der Landesanstalt für**  
**Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen \***  
**- Bericht über die Ergebnisse und Referate -**

Gemäß Beschluß des Länderausschusses für Immissionsschutz (LAI) vom 12.04.1989 (72. LAI-Sitzung) wurde zur Umsetzung der von der 31. UMK an den LAI erteilten Aufträge bezüglich Maßnahmen zur Verringerung der Umweltbelastung durch Asbest von der Landesanstalt für Immissionsschutz gemeinsam mit der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und dem Niedersächsischen Landesamt für Immissionsschutz ein Fachkolloquium zur Thematik der Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung veranstaltet. Die gehaltenen Vorträge sowie die Teilnehmer am Kolloquium können aus der als Anlage beigefügten Teilnehmerliste und dem Vortragsprogramm entnommen werden. Zusätzlich zu den im Programm vorgesehenen Vorträgen lieferte Herr Dr. J. Michatz (Leiter der Forschungs- und Entwicklungsabteilung der Eternit AG, Berlin) noch einen Kurzbeitrag über die Auswertung von Asbest-Immissionsmeßdaten.

Die Originalbeiträge der Referenten sind als Anlagen 4 bis 8 diesem Bericht beigefügt, die Anlage 3 enthält die gemeinsam ausgewerteten Immissionsmeßdaten der Analytiker-Arbeitsgruppe, die von verschiedenen Referenten teilweise bereits auf dem Kolloquium vorgetragen wurden.

---

\* Der Bericht wurde in Zusammenarbeit zwischen der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, dem Niedersächsischen Landesamt für Immissionsschutz, und der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen erstellt.

## Resultate des Kolloquiums:

Die folgenden Ergebnisse wurden einvernehmlich erzielt:

1. Im Vergleich zu allen anderen Emissionsquellen für Asbest-Fasern stellt die Abwitterung in der Bundesrepublik Deutschland die weitaus größte Emissionsquelle dar. Die Asbest-Faser-Emission durch Abwitterung aus unbeschichteten Asbest-Zement-Platten liegt nach Berechnungen des Umweltbundesamtes in der Größenordnung von ca. 100 to/a.
  
2. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse von Untersuchungen der TU Berlin über die Korrosion von Asbest-Zement-Materialien wurde aus Emissions-Messungen des Fraunhofer-Instituts für Umweltchemie und Ökotoxikologie und des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes, die in unmittelbarer Nähe der Oberfläche von Asbest-Zement-Platten auf Hausdächern vorgenommen worden sind, ein Emissionsmassenstrom in der Größenordnung von  $10^6$  F/(m<sup>2</sup>·h) für kritische Asbest-Fasern [Länge  $\geq$  5  $\mu$ m; Dicke  $\leq$  3  $\mu$ m] als zur Zeit beste Abschätzung der Abwitterungs-Emission ermittelt. Diese, als Langzeit-Wert aufzufassende Größe ergab sich nach Zugrundelegung einer einheitlichen Bezugszeit von 24 h für die einzelne Emissionsmessung aus beiden Untersuchungsreihen.

Die Abwitterung von Asbestzementplatten ist jedoch vielfältigen Einflüssen unterworfen ist, wie etwa:

- produkt- und verwendungsbedingten Einflüssen  
(Aufbau, Alter, Struktur, Beschichtung, Neigung der Platten u.a.)
  
- wetter- und klimabedingten Einflüssen  
(Wind, Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Luftverunreinigungen u.a.)

- Einflüssen der geographischen, topographischen und orographischen Situation.

Der o.a. Wert für den Emissionsmassenstrom hat daher eine Schwankungsbreite in Abhängigkeit davon, welche der zahlreichen, möglichen Faktorenkombinationen des multifaktoriellen Systems: "Abwitterung" sich im konkreten Fall einstellt. Dabei gilt, daß die verschiedenen Einflußfaktoren vielfach Interdependenzen aufweisen. Eine Untersuchung dieses Systems, womöglich in der Weise, daß unter Festhaltung aller anderen Einflußfaktoren die Abwitterungs-Emission jeweils in ihrer Abhängigkeit von einem Einflußfaktor bestimmt werden sollte, ist methodisch äußerst schwierig, langwierig und kostenaufwendig.

Die bisherigen, nicht zuletzt unter dem Gesichtspunkt der Kostenoptimierung vorgenommenen Untersuchungen liefern unter Berücksichtigung der methodischen Randbedingungen keine weitergehende Aussage, als die vorgenommene Abschätzung des oben angegebenen, mittleren, langfristigen Emissionsmassenstroms.

3. Mit Hilfe des Gauß'schen Ausbreitungsmodells nach TA-Luft, wurden von der LIS auf der Basis des vorgenannten Emissionsmassenstroms von  $10^6 \text{ F}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$  Immissionssimulationen vorgenommen.

Dabei wurde von folgenden Randbedingungen ausgegangen:

- Gesamte Asbestzementfläche in der Bundesrepublik Deutschland für Bedachung und Fassadenverkleidung (beschichtete und unbeschichtete Materialien)  $1 \cdot 10^9 \text{ m}^2$
- Flächengröße der Bundesrepublik Deutschland  $248,7 \cdot 10^9 \text{ m}^2$

- Gebäude- und Freiflächen in der Bundesrepublik  
Deutschland \*\* 15,1 · 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup> (6 %)
- Flächengröße einer als Beispiel gewählten,  
bestimmten Großstadt im Ruhrgebiet 0,21 · 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup>
- Gebäude- und Freiflächen in der oben genannten  
Großstadt im Ruhrgebiet 0,068 · 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup> (31,8 %)

Die Asbestzement-Fläche für die oben angeführte Stadt im Ruhrgebiet berechnet sich damit zu 8,4 · 10<sup>9</sup> m<sup>2</sup>.

Berücksichtigt man, daß in der beispielhaft gewählten Großstadt die Gebäudedichte mit dem Faktor 5,3 höher ist als im Bundesdurchschnitt, so ergibt sich als Asbestzement-Fläche ein Wert von  $4,4 \cdot 10^6 \text{ m}^2$  pro Stadtfläche.

Bezogen auf eine Teilfläche von 1 km<sup>2</sup> Größe beträgt die Asbestfläche:  $2 \cdot 10^4 \text{ m}^2 = 20000 \text{ m}^2$ , entsprechend ca. 2 % der Fläche von 1 km<sup>2</sup>.

Teilt man diesen Flächenanteil von 20000 m<sup>2</sup> in Einzelflächen auf, die Dachflächen von Häusern entsprechen, so stellen beispielsweise, etwa 100 Gebäude vom "Reihenhaus-Typ" (10 · 20 m Dachfläche pro Gebäude) diesen Flächenanteil von 20000 m<sup>2</sup> dar.

Die Immissionssimulationen wurden mit zwei verschiedenen Gebäudekonfigurationen in der Bezugsfläche von 1 km<sup>2</sup> auf der Basis einer Asbestfläche von 20000 m<sup>2</sup> vorgenommen, wobei es sich um beschichtetes wie unbeschichtetes Material handelt (Szenarien 1 und 2).

---

\*\*Es ist davon auszugehen, daß das Verhältnis Freiflächen zu Gebäudeflächen in der Bundesrepublik Deutschland weitgehend gleich ist.

Daneben wurden, angeregt durch entsprechende Vorschläge während des Kolloquiums, zwei weitere Konfigurationen gewählt, nämlich ein einzelstehendes Gebäude mit einer Asbestfläche von  $20 \cdot 10 = 200 \text{ m}^2$ , sowie ein quadratischer Gebäudekomplex mit Innenhof mit Seitenlängen von 200 m und einer Gebäudetiefe von 20 m, wobei jeweils eine vollständige Bedachung mit Asbest-Zementmaterial angenommen wurde (Szenarien 3 und 4).

Als Emissionshöhe wurde bei den Modellrechnungen eine Höhe von 10 m angenommen. Als meteorologische Daten wurden die Angaben der meteorologischen Station in Düsseldorf verwandt. Die Aussagefähigkeit der simulierten Daten beginnt bei ca. 50 m Entfernung von der jeweiligen Emissionsquelle.

Der Unsicherheitsbereich der simulierten Emissionsdaten liegt in der Größenordnung des Faktors 2; das heißt, der wahre Jahresmittelwert kann doppelt oder halb so groß wie der simulierte Wert sein.

Die Ergebnisse der Simulation bei den Szenarien 3 und 4 zeigen, daß im Falle des Einzelgebäudes die höchsten Jahresmittelwerte der berechneten Immissionen im Nahbereich des Gebäudes liegen. Im Abstand von 50 m betrug die mittlere Asbestfaser-Konzentration ca.  $2 \text{ F/m}^3$ .

Im Falle des Gebäudes mit Innenhof wurde im Innenhof-Mittelpunkt ein Jahresmittelwert von  $89 \text{ F/m}^3$  berechnet, im 50 m-Abstand außerhalb des Gebäudekomplexes lagen die Jahresmittelwerte zwischen ca. 30 und  $80 \text{ F/m}^3$ .

Im Falle der beiden Konfigurationen der Szenarien 1 und 2, bei denen 8 bzw. 20 Gebäude mit einer Gesamtasbestzement-Fläche von  $20000 \text{ m}^2$ , in einer Fläche von jeweils  $1 \text{ km}^2$  verteilt waren, lagen die höchsten Werte bei 32 bzw.  $39 \text{ F/m}^3$ .



Bei allen Simulationen ist allerdings zu berücksichtigen, daß bei der Abschätzung der gesamten, in der Bundesrepublik verlegten Asbest-Zement-Flächen in dem Wert von  $1 \cdot 10^9 \text{ m}^2$  beschichtete wie unbeschichtete Platten enthalten sind. Die Emissionsmessungen des Fraunhofer-Instituts in Schmallenberg haben aber gezeigt, daß die Emissionsmassenströme bei beschichteten Platten, soweit es sich um andere als schwarze Beschichtungen handelte, deutlich niedriger waren als bei unbeschichteten und schwarz beschichteten Platten. Zudem überwiegt der Anteil der unterschiedlich beschichteten Asbest-Zement-Platten denjenigen der unbeschichteten. Gleichwohl wurde, um bei den simulierten Daten auf der sicheren Seite zu liegen, die Summe aus beschichteten und unbeschichteten Platten herangezogen und für diese Summe der gleiche Emissionsmassenstrom von  $1 \cdot 10^6 \text{ F/m}^2 \cdot \text{h}$  angesetzt. Dies führt naturgemäß zu einer zwar sicheren, aber auch pessimalen Angabe der zu erwartenden Immissionsbelastung.

Mit den vorgenannten Einschränkung wurden die simulierten Immissionsdaten einvernehmlich als plausibel im Sinne einer orientierenden Angabe über die Asbest-Faser-Konzentrationen durch Abwitterung angesehen.

4. Das vorliegende Datenmaterial über Asbest-Faser-Messungen in der näheren Umgebung von Bauwerken mit abwitternden Asbestzement-Platten ist dürftig. Es ist aufgrund unterschiedlicher Planung und Durchführung der Messungen oft auch nicht vergleichbar. Hinzu kommt wesentlich, daß viele Konzentrationsangaben auf wenigen Einzelmessungen beruhen (5-8 Stunden Probenahmezeit). Jahresmittelwerte, gemessen nach der VDI-Richtlinie 3492 (Blatt 1, Entwurf vom April 1989) sind selten. Die Ursache hierfür ist nicht zuletzt in den relativ hohen Meßkosten zu suchen.

Bei dieser Sachlage erschien es daher den meßtechnischen Fachleuten notwendig, gemeinsam alle verwertbaren Meßdaten in Anlehnung an die Vorgaben der nunmehr vorliegenden VDI-Richt-

linie "Messen anorganischer faserförmiger Partikel in der Außenluft"; rasterelektronenmikroskopisches Verfahren (VDI 3492, Blatt 1, Entwurf) erneut auszuwerten, um den vollen Informationsgehalt der Meßergebnisse zu gewinnen und sicherzustellen, daß die relativ wenigen Meß-Resultate weitestgehend miteinander vergleichbar sind. Hierzu wurde während des Kolloquiums ad hoc eine Arbeitsgruppe gebildet, deren Ergebnisbericht mit dem Titel "Asbestbelastungen in der Außenluft" in Anlage 3 dieses Berichtes enthalten ist. Einzelheiten über die Vorgehensweise der Arbeitsgruppe sind aus diesem Bericht zu entnehmen.

Die gemeinsame Auswertung führte zu den in der folgenden Tabelle 1 dargestellten Resultaten.

Tabelle 1:

Übersicht  
über gemessene Asbest-Faser-Immissionsbelastungen

Lfd.Nr. der Meß- serie	Meßgebiet	Bereich der Jahresmittelwerte [F/m <sup>3</sup> ]*
1	Umgebung von Asbest- Zement-Platten-An- wendung (Abwitterung im Nahbereich)	55 - 139
2	Umgebung von Emittenten der Asbest-Faser-Ver- arbeitung	87 - 333
3	Urbane Ballungsgebiete a) mit ausgewiesener erhöhter Verkehrs- dichte	53 - 94
	b) nicht näher definier- te Bereich	57 - 150
4	Quellenferne Gebiete	geschätzt: < 100 (Die Anzahl der zur Zeit verfügbaren Meßwerte ist für eine abschließende Aussage noch zu gering)

\* Definition der hier betrachteten Asbestfasern F:  
Länge  $\geq$  5  $\mu$ m; Dicke  $\leq$  3  $\mu$ m

Aus Tabelle 1 ist ersichtlich, daß die aufgrund von Emissionsmes-  
sungen mit Hilfe von Ausbreitungsmodellen berechneten Immissions-  
konzentrationen unter Berücksichtigung des Unsicherheitsbereiches

der Simulation ausgezeichnet mit dem Bereich der gemessenen Jahresmittelwerte der Asbest-Faser-Immissionsbelastung übereinstimmen.

Die Größenordnung der Asbest-Faser-Immissionsbelastung durch Abwitterung ist die gleiche wie für die Belastung in urbanen Ballungsräumen, jedoch niedriger als in der Umgebung von Asbest-Emitenten und höher als in quellenfernen Bereichen.

Im Sinne einer Faustformel kann für die Asbest-Faser-Immissionsbelastung durch Abwitterung im Jahresmittel von einer Größenordnung von etwa  $100 \text{ F/m}^3$  ausgegangen werden.

## 5. Informationsdefizit und Forschungsbedarf

Die analytische Bestimmung von Asbest-Fasern besteht aus einer Kombination von elektronenmikroskopischer Erkennung und Zählung der Fasern und der mikrochemischen Identifizierung der Fasern als Asbestfasern. Diese Analytik ist sehr aufwendig und kostenmäßig der sehr schwierigen und aufwendigen Dioxin-Analytik vergleichbar. Bei allen Immissionsmessungen spielt daher die Kostensituation von vornherein eine limitierende Rolle. Aus fachlich-wissenschaftlichen Gründen wäre es wünschenswert, in enger Kombination mit medizinisch-biologischen und technischen Aspekten des Asbest-Problems, mehr und bessere Informationen über das Auftreten von Asbest-Fasern in der Luft zu haben. Von wesentlicher Bedeutung für die Empfehlung systematischer Asbest-Immissionsmeßprogramme ist aber die Beantwortung der Frage, ob eine eventuell beabsichtigte systematische Sanierung der mit Asbest-Zement-Material ausgestatteten Bauwerke sich an einer lufthygienischen Bewertung der Asbest-Konzentrationen in der Luft und damit an einer Risiko-Bewertung für den Menschen, orientieren soll, oder ob ein Sanierungskonzept nach dem "Stand der Technik"-Prinzip als Vorsorgemaßnahme schlechthin aufgestellt werden soll. Diese Entscheidung liegt außerhalb des Auftrags der am Kolloquium beteiligten Fachleute.

Bei einer Vorgehensweise nach dem Stand der Technik-Prinzip wäre ein Bedarf nach weiteren Immissions-Messungen nicht gegeben.

Im Falle einer Abstützung auf einer lufthygienischen Bewertung ist die Höhe eines als Bewertungsmaßstab festzusetzenden Grenzwertes von Bedeutung, da bei großem Abstand zwischen aktueller Asbestfaser-Konzentration und dem Grenzwert der Bedarf nach weiteren Messungen naturgemäß geringer ist als bei bereits starker Annäherung der tatsächlichen Asbest-Faser-Immissionsbelastung an den Grenzwert. Die Grenzwert-Problematik wird zur Zeit in der LAI-Arbeitsgruppe "Krebsrisiko durch Luftverunreinigungen" erörtert. Diese Diskussion ist noch nicht abgeschlossen, ein Grenzwert-Vorschlag noch nicht erfolgt.

Aus der Sicht der Kolloquium-Teilnehmer sollte jedenfalls ernsthaft erwogen werden, ein sehr gezieltes Meßprogramm überschaubaren Umfangs an einigen Stellen durchzuführen, die als "hot spots" zu bezeichnen wären. Hierbei handelt es sich um Orte, an denen die höchsten Asbest-Faser-Belastungen zu erwarten sind, wobei gleichzeitig an diesen Orten Menschen auf Dauer den Faser-Belastungen exponiert sind. Infrage kämen also z.B. "Innenhof-Situationen" oder andere kritische Konfigurationen von stark abwitternden Bauwerken, wo eine Massierung von Asbest-Zement-Materialien vorliegt. In jedem Fall sollte von vornherein die gesamte, zahlenmäßig sehr begrenzte Zahl von Meßexperten auf dem Gebiet der Asbest-Faser-Messung an einer derartigen konzertierten Meß-Aktion beteiligt werden, wobei als Probenahme- und Meßverfahren nur das in der o.g. VDI-Richtlinie beschriebene Verfahren infrage kommt.

Geht man von fünf repräsentativen hot spot-Situationen mit jeweils drei Meßstellen pro Situation und 52 Einzelmessungen pro Meßstelle und Jahr aus, so wäre der Kostenaufwand bei ei-

nem Einzelpreis von 1.300,- DM pro Messung für eine solche Meßaktion mit ca. 1.000.000,- DM anzusetzen.

Es muß betont werden, daß aber auch nach einem solchen Meßprogramm der Nutzen der Meßinformation nur dann in einer vernünftigen Relation zu den Kosten steht, wenn zur lufthygienischen Beurteilung ein Grenz- oder Richtwert zur Verfügung steht. Dies ist, wie bereits erwähnt, gegenwärtig noch nicht der Fall, so daß der Zeitrahmen für ein eventuelles Meßprogramm mit den zeitlichen Randbedingungen der Grenzwert-Festsetzung in Einklang zu bringen wäre.

Kosten in Höhe von ca. 20.000 bis 50.000 DM wären, je nachdem ob eine, zwei oder 3 Meßstellen pro Meßobjekt zu wählen sind, jedenfalls für jedes einzelne Meßobjekt, das heißt für mit Asbestzement-Material ausgestattete, abwitternde Einzel-Bauwerke oder Häusergruppen dann anzusetzen, wenn man die Frage nach der Sanierungsbedürftigkeit stets von einer lufthygienischen Bewertung der Asbest-Faser-Immissionssituation im Lebensbereich des Menschen abhängig machen wollte.

Bei einer hiervon unabhängigen Konzeption zur Beurteilung des Sanierungsbedarfes könnte man sich nach der Auffassung einiger Kolloquium-Teilnehmer auf eine Materialuntersuchung im jeweiligen Einzelfall stützen, um aus dem Korrosionszustand des Asbestzement-Materials auf die Sanierungsnotwendigkeit zu schließen. Eine solche Materialuntersuchung wäre kostenmäßig in der Größenordnung einiger 100,-- DM anzusiedeln.

Anlage 1

KOLLOQUIUM  
ASBEST-IMMISSIONSBELASTUNGEN DURCH ABWITTERUNG  
am 06.07.1989 in Essen, LIS

- 9:30 Begrüßung durch den Präsidenten der LIS, Dr. Davids
- 9:45 Buck, LIS, Essen:  
Kurze Einführung in den Themenkreis
- 10:00 Lohrer, UBA, Berlin:  
Übersicht über vorhandene Emissionsmessungen von Asbest-  
Fasern und Bewertung durch das UBA.
- 10:30 Marfels, FhG, Schmallebenberg:  
FhG-Studie über die Abwitterung von Asbestoberflächen.
- 11:00 Fischer, BGA, Berlin:  
Kritische Anmerkungen zur FhG-Studie über die Abwitte-  
rung von Asbestoberflächen.
- 11:15 Külske, LIS, Essen:  
Simulation von Immissionsbelastungen durch Abwitterung  
von Asbest.
- 11:30 Teichert, GSA, Neuss:  
Übersicht über vorhandene Immissionsmessungen von As-  
best-Fasern.
- 12:00 Meyer, BGA, Berlin:  
Immissionsmessungen von Asbestfasern des BGA.
- 12:15 Marfels, FhG, Schmallebenberg:  
Immissionsmessungen von Asbestfasern des FhG.
- 14:00-15:30 Diskussion der Vorträge
- 15:30-17:00 Zusammenfassende Abschlußdiskussion

## Anlage 2

## Teilnehmer-/Anwesenheitsliste

## Institution/Behörde

---

Dr. Manfred Buck	Landesanstalt für Immissions- schutz Nordrhein-Westfalen (LIS)
Dipl.-Ing. Andrea Eichborn	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LFU)
Dr. Friedrich Jaekel	Niedersächsisches Landesamt für Immissionsschutz (NLIS)
Dipl.-Ing. Ullrich Teichert	Gesellschaft für Staubschutz und Arbeitsschutz mbH (GSA)
Dr. Horst Marfels	Fraunhofer-Institut Graftschaft (FhG)
Prof. Dr. Kvetoslav Spurny	Fraunhofer-Institut Graftschaft (FhG)
Dipl.-Met. Siegfried Külske	Landesanstalt für Immissions- schutz Nordrhein-Westfalen (LIS)
Prof. Paul Bornemann	Eternit AG, Berlin
Dr. Klaus Rödelsperger	Universität Gießen, Institut für Arbeitsmedizin
Dr. Johannes Michatz	Eternit AG, Berlin
Dr. Reiner König	Fa. APC, Langen
Dr. Eckart Meyer	Bundesgesundheitsamt, Institut WaBoLu
Dr. Joachim Abshagen	Umweltbundesamt (UBA)
Reg.-Ang. Hedi Schreiber	Umweltbundesamt (UBA)
Wiss.-Dir. Wolfgang Lohrer	Umweltbundesamt (UBA)
Reg.-Ang. Reinhard Manke	Minister für Umwelt, Raumord- nung und Landwirtschaft des Landes NRW
Dipl.-Ing. Alfred Doppelfeld	Landesanstalt für Immissions- schutz Nordrhein-Westfalen (LIS)
Prof. Dr. Manfred Fischer	Bundesgesundheitsamt, Institut WaBoLu



## Länderausschuss für Immissionsschutz

-- Asbest-Immissionsbelastung durch Abwitterung --

Anwesenheitsliste :

Name, Vorname	Institution/Behörde
Mantl Brück	LIS, Essen
Lickhoru Andrea	LFU, Baden-Württemberg
Jaekel, Friedrich	MLSS, Hannover
Teichert, Ulrich	GSA, Neuss
Marfels, Horst	FuG, Schmallebach
Sprung, Kuel.	" "
Külzue, Friedrich	LIS, Essen
Bonnemann, Paul	Verband d. Faserzement-Ind.
Rödelberger, Klaus	Arbeitsmedizin Gießen
Michatz, Johannes	Verband d. Faserzement-Ind.
König, Rainer	APC, Langen
Meyer, Eckart	BGA - WaBoLu
Abshagen, Joachim	UBA
Schulz, Hedi	UBA
Winkel, Wolfgang	UBA
Mankle, Reinhard	MURL
Doppelha, Alfred	LIS, Essen
FISCHER, Manfred	WaBoLu - BGA

Asbestbelastungen in der Außenluft  
(Zusammenfassung relevanter Meßserien)

- Anlage 3 -

## Asbestbelastungen in der Außenluft

(Zusammenfassung relevanter Meßserien)

### 1. Einleitung

Zur Beschreibung der Asbestbelastung liegen viele Einzelergebnisse vor aber nur wenige Untersuchungen haben mehr als nur Stichprobencharakter. In keinem Fall wurde neben der Darstellung der Einzelwerte auch eine Aussage über den biologisch relevanten Langzeitmittelwert gemacht.

Aufgabe der Arbeitsgruppe war es, hier die Ergebnisse von Meßserien auf Ihre Aussagekraft zu untersuchen und sie den folgenden Kategorien zuzuordnen:

- Abwitterung von Asbestzement
- Umgebung von industriellen Emittenten
- Ballungsgebiete und
- Reinluftgebiete

Aus den Einzelwerten waren für die vorstehenden Kategorien Langzeitmittelwerte der Asbestfaserbelastung zu errechnen.

### 2. Verfahren zur Mittelwertbildung

Zur Berechnung der Langzeitmittelwerte war neben der Auswahl der zusammenfassbaren und zuordenbaren Meßwerte auch Klarheit über das anzuwendende Mittelungsverfahren zu gewinnen.

Dabei ging es im wesentlichen um die Frage welche Konzentration einer Messung zuzuordnen ist, bei der keine Asbestfaser nachgewiesen wurde.

Bei anderen üblichen Meßverfahren (z. B. SO<sub>2</sub>-Messung) wird die Hälfte der Nachweisgrenze eingesetzt; eine Konvention deren Richtigkeit nicht zu beweisen ist. Sicher ist, daß weder eine Berücksichtigung mit "0" noch mit der Nachweisgrenze die Situation richtig beschreibt.

Die VDI-Richtlinie 3492 beschreibt ein Verfahren, das der Besonderheit der Faserzählung gerecht wird /1/. Bei der Aufarbeitung der Meßergebnisse durch die adhoc-Arbeitsgruppe hat sich aber gezeigt, daß eine nachträgliche Mittelwertbildung zeitintensive Recherchen in den Probenahmen und Auswerteprotokollen erfordert, die den Rahmen einer Nebentätigkeit bei weitem übersteigt.

Wie sich die unterschiedlichen Verfahren zur Mittelwertbildung auswirken, wird nachfolgend beispielhaft an einer Meßserie, an zwei Straßenkreuzungen in Hannover, für die alle relevanten Daten zur Verfügung standen, gezeigt:

Tabelle 1: Zugrundeliegende Einzelwerte (zusammengefaßt)

Messung	Konzentration	Analyt. Empf.	Asbestfasern $l > 5 \mu m$
1	0	140	0
2	0	140	0
3	0	250	0
4	0	290	0
5	0	150	0
6	0	140	0
7	0	170	0
8	180	180	1
9	0	170	0
10	0	190	0
11	0	410	0
12	0	360	0
13	0	230	0
14	0	210	0
15	120	120	1
16	720	120	6
17	120	120	1
18	0	220	0
19	200	200	1
20	0	190	0
21	0	320	0
22	0	110	0
23	0	100	0
24	0	120	0
25	0	110	0

arithmet.

Mittel: 54 F/m<sup>3</sup>

Anmerkung: Es wird der Begriff "Analytische Empfindlichkeit" anstelle von "Nachweisgrenze" verwendet, da die "Nachweisgrenze nach VDI 3492 anders definiert ist. Es handelt sich um eine im Prinzip willkürlich einstellbare Größe, die durch eine subjektive Vorgabe für die Auswertung erhöht oder erniedrigt werden kann. Sie ist nicht prinzipiell aus physikalischen Gründen vorgegeben und insofern vom Charakter einer Nachweisgrenze sonstiger Meßverfahren unterschieden. Sie entspricht der Konzentration, die errechnet wird, wenn nur eine Faser gefunden wird.

- a) Wird der Mittelwert errechnet, gemäß VDI-Richtlinie 3492, ergibt sich ein Wert von

66 Fasern /m<sup>3</sup>,

bei einer Nachweisgrenze von 20 F/m<sup>3</sup> (95 % Niveau).

- b) Wird der Mittelwert arithmetisch gebildet, aus den Einzelwerten, wobei für den Meßwert 0 (UNG) die halbe analytische Empfindlichkeit (110 - 410 F/m<sup>3</sup>) eingesetzt wird, ergibt sich ein Wert von

134 F/m<sup>3</sup>.

- c) Bei einer Vorgehensweise abweichend von der in b) beschriebenen, indem für den Meßwert 0 (UNG) 50 F/m<sup>3</sup> eingesetzt werden, ergibt sich ein Mittelwert von 94 F/m<sup>3</sup>.

Anmerkung: Eine konsequente Vorgehensweise nach der VDI-Richtlinie 3492 hinsichtlich Probenahme und Auswertung führt zu einer analytischen Empfindlichkeit von  $100 \text{ F/m}^3$ .

### 3. Ausgewähltes Mittelungsverfahren

Wie eingangs erwähnt, war es nicht möglich alle Meßpunkte gemäß der VDI-Richtlinie 3492 zu mitteln. Es wurden deshalb für Nullwerte der Wert  $50 \text{ F/m}^3$  in Ansatz gebracht, was der Anweisung an die adhoc-Arbeitsgruppe entsprach. Wie das vorstehende Beispiel zeigt, ist dies eine konservative Abschätzung, da diese Vorgehensweise zu überhöhten Mittelwerten führt.

### 4. Meßreihen

In die Betrachtung wurden nur Messungen einbezogen, die nach der VDI-Richtlinie 3492 durchgeführt wurden, um Verfahrensbedingte Unterschiede von vornherein auszuschließen.

blieben einzelne Messungen, die nur den Charakter von Stichproben haben, unberücksichtigt.

Berücksichtigung fanden die folgenden Untersuchungen:

#### 4.1. Messung in Stadtgebiet von Berlin

Im Jahre 1984 durch den TÜV, Berlin an neun nicht quellenorientierten Meßpunkten, die im  $8 \text{ km}$ -Raster über die Stadt verteilt waren.

Anmerkung: Eine konsequente Vorgehensweise nach der VDI-Richtlinie 3492 hinsichtlich Probenahme und Auswertung führt zu einer analytischen Empfindlichkeit von  $100 \text{ F/m}^3$ .

### 3. Ausgewähltes Mittelungsverfahren

Wie eingangs erwähnt, war es nicht möglich alle Meßpunkte gemäß der VDI-Richtlinie 3492 zu mitteln. Es wurden deshalb für Nullwerte der Wert  $50 \text{ F/m}^3$  in Ansatz gebracht, was der Anweisung an die adhoc-Arbeitsgruppe entsprach. Wie das vorstehende Beispiel zeigt, ist dies eine konservative Abschätzung, da diese Vorgehensweise zu überhöhten Mittelwerten führt.

### 4. Meßreihen

In die Betrachtung wurden nur Messungen einbezogen, die nach der VDI-Richtlinie 3492 durchgeführt wurden, um verfahrensbedingte Unterschiede von vornherein auszuschließen. blieben einzelne Messungen, die nur den Charakter von Stichproben haben, unberücksichtigt.

Berücksichtigung fanden die folgenden Untersuchungen:

#### 4.1. Messung in Stadtgebiet von Berlin

Im Jahre 1984 durch den TÜV, Berlin an neun nicht quellenorientierten Meßpunkten, die im  $8 \text{ km}$ -Raster über die Stadt verteilt waren.



#### 4.2. Messung im Stadtgebiet von Berlin

Wie vor aber im Jahre 1988 und nur an fünf Meßpunkten.

4.3. Messungen in Niedersachsen in den Jahren 1985/86 durch die Fraunhofer Gesellschaft im Auftrag des Landes Niedersachsen. Als Meßpunkte wurden gewählt Orte mit AZ-Anwendung, Umgebung von Emittenten, Stadt- und Reinluftgebiete.

4.4. Noch laufende Messungen in Hamburg des Jahres 1988/89 durch das Staatshüttenlabor in Hamburg.

4.5. Messungen der GSA Gesellschaft für Staubmeßtechnik und Arbeitsschutz, Neuss in der Umgebung von Gebäuden mit AZ-Anwendung in den Jahren 1984/1985.

Weitere bekannte Untersuchungen, wie z. B. die umfangreichen Messungen des Instituts für Emissions- und Umweltfragen in Leoben, Österreich (1979/80) oder des Bundesamtes für Umweltschutz in Bern, Schweiz (1983/84) wurden nicht einbezogen.

So war die Leobenstudie noch nicht vollständig nach dem erst später standardisierten Verfahren VDI 3492 durchgeführt worden. Die Schweizer Studie hat mehr orientierenden Charakter. Die Anzahl der Messungen reichten nicht aus für repräsentative Aussagen innerhalb der vorstehenden Kategorien. Es sei aber schon hier erwähnt, daß sich die Ergebnisse dieser nicht weiter ausgewerteten Studien in der Tendenz mit den anderen Arbeiten decken.

## 5. Auswertung der Meßreihen

Der Übersichtlichkeit halber werden im folgenden bei den Mittelwerten nur Fasern mit Länge  $\geq 5 \mu\text{m}$  angegeben.

### 5.1. Immissionen in der Umgebung von Gebäuden mit AZ-Dach und Fassadenverkleidungen

#### 5.1.1. Fraunhofer Studie (4.3)

Das Fraunhofer-Institut in Grafenschaft hat in Braunschweig und Stade in Wohngebieten mit intensiver AZ-Anwendung 30 Messungen durchgeführt.

Die Einzelwerte sind in Tabelle 2 aufgeführt. In 21 Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen (UNG) sieben Werte lagen im Bereich 100 - 200 F/m<sup>3</sup> und zwei Werte bei 1000 und 1100 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 139 F/m<sup>3</sup>

#### 5.1.2. GSA-Studie (4.5)

Die GSA hat an vier Objekten mit intensiver AZ-Anwendung Messungen durchgeführt.

Die Meßpunkte wurden so gewählt, daß die Asbestimmissions-situation in Luv, auf dem Dach, im Haus, neben dem Haus und in weiterer Entfernung erfaßt wurde (Bild 1).

Die Objekte sind in Tabelle 3 beschrieben. Die Einzelwerte sind in Tabelle 4 wiedergegeben.

Von 51 Messungen war in 46 Fällen kein Asbest nachweisbar. In fünf Fällen wurden ca. 100 F/m<sup>3</sup> gemessen, viermal davon unmittelbar über dem Dach in 10 cm Abstand.

Mittelwert 55 F/m<sup>3</sup>

An dem Objekt 1 (stark verwitterte Wellplatten, unbeschichtet) wurden über 1 Jahr verteilt, 16 Messungen 10 cm über der Dachfläche vorgenommen. In 11 Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen, der höchste Wert betrug 380 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 93 F/m<sup>3</sup>

#### 5.1.3. Messungen Staatshüttenlabor (4.4)

Der Meßpunkt 5 in Tabelle 10 gibt die Ergebnisse von Messungen aus einem Wohngebiet mit AZ-Fassadenplatten wieder. Von 15 Messungen wurden in 14 Fällen kein Asbest nachgewiesen. Eine Messung führte zu 300 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 67 F/m<sup>3</sup>

Hier ist anzumerken, daß die Auswertung mit erheblichem Aufwand betrieben wurde, wodurch eine analytische Empfindlichkeit von 20 F/m<sup>3</sup> gegeben war. Berücksichtigt man diese Tatsache, errechnet sich der Mittelwert zu 29 F/m<sup>3</sup>.

## 5.2. Immissionen in der Umgebung von industriellen Emittenten

Meßreihen liegen nur aus der Fraunhofer Studie (4.2) vor.

### 5.2.1 Umgebung von AZ-Herstellern

In der Umgebung der Firma Fulgurit wurden 15 Messungen durchgeführt (Tabelle 5). In elf Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen, der höchste Wert lag bei 320 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 87 F/m<sup>3</sup>

In der Umgebung der Firma Toschi wurden ebenfalls 15 Messungen durchgeführt (Tabelle 6). In acht Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen. Die höchsten Werte lagen bei ca. 1700 F/m<sup>3</sup>

Mittelwert 333 F/m<sup>3</sup>

### 5.2.2. Umgebung einer Dichtungsherstellung

Ebenso wurden in der Umgebung der Firma Merkel eines Packungs- und Dichtungsherstellers 15 Messungen durchgeführt. Die Einzelwerte sind in Tabelle 7 wiedergegeben. In neun Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen. Der höchste Wert betrug 230 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 89 F/m<sup>3</sup>

### 5.3. Immissionsmessungen in Ballungsgebieten mit erhöhtem Verkehrsaufkommen

#### 5.3.1 Fraunhofer Studie (4.3)

Es wurden 25 Einzelmessungen an Kreuzungen in Hannover durchgeführt, Einzelwerte siehe Tabelle 8.

In 20 Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen, in vier Fällen Werte im Bereich 100 - 200 F/m<sup>3</sup> und einmal 720 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 94 F/m<sup>3</sup>

#### 5.3.2 Messungen Hamburg (4.4)

Der Meßpunkt 2 in Tabelle 10 wird als verkehrorientierte Lage beschrieben. 13 Einzelwerte liegen bisher vor. In 11 Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen und einmal 80 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 53 F/m<sup>3</sup>

#### 5.4. Immissionsmessungen in Ballungsgebieten ohne besondere Zuordnung

##### 5.4.1 Messungen im Stadtgebiet von Berlin, TÜV Studie 1984 (4.1)

Vom TÜV Berlin wurden an neun Meßpunkten Messungen durchgeführt. Im Zwei-Wochen-Rythmus wurden über die Dauer eines Jahres 26 Proben pro Meßpunkt genommen. Die Auswahl der Meßpunkte erfolgte nicht quellenorientiert sondern nach einem Raster von ca. 8 km. Die Meßwerte gelten also für ein nicht näher definiertes Umfeld. Eine graphische Übersicht der zusammengefaßten Ergebnisse zeigt Bild 2.

Die insges. ca. 225 Einzelwerte standen der adhoc-Arbeitsgruppe nicht zur Verfügung. Der TÜV Berlin hat bei der Mittelwertbildung die Nullwerte nach der konservativsten Methode mit 100 F/m<sup>3</sup> berücksichtigt.

Für die einzelnen Meßpunkte werden Mittelwerte im Bereich 115 bis 190 F/m<sup>3</sup> angegeben. Nach der hier vereinbarten Vorgehensweise (für UNG 50 F/m<sup>3</sup>) wurden die Mittelwerte abgeschätzt, sie liegen im Bereich von

ca. 75 - 150 F/m<sup>3</sup>.

#### TÜV Studie 1988 (4.2)

Bei Messungen in 1988 wurden an fünf Meßpunkten insges. 153 Einzelmessungen durchgeführt (Tabellen 9a - d) In 92 Fällen wurde kein Asbest nachgewiesen, in 32 Fällen lag der Meßwert im Bereich 100 - 200 F/m<sup>3</sup> und der höchste Wert betrug 480 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 100 F/m<sup>3</sup>

#### 5.4.2. Messungen in Hamburg (4.4)

Das Staatshüttenlaboratorium führt seit Juni 1988 im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg an sechs Meßpunkten je 20 Messungen pro Jahr durch.

Die 88 Einzelergebnisse der bereits vorliegenden 15 Meßserien sind in Tabelle 10 dargestellt. In insges. 83 Fällen wurde kein Asbest gefunden, der höchste Wert beträgt 400 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 57 F/m<sup>3</sup>

#### 5.5. Immissionen in Reinluftgebieten

Für Reinluftgebiete liegen keine repräsentativen Meßserien vor. In der Fraunhofer Studie (4.3) wurden auch Messungen in Gebieten für die keine Belastung erwartet wurde, durchgeführt. Die in Tabelle 11 aufgeführten Einzelergebnisse zeigen aber, daß gerade hier mit die höchsten Werte gemessen wurden. Von zwölf Messungen wurde in neun Fällen kein Asbest nachgewiesen, der höchste Wert lag bei 960 F/m<sup>3</sup>.

Mittelwert 177 F/m<sup>3</sup>

Es wäre aber falsch diesen Mittelwert als die Grundbelastung anzunehmen, da viele der vorstehend beschriebenen Meßserien zu niedrigen Ergebnissen führten.

## 6. Zusammenfassung

Die vorstehend detailliert vorgestellten Ergebnisse können wie folgt zusammengefaßt werden:

- Meßserien in der Umgebung von AZ-Anwendungen ergaben Langzeitmittelwerte von 55 bis 139 F/m<sup>3</sup>
- In der Umgebung von Emittenten wurden Mittelwerte von 87 bis 333 F/m<sup>3</sup> nachgewiesen.
- In Ballungsgebieten wurden an Stellen mit ausgewiesener erhöhter Verkehrsdichte Mittelwerte von 53 bis 94 F/m<sup>3</sup> gemessen und in nicht näher definierten Bereichen Mittelwerte von 57 bis 150 F/m<sup>3</sup>.
- Für Reinluftgebiete ist die Anzahl der verfügbaren Messungen zu gering um Schlüsse zu ziehen.

Das Beispiel in Abschnitt 2 hat deutlich gemacht, daß die vorstehenden Mittelwerte auf einer konservativen Abschätzung beruhen. Auffällig für alle Meßreihen ist, daß für alle Belastungskategorien bei den meisten Einzelmessungen keine Asbestfasern nachgewiesen wurden. Wurden Asbestfasern nachgewiesen, lag die Konzentration häufig gleich ein Vielfaches über dem Normalpegel, was vermuten läßt, daß in diesen Fällen ein nicht identifiziertes Asbestfasern emittierendes Ereignis aufgetreten ist.



Es ist also nicht auszuschließen, daß die in den Meßserien beobachteten Spitzenwerte teilweise auf andere Ereignisse als aus der Aufgabenstellung der Messung zu erwarten wäre, zurückgeführt werden müssen.

Tabelle 2:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
Wohngebiete (Braunschweig, Stade)

Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2,5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
5	09.10.85	UNG	UNG
6	09.10.85	UNG	UNG
20	10.12.85	UNG	UNG
35	10.12.85	UNG	UNG
37	11.12.85	UNG	UNG
38	04.03.86	UNG	UNG
39	04.03.86	UNG	UNG
40	04.03.86	UNG	UNG
41	04.03.86	UNG	UNG
42	04.03.86	UNG	1000*)
46	20.03.86	200	UNG
47	20.03.86	250	UNG
48	20.03.86	UNG	1100*)
62	18.06.86	120	120
63	18.06.86	UNG	UNG
83	15.07.86	UNG	UNG
84	15.07.86	UNG	UNG
85	15.07.86	UNG	UNG
74	16.07.86	100	100
75	16.07.86	100	200
90	17.07.86	120	UNG
92	17.07.86	100	200
93	17.07.86	100	UNG
94	17.07.86	250	UNG
86	01.08.86	UNG	200
87	01.08.86	UNG	100
101	24.09.86	UNG	UNG
102	24.09.86	UNG	UNG
80	17.10.86	UNG	UNG
89	17.10.86	100	100

\*) Erhöhte Konzentrationen. UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze

**Tabelle 3: Daten der Meßobjekte**

<b>Obj. Gebäude</b>	<b>Lage</b>	<b>AZ-Produkt</b>	<b>Beschichtung</b>	<b>Fläche m<sup>2</sup></b>	<b>Neigung °</b>	<b>Baujahr</b>
<b>1 Landwirtschaft</b>	<b>freistehend im Feld</b>	<b>Wellplatte Profil 5</b>	<b>nein</b>	<b>950</b>	<b>15</b>	<b>1966</b>
<b>2 Landwirtschaft</b>	<b>freistehend im Feld</b>	<b>Wellplatte Profil 5</b>	<b>Farbe rostbr.</b>	<b>1000</b>	<b>15</b>	<b>1966</b>
<b>3 Industriehallen</b>	<b>freistehend im Industrie- gelände</b>	<b>Wellplatte Profil 5</b>	<b>nein</b>	<b>35000</b>	<b>3-5</b>	<b>1959 bis 1965</b>
<b>4 Kapelle</b>	<b>freistehend</b>	<b>Europa- Dachplatten</b>	<b>Farbe dkl.grau</b>	<b>1800</b>	<b>50</b>	<b>1969</b>

Tabelle 4: Übersicht der gemessenen Asbestfaserkonzentrationen (Fasern/m<sup>3</sup>)

Objekt	MP	2,5- < 5 µm	≥ 5 µm	Summe	Meteorologische Daten
1	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus NNW 1-3 m/s
1	2	1500 (750)	UNG	1500	10 °C
1	3	700	UNG	700	bedeckt
1	4	UNG (200)	UNG	UNG	
1	5	UNG	UNG	UNG	
1	6	210	UNG	210	
1	7	UNG	UNG	UNG	
1	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus SSO ca. 2 m/s
1	2	UNG	UNG	UNG	28 °C
1	3	UNG	UNG	UNG	sonnig
1	4	UNG	UNG	UNG	
1	5	UNG	UNG	UNG	
1	6	UNG	UNG	UNG	
1	7	UNG	UNG	UNG	
2	1	180	UNG	180	Wind aus Ost ca. 1 m/s
2	2	UNG	UNG	UNG	23 °C
2	3	UNG	UNG	UNG	sonnig
2	4	UNG	90	90	
2	5	UNG	UNG	UNG	
2	6	UNG	UNG	UNG	
2	7	UNG	UNG	UNG	
3	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus SO 2-4 m/s
3	2	120	UNG	120	30 °C
3	3	UNG (240)	UNG	UNG	heiter bis wolzig
3	4	UNG	UNG	UNG	
3	5	UNG (380)	UNG	UNG	
3	6	UNG	UNG	UNG	
3	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus West 1-2 m/s
3	2	UNG	UNG	UNG	18 °C
3	3	UNG (600)	UNG	UNG	bedeckt
3	4	UNG (300)	UNG (300)	UNG	während Probenahme 1 h Regen
3	5	UNG	UNG	UNG	
3	6	UNG (600)	UNG	UNG	
3	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus Ost 1-2 m/s
3	2	200	100	300	20 °C
3	3	UNG	UNG	UNG	bedeckt
3	4	UNG	UNG	UNG	
3	5	UNG	UNG	UNG	
3	6	UNG	UNG	UNG	
3	1	UNG (250)	UNG	UNG	Wind aus NO 0-1 m/s
3	2	100	100	200	24 °C
3	3	170	100	270	sonnig
3	4	UNG	UNG	UNG	
3	5	UNG (200)	UNG	UNG	
3	6	120	UNG	120	
4	1	UNG	UNG	UNG	Wind aus NW 1 m/s
4	2	UNG	100	100	17 °C
4	3	UNG	UNG	UNG	stark bewölkt
4	4	UNG	UNG	UNG	
4	5	UNG	UNG	UNG	
4	7	UNG	UNG	UNG	

Tabelle 5:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
Emittenten (Fa. Fulgurit)

Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2.5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
12	26.11.85	UNG	UNG
13	26.11.85	UNG	UNG
14	26.11.85	UNG	200
15	27.11.85	UNG	UNG
16	27.11.85	UNG	UNG
17	27.11.85	UNG	UNG
52	02.06.86	UNG	UNG
53	02.06.86	UNG	UNG
54	02.06.86	UNG	UNG
64	09.07.86	340	110
65	09.07.86	160	320*)
66	09.07.86	UNG	120
112	02.10.86	UNG	UNG
113	02.10.86	UNG	UNG
114	02.10.86	UNG	UNG

\*) Erhöhte Konzentrationen

UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 6:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
Emittenten (Fa. Toschi)

Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2.5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
43	18.03.86	500	1670*)
44	18.03.86	190	UNG
45	18.03.86	420	420*)
25	19.03.86	860	1710*)
26	19.03.86	UNG	430*)
29	19.03.86	210	UNG
55	03.06.86	120	120
56	03.06.86	160	UNG
57	03.06.86	120	120
67	10.07.86	UNG	UNG
68	10.07.86	160	UNG
69	10.07.86	170	UNG
115	03.10.86	UNG	UNG
116	03.10.86	UNG	UNG
117	03.10.86	UNG	120

\*) Erhöhte Konzentrationen

UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 7:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
Emittenten (Fa. Merkel)

Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2,5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
58	19.06.86	UNG	UNG
60	19.06.86	UNG	UNG
61	19.06.86	UNG	UNG
34	20.06.86	250	UNG
33	20.06.86	UNG	230
76	20.06.86	240	120
99	01.10.86	110	110
110	01.10.86	UNG	UNG
111	01.10.86	UNG	UNG
118	15.10.86	UNG	UNG
119	15.10.86	UNG	100
120	15.10.86	100	100
121	16.10.86	UNG	220
122	16.10.86	UNG	UNG
123	16.10.86	UNG	UNG

UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze

Tabelle 8:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
Hannover, Kreuzungen

Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2.5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
1	02.10.85	UNG	UNG
2	02.10.85	330	UNG
3	07.10.85	280	UNG
4	07.10.85	640	UNG
22	23.10.85	UNG	UNG
23	23.10.85	480	UNG
7	24.10.85	UNG	UNG
8	24.10.85	360	<del>UNG</del> 180
10	04.11.85	190	UNG
11	04.11.85	UNG	UNG
27	28.11.85	UNG	UNG
28	28.11.85	UNG	UNG
19	28.11.85	260	UNG
18	28.11.85	UNG	UNG
79	26.06.86	240	120
78	26.06.86	360	720*)
77	26.06.86	UNG	120
70	11.07.86	UNG	UNG
71	11.07.86	200	200
72	11.07.86	210	UNG
73	11.07.86	250	UNG
96	30.07.86	UNG	UNG
95	30.07.86	UNG	UNG
97	31.07.86	140	UNG
98	31.07.86	UNG	UNG

\*) Erhöhte Konzentrationen

UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze



Betr.: Immissions-Meßprogramm  
Berlin (West) 1988, 1. Quartal

TB.Nr. D-88/143  
Anlage 53

Ergebnisse der Immissionsmessungen von Fasern (in Fasern/m<sup>3</sup>)

Meßpunkt- lage	Datum	Asbestfasern		Gipsfasern		sonstige anorg. Fasern	
		Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm
20/20	10.01.88	UEG	UEG	30 750	44 100	19 600	12 450
20/20	22.01.88	UEG	UEG	146 550	48 550	38 900	6 750
20/20	03.02.88	410 (1)	UEG	4 850	1 950	11 750	3 050
20/20	15.02.88	UEG	UEG	4 100	5 300	2 250	1 600
20/20	27.02.88	UEG	350 (1)	66 300	27 750	43 250	4 150
20/20	10.03.88	UEG	UEG	19 200	13 050	26 200	14 500
20/20	22.03.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
20/20	Mittelwert	150	140	45 300	23 450	23 650	7 100
21/17	11.01.88	UEG	UEG	44 950	14 150	13 350	3 650
21/17	23.01.88	UEG	UEG	19 300	21 650	550	1 250
21/17	04.02.88	UEG	UEG	20 850	1 700	22 300	2 650
21/17	16.02.88	UEG	310 (2)	88 200	39 550	18 650	4 850
21/17	28.02.88	UEG	UEG	2 150	2 150	850	600
21/17	11.03.88	UEG	UEG	340	340	1 250	1 800
21/17	23.03.88	UEG	UEG	90 700	54 750	17 000	4 400
21/17	Mittelwert	100	130	38 100	19 200	10 550	2 750
21/20	10.01.88	UEG	250 (2)	45 000	13 850	23 300	6 150
21/20	22.01.88	UEG	UEG	42 750	55 100	3 800	1 430
21/20	03.02.88	UEG	UEG	37 750	5 650	12 450	3 500
21/20	15.02.88	UEG	170 (1)	4 450	6 000	1 900	3 100
21/20	27.02.88	UEG	UEG	51 600	58 400	2 500	710
21/20	10.03.88	UEG	UEG	36 700	27 450	18 350	10 300
21/20	22.03.88	UEG	UEG	24 450	31 150	36 800	16 150
21/20	Mittelwert	100	130	36 650	28 250	14 150	5 900
21/24	11.01.88	UEG	220 (1)	28 200	5 450	26 450	5 000
21/24	23.01.88	UEG	UEG	12 950	12 900	6 700	2 750
21/24	04.02.88	1220 (1)	130 (1)	32 950	3 400	35 400	3 650
21/24	16.02.88	UEG	UEG	126 900	28 400	18 500	2 850
21/24	28.02.88	UEG	UEG	4 600	2 650	610	120
21/24	11.03.88	120	UEG	1 700	120	2 050	1 600
21/24	23.03.88	UEG	340 (1)	67 700	38 400	14 600	4 800
21/24	Mittelwert	260	140	39 300	13 050	14 900	2 950
25/25	10.01.88	UEG	120 (1)	70 750	40 500	33 700	6 000
25/25	22.01.88	UEG	UEG	191 550	201 600	18 200	7 550
25/25	03.02.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
25/25	15.02.88	UEG	UEG	11 000	10 700	8 650	5 450
25/25	27.02.88	UEG	UEG	3 050	7 300	730	440
25/25	10.03.88	UEG	UEG	63 250	27 700	57 500	7 200
25/25	22.03.88	UEG	UEG	13 200	20 200	17 400	4 850
25/25	Mittelwert	100	105	58 800	51 300	22 600	5 250
Mittelwert aller Meß- punkte		140	130	43 650	27 050	17 150	4 800

UEG = unter der Erfassungsgrenze wird wie 100 Fasern/m<sup>3</sup> bei Mittelwertbildung gesetzt

Betr.: Immissions-Meßprogramm  
Berlin (West) 1988, 2. Quartal

TB.Nr. D-89/331  
Anlage 53.1

Ergebnisse der Immissionsmessungen von Fasern (in Fasern/m<sup>3</sup>) im 2. Quartal

Meßpunkt- lage	Datum	Asbestfasern		Gipsfasern		sonstige anorg. Fasern	
		Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm
20/20	03.04.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
20/20	15.04.88	UEG	UEG	4 700	900	20 050	9 150
20/20	27.04.88	UEG	260 (2)	7 300	2 000	21 950	6 450
20/20	09.05.88	580 (1)	240 (2)	UEG	700	16 850	3 450
20/20	21.05.88	230 (1)	UEG	1 130	480	6 550	2 050
20/20	02.06.88	UEG	UEG	12 600	4 750	9 200	3 050
20/20	14.06.88	UEG	120 (1)	3 200	2 600	6 350	2 850
20/20	Mittelwert	200	150	4 850	1 900	13 500	4 500
21/17	04.04.88	UEG	UEG	55 650	22 350	14 050	6 250
21/17	16.04.88	UEG	480 (4)	1 520	600	15 200	6 450
21/17	28.04.88	UEG	160 (1)	9 540	2 050	71 500	15 750
21/17	10.05.88	440 (1)	230 (2)	1 320	230	3 050	2 400
21/17	22.05.88	UEG	UEG	800	900	3 350	2 100
21/17	03.06.88	UEG	160 (1)	81 750	90 450	25 300	5 250
21/17	15.06.88	UEG	UEG	1 000	350	4 300	3 200
21/17	Mittelwert	160	190	21 650	16 700	19 500	5 910
21/20	03.04.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
21/20	15.04.88	UEG	390 (3)	4 560	1 700	34 250	8 400
21/20	27.04.88	UEG	250 (2)	4 600	1 650	17 350	7 250
21/20	09.05.88	760 (1)	UEG	2 280	700	22 000	5 850
21/20	21.05.88	110 (1)	340 (3)	460	110	1 500	2 750
21/20	02.06.88	120 (1)	UEG	2 100	1 650	1 750	2 100
21/20	14.06.88	UEG	UEG	2 850	1 550	2 100	2 600
21/20	Mittelwert	210	210	2 810	1 230	13 150	4 820
21/24	04.04.88	480 (2)	UEG	22 300	15 550	6 700	3 300
21/24	16.04.88	UEG	250 (2)	2 700	630	20 300	8 450
21/24	28.04.88	UEG	130 (1)	2 190	1 150	21 900	7 950
21/24	10.05.88	UEG	120 (1)	4 350	610	10 000	3 750
21/24	22.05.88	UEG	UEG	270	270	2 050	1 200
21/24	03.06.88	UEG	UEG	74 950	40 550	22 250	3 650
21/24	15.06.88	250 (1)	120 (1)	250	350	7 350	5 050
21/24	Mittelwert	180	130	15 300	8 440	12 950	4 760
25/25	03.04.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
25/25	15.04.88	UEG	UEG	17 350	2 500	24 800	7 850
25/25	27.04.88	UEG	150 (1)	3 890	1 600	23 300	7 250
25/25	09.05.88	UEG	240 (2)	2 750	850	16 450	5 250
25/25	21.05.88	UEG	UEG	360	240	3 050	2 400
25/25	02.06.88	UEG	UEG	2 000	3 900	1 650	2 000
25/25	14.06.88	120 (1)	UEG	1 600	1 100	2 600	2 950
25/25	Mittelwert	100	130	4 660	1 700	12 000	4 620
Mittelwert aller Meß- punkte		170	160	9 850	5 990	14 250	4 920

UEG = unter der Erfassungsgrenze wird wie 100 Fasern/m<sup>3</sup> bei der Mittelwertbildung gesetzt

Betr.: Immissions-Meßprogramm  
Berlin (West) 1988, 3. Quartal

TB.Nr. D-88/471  
Anlage 53.1

Ergebnisse der Immissionsmessungen von Fasern (in Fasern/m<sup>3</sup>) im 3. Quartal

Meßpunkt- lage	Datum	Asbestfasern		Gipsfasern		sonstige anorg. Fasern	
		Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm
Rechts/ Hochwert	-						
20/20	08.07.88	UEG	UEG	8 650	3 500	8 350	4 700
20/20	20.07.88	UEG	UEG	56 850	48 400	34 800	10 750
20/20	01.08.88	UEG	UEG	11 350	2 950	21 250	9 850
20/20	13.08.88	UEG	UEG	4 900	1 250	9 800	2 750
20/20	25.08.88	UEG	UEG	15 150	16 200	9 500	3 900
20/20	06.09.88	UEG	UEG	3 300	3 150	2 900	1 300
20/20	18.09.88	UEG	UEG	1 300	520	4 250	2 850
20/20	Mittelwert	100	100	14 500	10 850	12 980	5 160
21/17	09.07.88	UEG	UEG	900	UEG	1 150	2 600
21/17	21.07.88	UEG	UEG	16 150	10 800	4 400	3 600
21/17	02.08.88	UEG	UEG	14 600	1 550	23 050	3 900
21/17	14.08.88	UEG	UEG	7 250	1 650	13 600	4 700
21/17	26.08.88	UEG	130 (1)	5 400	1 150	4 150	2 250
21/17	07.09.88	UEG	UEG	5 600	4 500	3 800	2 200
21/17	19.09.88	UEG	UEG	3 150	2 100	1 300	1 500
21/17	Mittelwert	100	100	7 580	3 120	7 350	2 960
21/20,5	08.07.88	UEG	120 (1)	7 400	2 850	5 050	2 600
21/20,5	20.07.88	UEG	UEG	14 450	8 900	3 300	4 750
21/20,5	01.08.88	UEG	UEG	3 450	1 600	4 950	1 600
21/20,5	13.08.88	UEG	UEG	1 300	UEG	3 200	1 050
21/20,5	25.08.88	UEG	UEG	20 900	11 950	9 350	1 750
21/20,5	06.09.88	130 (1)	130 (1)	2 900	2 900	3 300	900
21/20,5	18.09.88	UEG	UEG	1 100	370	2 700	2 450
21/20,5	Mittelwert	100	110	7 360	4 100	4 550	2 160
21/24	09.07.88	UEG	UEG	5 200	700	4 450	4 400
21/24	21.07.88	UEG	UEG	20 150	36 450	2 450	1 100
21/24	02.08.88	320 (1)	UEG	9 750	2 000	9 150	5 350
21/24	14.08.88	200 (1)	120 (1)	2 450	850	5 900	1 300
21/24	26.08.88	180 (1)	UEG	9 300	3 650	5 300	1 950
21/24	07.09.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
21/24	19.09.88	UEG	UEG	23 500	12 300	9 050	1 350
21/24	Mittelwert	170	100	11 730	9 030	6 050	2 580
25/25	08.07.88	UEG	UEG	8 500	4 350	4 000	4 350
25/25	20.07.88	UEG	UEG	19 200	34 450	7 700	5 250
25/25	01.08.88	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall	Ausfall
25/25	13.08.88	UEG	UEG	UEG	1 010	84 700	50 700
25/25	25.08.88	UEG	UEG	23 700	10 700	12 500	2 950
25/25	06.09.88	UEG	UEG	29 150	12 000	10 050	3 100
25/25	18.09.88	UEG	UEG	360	240	1 450	1 350
25/25	Mittelwert	100	100	13 500	10 460	20 070	11 280
Mittelwert aller Meß- punkte		110	100	10 930	7 510	10 200	4 830

UEG = unter der Erfassungsgrenze wird 100 Fasern/m<sup>3</sup> bei der Mittelwertbildung gesetzt

Betr.: Immissions-Meßprogramm  
 Berlin (West) 1988, 4. Quartal

 TB.Nr. D-J8/666  
 Anlage 53.1

 Ergebnisse der Immissionsmessungen von Fasern (in Fasern/m<sup>3</sup>) im 4. Quartal

Meßpunkt- lage	Datum	Asbestfasern		Gipsfasern		sonstige anorg. Fasern	
		Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm	Länge 2,5 bis 5 µm	Länge größer 5 µm
20/20	12.10.88	UEG	480 (2)	53 750	14 900	47 450	6 950
20/20	24.10.88	UEG	UEG	51 600	33 500	59 500	17 350
20/20	05.11.88	UEG	UEG	5 500	2 350	16 550	5 750
20/20	17.11.88	2450 (4)	260 (1)	13 450	12 300	15 900	6 150
20/20	29.11.88	290 (1)	270 (2)	4 950	2 550	8 450	2 150
20/20	23.12.88	UEG	UEG	3 800	5 600	2 500	2 400
20/20	Mittelwert	520	220	22 200	11 850	25 050	6 790
21/17	13.10.88	UEG	460 (1)	52 550	21 200	41 500	9 700
21/17	25.10.88	UEG	UEG	4 550	850	15 100	1 600
21/17	06.11.88	UEG	UEG	19 000	9 350	57 050	37 300
21/17	18.11.88	UEG	180 (1)	38 550	12 150	18 050	17 900
21/17	30.11.88	240 (2)	UEG	10 850	2 450	6 850	2 850
21/17	24.12.88	UEG	UEG	560	340	2 700	800
21/17	Mittelwert	120	170	2 100	7 720	23 550	11 700
21/20,5	12.10.88	UEG	UEG	16 400	12 450	12 600	5 250
21/20,5	24.10.88	UEG	UEG	20 500	15 000	8 550	4 400
21/20,5	05.11.88	UEG	170 (1)	2 350	1 900	7 800	4 850
21/20,5	17.11.88	UEG	UEG	17 700	15 050	3 350	2 150
21/20,5	29.11.88	130 (1)	UEG	3 450	1 400	3 050	1 400
21/20,5	23.12.88	UEG	UEG	14 850	13 000	7 300	4 900
21/20,5	Mittelwert	110	110	12 550	9 800	7 110	3 830
21/24	13.10.88	UEG	UEG	27 750	14 100	10 250	4 400
21/24	25.10.88	UEG	120 (1)	3 050	1 700	13 000	4 100
21/24	06.11.88	UEG	UEG	8 400	2 700	20 950	8 300
21/24	18.11.88	UEG	UEG	7 500	5 100	2 550	1 400
21/24	30.11.88	UEG	110 (1)	3 750	1 000	16 100	3 650
21/24	24.10.88	UEG	UEG	320	110	320	220
21/24	Mittelwert	100	110	8460	4 120	10 550	3 680
25/25	12.10.88	UEG	UEG	36 950	16 550	19 100	6 150
25/25	24.10.88	UEG	UEG	10 350	7 600	2 800	UEG
25/25	05.11.88	2410 (2)	UEG	3 610	1 710	33 700	34 200
25/25	17.11.88	UEG	UEG	36 350	24 150	9 100	1 190
25/25	29.11.88	UEG	UEG	2 000	750	5 000	1 000
25/25	23.12.88	UEG	UEG	5 150	6 100	1 800	1 200
25/25	Mittelwert	490	100	15 750	9 480	11 900	7 310
Mittelwert aller Meß- punkte		270	140	16 000	8 600	15 650	6 660

 UEG = unter der Erfassungsgrenze wird 100 Fasern/m<sup>3</sup> bei der Mittelwertbildung gesetzt

( ) Top

Tabella 10:

Bort/ B-Nr.	1		2		3		4		5		6	
	2,5-5µm	> 5µm	2,5-5µm	> 5µm	2,5-5µm	> 5µm	2,5-5µm	> 5µm	2,5-5µm	> 5µm	2,5-5µm	> 5µm
1	< 180	< 180	< 90	< 90	< 100	< 100	< 100	< 100	< 90	< 90	< 90	< 90
2	20	< 90	< 90	< 90	< 110	< 110	< 100	< 100	< 90	< 90	< 90	< 90
3	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
4	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
5	< 90	< 90	< 90	20	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
6	< 180	< 180	< 90	< 90	< 140	< 140	< 180	< 180	100	300	< 90	< 90
7	< 90	< 90	< 90	< 90	< 360	< 360	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
8	< 90	< 90	< 90	80	< 130	< 130	< 90	< 90	< 130	< 130	< 90	< 90
9	< 150	< 150	< 90	< 90	< 100	< 100	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
10	< 90	20	< 90	< 90	< 100	< 100	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
11	20	< 90	< 150	< 150	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
12	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90
13	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 90	< 100	< 100	< 90	< 90	< 110	< 110
14	< 90	< 90			< 90	< 90	< 90	410	< 260	< 260	< 110	< 110
15	< 90	< 90			< 90	< 90	< 200	< 200	< 90	< 90	< 90	< 90
					< 90	< 90						

LIS-Berichte Nr. 91 (1989)

Tabelle 14:

Konzentrationen von Asbestfasern/m<sup>3</sup>  
 Reinluftgebiete (Harz. Vrees)

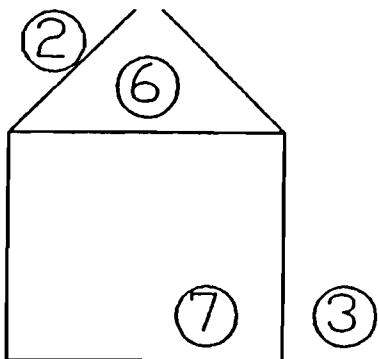
Probe NS	Datum der Probenahme	Faserkonzentration	
		$L_F = 2.5 - 5 \mu\text{m}$	$L_F \geq 5 \mu\text{m}$
21	21.10.85	UNG	UNG
9	25.10.85	UNG	UNG
24	25.10.85	100	UNG
49	14.05.86	UNG	UNG
50	15.05.86	160	UNG
51	16.05.86	UNG	UNG
32	16.05.86	UNG	UNG
81	27.06.86	360	360*) Bruchberg
82	27.06.86	240	960*) Bruchberg
100	23.09.86	UNG	UNG
103	25.09.86	110	350*) Bruchberg
88	25.09.86	300	UNG

\*) Erhöhte Konzentrationen

UNG = Unterhalb der Nachweisgrenze

Wind  
→  
→

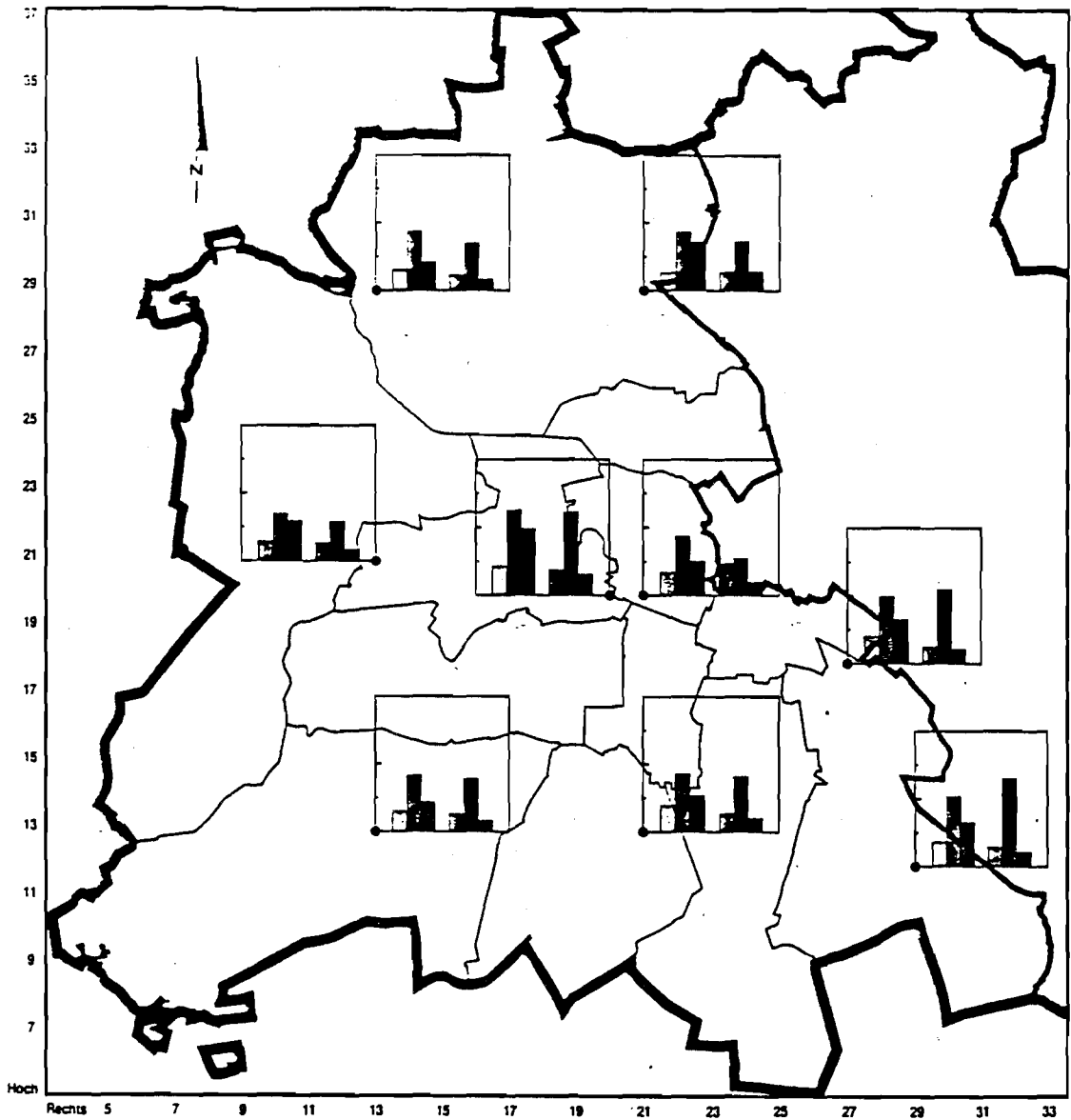
①



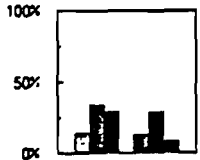
④

⑤

Bild 1:



- Asbestfasern, Länge 2.5 bis 5  $\mu\text{m}$  100% = 1000 Fasern
- Gipsfasern, Länge 2.5 bis 5  $\mu\text{m}$  100% = 20000 Fasern/m<sup>3</sup>
- sonst. anorg. Fasern, Länge 2.5 bis 5  $\mu\text{m}$  100% = 20000 Fasern/m<sup>3</sup>
- Asbestfasern, Länge mehr als 5  $\mu\text{m}$  100% = 1000 Fasern/m<sup>3</sup>
- Gipsfasern, Länge mehr als 5  $\mu\text{m}$  100% = 20000 Fasern/m<sup>3</sup>
- sonst. anorg. Fasern, Länge mehr als 5  $\mu\text{m}$  100% = 20000 Fasern/m<sup>3</sup>



Anlage 25.1 : Immissionskonzentration von Fasern ( in Fasern/m<sup>3</sup> )  
als Jahresmittelwert des jeweiligen Meßpunktes



Asbestemissionen in der  
Bundesrepublik Deutschland

W. Lohrer

- Anlage 4 -

W. Lohrer  
Umweltbundesamt

### ASBESTEMISSIONEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

Emissionen erfolgen anlagengebunden aus Produktionsstätten und produktgebunden beim Bearbeiten und beim Verschleiß sowie Beseitigen asbesthaltiger Produkte. Natürliche Quellen (z.B. Asbestvorkommen in Gabbro- und Diabasgestein) sind (von Steinbrüchen abgesehen) insgesamt von untergeordneter Bedeutung.

Im Rahmen der Erarbeitung des 1980 (Basisjahre 1975/77) veröffentlichten Asbestberichtes des UBA wurden die Emissionen aus den verschiedenen Bereichen intensiv untersucht. Es ergaben sich die folgenden Schwerpunkte:

Emissionen durch Produktverwendung entstanden bei Zuschnitt, Bearbeitung, Abrieb, Verschleiß, Verwitterung, Renovierung, Abbruch, Transport oder Beseitigung asbesthaltiger Produkte. Besondere Problembereiche in der Bundesrepublik Deutschland waren Baustellen und der Heimwerkerbereich.

Emissionen aus stationären Anlagen traten auf aus Baustoffgroßhandlungen (Zuschneiden von Asbestzementprodukten), Reibbelagproduktionsbetrieben, Asbestzementherstellungsbetrieben, aus der Aufbereitung von Asbestmineralien zu Asbestfasern und aus Produktionsbetrieben textiler Asbestprodukte.

Die gleichen Emissionsquellen wurden für den "Stufenplan krebserzeugende Stoffe" Basisjahr 1988) geschätzt und in der Tabelle den früheren Daten gegenübergestellt.

Die Aufstellung zeigt, daß ohne Berücksichtigung der Verwitterung die Emissionen aus Produkten und Anlagen stark rückläufig sind und wegen des raschen voranschreitenden Ersatzes von Asbest in allen Produkten kontinuierlich weiter absinken. Dies ist vor allem durch den weitgehenden Wegfall des Zuschnitts von Asbestzement auf Baustellen, der Substitution von Asbest in Bremsbelägen und durch verbesserte Abgasreinigungsverfahren begründet.

Anders verläuft die Entwicklung bei der Verwitterung von Asbestzement (AZ). Die Emission aus diesem Bereich konnte Ende der siebziger Jahre noch nicht geschätzt werden. Das Umweltbundesamt beauftragte daher im Jahr 1982 die FhG, die Abwitterung von AZ zu untersuchen und zu quantifizieren. In der Folge wurde seitens der AZ-Industrie ein Vorhaben mit ähnlicher Zielsetzung an die TU Berlin vergeben. Bei beiden Projekten wurden mit unterschiedlichen Untersuchungsmethoden Asbestfreisetzungen aus den ca. 300 Mio m<sup>2</sup> unbeschichteter Platten in der Bundesrepublik Deutschland ermittelt.

In dem Vorhaben der FhG wurde die flächenspezifische Asbestemission durch ein dafür entwickeltes Verfahren untersucht, das an die Außenluftbewegung angepaßt ist, um die aus einer bestimmten Fläche freigesetzten Asbestfasern zu bestimmen. Es wurden Freisetzungsfaktoren in Höhe von durchschnittlich 154 µg/m<sup>2</sup>h für Asbestfasern mit einer Länge ≥ 5 µm und von 19 µg/m<sup>2</sup>h für Asbestfasern mit einer Länge ≤ 5 µm ermittelt. Aus diesen Ergebnissen errechnen sich Gesamtfreisetzungen von ca. 400 t/a und ca. 50 t/a, in der Summe von ca. 450 t/a Asbest für die vorhandenen unbeschichteten Platten in der Bundesrepublik Deutschland.

In der TU-Studie wurde über die Ermittlung der Dickenverluste die aus unbeschichteten AZ-Platten freigesetzten Fasermengen berechnet. Diese Untersuchungen ergaben einen Durchschnittswert von ca. 0,03 g/dm<sup>2</sup>a. Dieser Wert ergibt bezogen auf die vorhandenen unbeschichteten AZ-Platten eine Gesamtfreisetzung von 900 t/a Asbest in der Bundesrepublik Deutschland.

Beide Studien ergaben, daß nach etwa zwei bis fünf Jahren ein tieferer Zusammenhang zwischen dem Alter der Platten und der Abwitterungsmenge besteht.

Nicht abschließend geklärt ist bisher die Frage nach der Verteilung der freigesetzten Fasern als Emission in die Luft bzw. in das Regenwasser. Übereinstimmung besteht allerdings in der Annahme, daß der Luftanteil zwischen 10 und 50 % liegt.

Die FhG-Studie kommt aufgrund der Niederschlagshäufigkeit in der Bundesrepublik Deutschland zu einer Schätzung von ca. 50 % Emission in der Luft. In der TU-Studie wurde davon ausgegangen, daß der größte Teil der freigesetzten Fasern mit dem Regenwasser abgeführt wird; der Luftanteil wird auf mindestens 10 % geschätzt. Ausgehend von den Gesamtergebnissen der beiden o.g. Studien ergibt sich aus der FhG-Studie bei einer angenommenen Luftbelastung von 50 % eine Emission von rund 200 t/a Asbest ( $L > 5 \mu\text{m}$ ) und bei der TU-Studie bei einer angenommenen 10 %-igen Luftbelastung eine Emission von ca. 90 t/a Asbest.

Eine Abschätzung der Asbestemission aus unbeschichteten AZ-Platten in der Größenordnung von 100 t/a ist daher die zu erwartende untere jährliche Menge.

Dies bedeutet, daß - verglichen mit der Belastung durch Asbest aus Anlagen oder anderen Produkten - die Faserfreisetzung aus der Verwitterung den weitaus größten Anteil an der gesamten Asbestemission in die Atmosphäre darstellt. Emissionen aus beschichtet in den Verkehr gebrachten AZ-Platten (ca. 600 Mio  $\text{m}^2$ ) sind dabei noch nicht berücksichtigt.

### Emissionsbewertung

Eine Bewertung der Emissionsentwicklung in den letzten 15 Jahren für die gesamte Fläche in der Bundesrepublik Deutschland ist schwierig, da der geschätzte Anteil der AZ-Verwitterung sowohl in den 70-er Jahren als auch jetzt alle anderen Emissionsmengen deutlich überschreitet. Lediglich für Belastungsgebiete (Nähe asbestverarbeitender Betriebe, Bereiche starker Bremsvorgänge) kann eine starke Abnahme der Emissionsentwicklung unterstellt werden. Für Gebiete abseits dieser Belastungszonen ist diese Aussage nicht

möglich, da der Fehler aus der Schätzung der abgewitterten Asbestfasern alle anderen Emissionen (aus Anlagen und Produkten) übersteigen kann.

Für eine Abschätzung des gesundheitlichen Risikos und damit für die Frage der Notwendigkeit und Dringlichkeit eines Austausches von AZ-Platten stellt sich die Frage nach Höhe und Bewertung resultierenden Asbestemissionen. Aus den Emissionsuntersuchungen ist eine Immissionsbelastung in der Umgebung größerer Flächen mit unbeschichteten AZ-Platten bisher nicht abgeleitet worden. Hierzu liegen nur einzelne Meßergebnisse vor, die nicht verallgemeinerbar sind.

Im Hinblick auf die vorliegenden Meßergebnisse der Immissionskonzentrationen besteht der Eindruck, daß ein Großteil der Anfang der achtziger Jahre ermittelten Meßergebnisse abseits besonderer Belastungsgebiete deutlich über den aktuellen Konzentrationen liegen; dies steht nicht im Einklang mit den Emissionsschätzungen. Allerdings sind sowohl Planung und Durchführung der Meßverfahren unterschiedlich und erschweren die Vergleichbarkeit vorliegender Meßergebnisse. Ein weiterer sehr wichtiger Parameter ist der Zeitbezug. Die meisten Daten sind Kurzzeitwerte, während für ggf. gewünschte Risikobetrachtungen Jahresmittelwerte herangezogen werden.

### Maßnahmen

Asbestkonzentrationsmessungen sind insbesondere im niedrigen Belastungsbereich zwischen 100 und 500 F/m<sup>3</sup> aufwendig und stark fehlerbehaftet. Einzelentscheidungen über einen AZ-Austausch aufgrund solcher Immissionsmeßergebnisse wären daher extrem zufallsbedingt. Würde durch politische Entscheidung ein AZ-Austausch für erforderlich gehalten werden, wäre ein von Immissionsmessungen unabhängiges Vorgehen sinnvoll.

Die Vorgehensweise sollte dann in pragmatischer Weise festgelegt werden. In erster Linie ist bei einem Austausch ein Mindestalter der Platten und die kompakte Verwendung in einem Beurteilungsbiet zu berücksichtigen.

Tabelle: Geschätzte Asbestemissionen (in t/a) in der Bundesrepublik Deutschland (1975/77 und 1988)

<u>Produktgebundene Asbestemissionen</u>	<u>1977</u>	<u>1988</u>
Asbestzementbearbeitung	max. 23	< 1
Verwitterung	nb	10 <sup>2</sup> (in dieser Größenordnung konstant)
Bremsbeläge	ca. 13	< 7
Straßendecken	< 10	< 10
Deponierung von Asbestprodukten	nb	nb
<u>Anlagengebundene Asbestemissionen</u>	<u>1975</u>	<u>1988</u>
Baustoffgroßhandlungen (Schneidhändler)	8,4	< 1
Herstellung von Reibbelägen	1,8	< 1
Herstellung von Asbestzementprodukten	1,65	< 1
Fasergewinnung (1 Betrieb)	0,17	außer Betrieb
Herstellung textiler Asbestprodukte in Spinnereien	0,14	<< 1

Abwitterung von Asbestzementprodukten.  
Ergebnisse und Konsequenzen  
eines Projektes für das  
Umweltbundesamt, Berlin

Dr. H. Marfels

- Anlage 5 -



Abwitterung von Asbestzementprodukten  
Ergebnisse und Konsequenzen eines Projektes für das  
Umweltbundesamt, Berlin \*)

Dr. H. Marfels  
Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie,  
5948 Schmallenberg-Grafschaft

1. Einleitung

Der Ausgangspunkt dieser Arbeit war, daß trotz einiger lokal an-  
gesetzter Studien (1-3, 5-7, 9) die Kenntnisse über die Freisetzung  
von Fasern aus Asbestzement-Platten bei Korrosion und Abwitterung  
bis heute mangelhaft sind. Insbesondere ist der Beitrag dieser Fa-  
seremissionen an der Gesamt-Immissionsbelastung der Luft unbe-  
kannt.

Ziel der Arbeit war, festzustellen, wieviele Fasern pro Flächen-  
und Zeiteinheit aus solchen Asbestzementprodukten freigesetzt wer-  
den können und wie die Fasergrößenverteilung aussieht. Parameter  
bei diesen Untersuchungen sollten das Plattenalter, der Einfluß  
von Beschichtungen sowie der Korrosionszustand der Oberfläche  
sein. Weitere Einflußgrößen waren neben klimatischen und Stand-  
ortfaktoren die Oberflächenform der Platten sowie ihre Lage zum  
Gebäude. Weitere Untersuchungen aus Sonderprodukten (AZ-Rohre,  
Platten in Kühltürmen von Kraftwerken, AZ-Rutschbahnen in Frei-  
zeitparks) sollen hier nicht berücksichtigt werden.

Obwohl der Schwerpunkt der Arbeiten die Ermittlung der Faser-  
Emissionen war, sollten auch im Rahmen der zur Verfügung stehenden  
Mittel Faserimmissionsmessungen in der Umgebung ausgewählter Ob-  
jekte vorgenommen werden. Über spezielle chemische und biologische  
Untersuchungen sowie über Risikobetrachtungen sollen im Rahmen  
dieser Darstellung keine Aussagen gemacht werden. Ebenso wird  
nicht auf Ergebnisse von Tierversuchen zur Ermittlung der  
Kanzergenität von Fasern aus verwitterten im Vergleich zu nicht  
verwitterten Asbestzementprodukten eingegangen.

Die grobe Kenntnis des Inhalts dieses Forschungsvorhabens wird  
vorausgesetzt.

\*) Untersuchungen über Korrosion und Abwitterung von Asbestzement-  
produkten sowie die krebserregende Wirkung der Verwitterungs-  
produkte von K.R. Spurny, H. Marfels, F. Pott und H. Muhle, im  
Auftrag des Umweltbundesamtes, September 1986



2. Meßobjekte und Meßmethodik  
2.1 Emissionsuntersuchungen

### Objekte

Gesamtzahl der Objekte: 62 Gebäude  
Gesamtzahl der Messungen: 198  
davon 129 mit unbeschichteten Platten  
und 69 mit beschichteten Platten

Bei beschichteten Platten wird unterschieden zwischen schwarz eingefärbten Kunstschieferplatten für Bedachungen und Fassaden, ferner zwischen großflächigen Fassadenplatten mit brauner, weißer oder schwarzer Farbbeschichtung.

Plattenalter: 3 - 60 Jahre  
Objektlage: Großstädte, ländliche Gebiete,  
Insellage (Helgoland). Die Objekte befinden  
sich in verschiedenen Bundesländern, einige  
in Österreich.

### Klimatische Einflußgrößen:

82 % der Messungen erfolgten bei trockenem Wetter  
6 % der Messungen erfolgten nach Regenperioden  
12 % der Messungen erfolgten bei Frost

Die Gesamtzahl der Emissionsuntersuchungen betrug 198. Davon waren 121 Messungen an geneigten Dachplatten und 77 Messungen an Fassadenplatten unterschiedlicher Oberflächenbeschaffenheit.

### Meßmethode

Für die Probenahme wurde ein Gerät entwickelt, das die Windströmung an der Plattenoberfläche mit Geschwindigkeiten bis zu 5 m/s (im Mittel bei 3 m/s) simuliert (Abb. 1).

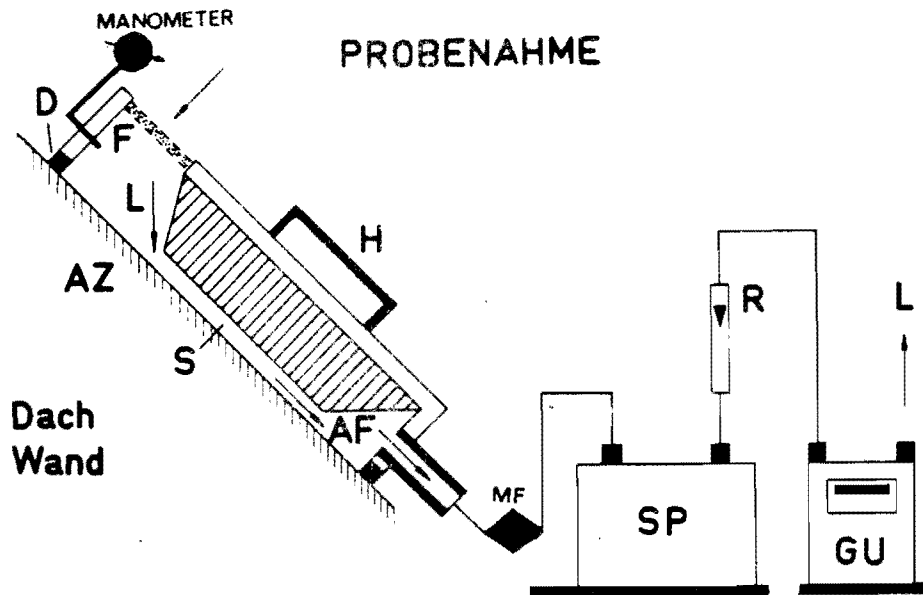


Bild 1: Graphische Darstellung des Probenahmegerätes "Faseremittometer" FEM 001. Beschreibung im Text.

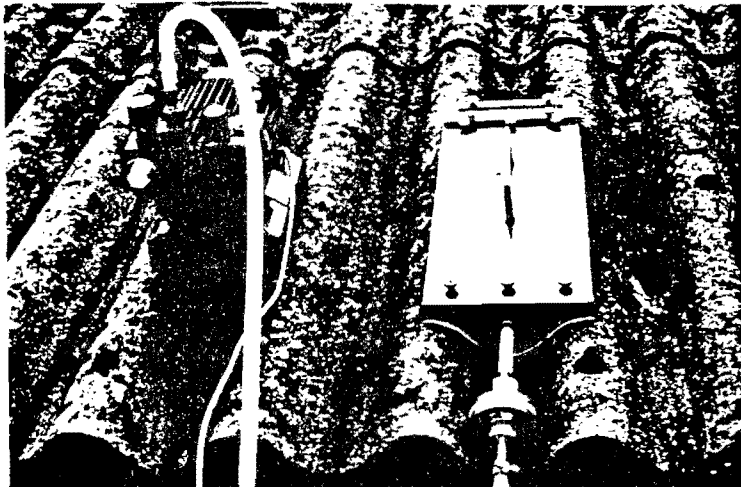


Bild 1a Photographische Aufnahme des Probenahmegerätes bei einer Messung am Dach (AZ-Wellplatten).

### Abb. 1: Probenahmegerät für Emissionsmessungen

Die Probenahmedauer betrug 2 Stunden.

Der Staub wurde auf Membranfiltern (Millipore-Filter mit einem Durchmesser von 47 mm und mit einer Porengröße von 0,8  $\mu\text{m}$ ) gezogen. Diese Filter wurden verascht, in Reinstwasser suspendiert und die enthaltenen Partikeln auf einem Nucleopore-Filter (Porendurchmesser 0,2  $\mu\text{m}$ ) resuspendiert. Die weitere Präparation und Auswertung erfolgte nach den Regeln der VDI-Richtlinie 3492.

Die gesammelten Asbestfasern und die übrigen Partikeln wurden mittels analytischer Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie (REM + ATEM), Röntgenfluoreszenz-Spektroskopie (RFS), Mikroelektronenbeugung (SAED) sowie durch Laser-Massen-Mikroanalyse (LAMMA) charakterisiert. Fasern dünner als 0,1 µm konnten nicht gezählt werden, und bei Fasern dünner als 0,2 µm konnten die Gesamtfaserzahl und auch die Zahl der Asbestfasern nicht eindeutig ermittelt werden.

Aus den erhaltenen Faserzahlen pro m<sup>3</sup> Luft ergibt sich der Faser-Emissionskoeffizient E<sub>F</sub> zu

$$E_F = \frac{F_z \cdot L_v}{P_F \cdot t_P} \quad (\text{Fasern/m}^2 \cdot \text{h})$$

wobei F<sub>z</sub> = Faserzahl

L<sub>v</sub> = das durch das Membranfilter gezogene Luftvolumen in m<sup>3</sup>

P<sub>F</sub> = Plattenfläche in m<sup>2</sup>

t<sub>P</sub> = Probenahmedauer in Stunden (h)

sind.

## 2.2 Immissionsmessungen

### Objekte

Gesamtzahl der Messungen = 42

davon in Umgebung beschichteter Platten = 16

und in Umgebung unbeschichteter Platten = 26

Die Messungen fanden ausschließlich bei trockenem Wetter statt.

## Meßmethode

Zur Probenahme wurden goldbeschichtete Nucleporefilter (NPF) mit einem Durchmesser von 47 mm und mit einer Porengröße von 0,8  $\mu\text{m}$  benutzt. Die Auswertung erfolgte nach dem standardisierten VDI-Verfahren. Die Proben wurden in einem Abstand (in der Windrichtung) zwischen 0,5 und 1 m und von 200 m von dem gemessenen Objekt (Wand, Dach) gezogen.

### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Faseremissionen

Die Untersuchungen an ca. 200 Proben zeigten, daß der Gesamtstaub im Mittel weniger als 1 % faserige Partikeln enthält. Er besteht vorwiegend aus dem verwitterten und pulverisierten Zementstaub und aus Staub, der an den Fassaden und Dächern aus der verunreinigten Atmosphäre deponiert wird (Diffusion, Sedimentation, Trägheitsabscheidung, Niederschläge usw.). Die Gesamtstaubemissionen lagen im Bereich von  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ .

Tab. 1: Mittelwerte für die Element-Zusammensetzung von Einzelfasern

Elemente (%)	n	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\min}$	$x_{\max}$
Si*	28	28,4	8,9	13,8	48,8
Si, Fe	33	14,9	20,3	0,7	50,0
Mg, Si	39	28,2	26,3	4,3	50,0

\* Mineralfasern, bei denen nur Si nachgewiesen wurde, waren meistens zu dünn, um andere Elemente noch bestimmen zu können. Deswegen ist es denkbar, daß diese Fasern auch Asbestfasern waren. Dann wäre es notwendig, die angegebenen Asbestfaserkonzentrationen mit einem Faktor von etwa 1,25 zu multiplizieren.

Fast 30 % der identifizierten Fasern waren Chrysotilasbest (MgSi), etwa 15 % aller Mineralfasern konnten als Amphibole (Si, Fe) identifiziert werden und ca. 30 % aller Fasern waren durch Si gekennzeichnet. Diese letzteren Fasern konnten bei Anwendung der TEM-Methode fast immer auch als dünne Chrysotilfasern identifiziert werden.

Tab. 2: Mittelwerte von Faseremissionsmessungen bei simulierter Windgeschwindigkeit  $\bar{v} = 2 \pm 1,2$  m/s (Probenzahl  $n = 74$ ) (Mittelwert  $\bar{x}$ , St. Abw.  $\sigma$ )

Emissionen*	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
GS ( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	179,1	200,7	14,1	1291,0
GMF ( $10^5 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^{-3}$ )	9,5	31,1	0,03	260,0
GMF ( $10^6 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ )	145,4	273,9	0,5	1417,0
GAF ( $10^5 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^{-3}$ )	3,7	16,4	0,001	140,0
GAF ( $10^6 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ )	55,6	129,6	0,1	775,0
AF $> 5 \mu\text{m}$ ( $10^5 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^{-3}$ )	1,2	4,9	0,005	40,0
AF $> 5 \mu\text{m}$ ( $10^6 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{h}^{-1}$ )	14,2	35,8	0,08	225,0

\* Hier bedeuten: GS die Gesamtstaubkonzentration, GMF die Konzentration und Emission von gesamten Mineralfasern, GAF die Konzentration und Emission der gesamten Asbestfasern und AF  $> 5 \mu\text{m}$  die Konzentration und Emission von Asbestfasern mit der Faserlänge  $L_f > 5 \mu\text{m}$ .

Aus Tabelle 2 erkennt man deutlich, daß die Streuung der Meßwerte groß war. Das ist leicht einsehbar, wenn man berücksichtigt, daß die Objekte, der Plattentyp, das Wetter usw. bei den Einzelmessungen sehr unterschiedlich waren. In Abb. 2 ist die Streuung der Meßwerte noch deutlicher erkennbar. So liegen z.B. die Werte für die Maxima der Verteilungskurven bei Faseremissionen im Bereich zwischen  $10^7$  und  $10^8$  Fasern/ $\text{m}^2 \cdot \text{h}$ .

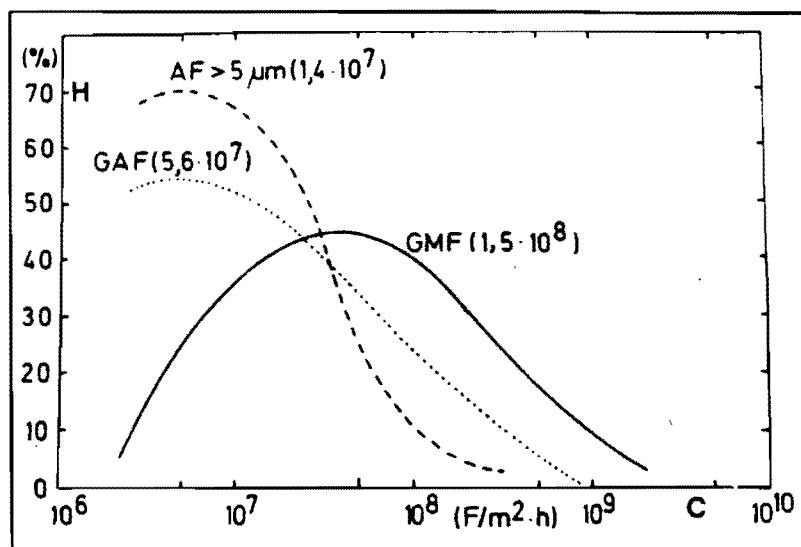


Abb. 2: Graphische Darstellung der Häufigkeitsverteilung (H) von gemessenen Emissionswerten (C). Es bedeuten GMF die Emission der gesamten Mineralfasern, GAF die Emission der gesamten Asbestfasern und AF 5 µm die Emission der Asbestfasern mit einer Länge über 5 µm.

In Tabelle 3 werden die Emissionsraten von Asbestfasern der Länge > 5 µm als Funktion der Oberflächenbehandlung der Platten aufgetragen.

Tab. 3: Emissionsmittelwerte in  $10^6 \cdot F \cdot m^{-2} \cdot h^{-1}$  für AF > 5 µm in Abhängigkeit der Oberflächenbeschichtung

Plattenart	n	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\min.}$	$x_{\max.}$
unbeschichtet	36	14,9	38,5	0,08	225,0
schwarze Beschichtungen	31	13,8	34,8	0,08	158,0
andere Beschichtungen	29*	5,2	8,0	0,08	32,0

\* ohne zwei extrem hohe Werte

Die Ergebnisse zeigen, daß die höchste Emissionsrate bei den unbeschichteten AZ-Platten beobachtet wird. Aber auch bei den mit einfacher, schwarzen Farbe beschichteten AZ-Platten waren die Emissionswerte relativ hoch. Das stimmt auch mit unseren Beobachtungen und elektronenmikroskopischen Untersuchungen überein. Nach einiger Zeit, z.B. nach 3 bis 5 Jahren, wird diese Farbschicht korrodiert, die Platte wird "grauer", und später scheint der Korrosionsverlauf der gleiche zu sein, wie bei den unbeschichteten AZ-Platten. Dagegen erwiesen sich die Platten mit "anderen" Beschichtungen als relativ gut beständig.

Ein wichtiger Faktor bei der Korrosion von AZ-Platten ist die Zeit. In Tabelle 4 wird die Abhängigkeit der Faseremission für Asbestfasern der Länge  $L > 5 \mu\text{m}$  zum Plattenalter korreliert.

Tab. 4: Emissionsmittelwerte in  $10^6 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  für  $\text{AF} > 5 \mu\text{m}$  und ihr Abhängigkeit von dem Alter der Meßobjekte

Plattenart (Exposition) Jahre	n	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\text{min.}}$	$x_{\text{max.}}$
< 10	9	4,1	6,6	0,08	21,0
10 bis 20	32	7,1	12,0	0,08	55,0
> 20	36	20,7	47,7	0,08	225,0

Es zeigte sich, daß die Faseremissionen proportional dem Plattenalter sind.

Ein weiterer bedeutender Parameter ist die Witterung, der die Platten ausgesetzt sind (Tab. 5).

Tab. 5: Emissionsmittelwerte in  $10^6 \cdot \text{F} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$  für  $\text{AF} > 5 \mu\text{m}$  in Abhängigkeit von der Wetterlage

Wetterlage	n	$\bar{x}$	$\sigma$	$x_{\text{min.}}$	$x_{\text{max.}}$
Trocken und warm	51	17,1	41,2	0,08	225,0
Nach dem Regen (warm)	6	9,6	8,1	2,1	20,0
Trocken und Frost	11	4,7	6,3	0,1	18,0

Es zeigte sich, daß die höchsten Emissionsraten bei trockenem Wetter und bei Temperaturen über dem Gefrierpunkt auftraten. Es ist wahrscheinlich, daß durch die Wirkung des in den Poren und auf der rauhen Struktur der Plattenoberfläche gebildeten Eises die freien Fasern besser haften als an der trockenen, "warmen" Oberfläche.

Einen großen Einfluß auf den Korrosionsverlauf haben ferner die gasförmigen und aerosolförmigen Luftverunreinigungen und die sauren Niederschläge. Solche Korrelationen konnten aber im Rahmen dieser Arbeit nicht erfaßt werden.

### 3.2 Faser-Immissionen

Die Tabelle 6 bietet einen Überblick über die Gesamtheit der an 42 Meßstellen erhaltenen Ergebnisse.

Tab. 6: Mittelwerte der Faserimmissionen, gemessen im Abstand von 0,5 bis 1 m von den AZ-Fassaden (Meßstellenzahl  $n = 42$ )  
 Konzentrationen  $\bar{x}$  angegeben in Faserzahl/m<sup>3</sup> ( $F \cdot m^{-3}$ )

Faserimmissionen	$\bar{x}$	$\sigma$
GS ( $\mu g \cdot m^{-3}$ )	154,4	170
GMF*	12.600	8.500
GAF	2.430	3.260
AF > 5 $\mu m$	750	1.720

\* Hierbei bedeuten GMF die gesamten Mineralfasern und GAF die gesamten Asbestfasern. Die Asbestfasern länger als 5  $\mu m$  werden als AF bezeichnet.

Die Mehrzahl dieser Messungen fand in der Umgebung mehr als 20 Jahre alter unbeschichteter Dach- und Fassadenplatten statt. Es waren in der Regel Gebäudegruppen.

Der Mittelwert der Gesamtstaubkonzentrationen (GS) lag bei etwa 150  $\mu g/m^3$  und damit viel höher als die Hintergrundwerte. Der Mittelwert der Immissionskonzentrationen für AF > 5  $\mu m$  betrug ca. 750 Fasern/m<sup>3</sup>. Die Streuung ist relativ breit, was Abb. 3 verdeutlicht.



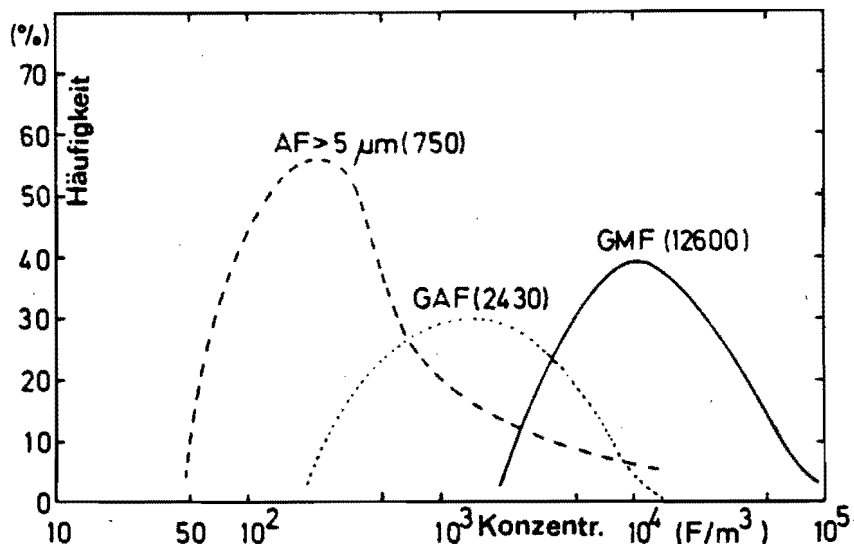


Abb. 3: Verteilungskurven für die Faserkonzentrationen bei Immisionsmessungen. In Klammern sind die Mittelwerte angegeben.

Die Konzentration der "kürzeren" (Faserlänge 2,5 bis 5  $\mu\text{m}$ ) Asbestfasern war in den meisten Fällen höher als die der langen (Faserlänge  $> 5 \mu\text{m}$ ) Asbestfasern. Es gab aber auch Fälle, in denen der Gehalt an "langen" Asbestfasern relativ hoch war. Dabei war stets sichergestellt, daß keine sonstigen Faserquellen in der Nähe waren.

In etwa 37 % aller Fälle lag die Konzentration der langen Asbestfasern über 500, in 12 % aller Fälle lag sie sogar höher als 1000 Fasern/ $\text{m}^3$  Luft.

#### 4. Kritische Bewertung der Ergebnisse

Trotz der Vielzahl der die dargestellten Messungen beeinflussenden Parameter können folgende Ergebnisse als gesichert angesehen werden:

1. Unbeschichtete Dachplatten verwittern in den ersten 5 Jahren rascher als beschichtete.
2. Zwischen Abwitterungstiefe und dem Alter der AZ-Platten besteht ein linearer Zusammenhang.

3. Asbestzementplatten enthalten nicht nur Chrysotilasbest (8 - 15 %) sondern in mehr als 10 % aller Fälle auch Amphibol-asbeste.
4. Die Emissionskoeffizienten für die Gesamtasbestfasern lagen im Mittel bei 80  $\mu\text{g}$  pro  $\text{m}^2$  und Stunde.
5. In Übereinstimmung mit Messungen anderer Autoren liegt die aus unbeschichteten AZ-Platten in die Umwelt emittierte Fasermenge im Bereich von wenigen g pro  $\text{m}^2$  und Jahr.
6. Aufgrund der bisher vorliegenden Immissionsmessungen wird in der Umgebung (0,5 - 1 m Abstand) von besonders stark verwitterten Asbestzementplatten in mehr als der Hälfte aller Fälle eine Erhöhung der Faser-Untergrundkonzentration um das 2-4fache festgestellt.

Eine Zuordnung zu verschiedenen Parametern ist sehr schwierig, da von jedem Plattentyp und von jeder Beschichtungsvariante nur relativ wenige Objekte untersucht werden konnten. Der Einfluß von Dachneigung und Plattenform konnte nicht speziell erfaßt werden. Das Plattenalter war oftmals nicht exakt festzustellen. Der Klimaeinfluß war nicht sicher statistisch zu ermitteln, da 82 % aller Emissionsmessungen und die Mehrzahl aller Immissionsmessungen bei trockenem Wetter erfolgten. Die Objektlage (Land, Stadt, Insel) war sehr unterschiedlich. Weitere Parameter wie gasförmige und aerosolförmige Luftverunreinigungen sowie saure Niederschläge wurden nicht erfaßt, wenn auch feststeht, daß in Ballungszentren mit hoher Luftverschmutzung der Verwitterungs- und Korrosionsverlauf viel rascher fortschreitet als in weniger belasteten Gebieten. Jahresmittelwerte konnten ebenfalls nicht errechnet werden, da aus finanziellen Gründen nur stichprobenartige Messungen vorgenommen worden waren.

## 5. Empfehlungen für künftige Forschungsarbeiten

Die Abwitterung von Asbestzementplatten ist vielen Einflüssen unterworfen:

- Produkt- und verwendungsbedingte Einflüsse (Aufbau, Alter, Struktur, Beschichtung, Neigung der Platten)
- Wetter- und Klimaeinflüsse (Wind, Temperatur, Luftfeuchte, Niederschlag, Schadgase und Schadaerosole der Luft, kontinentales und maritimes Klima, Jahresgang)
- Geographische Lage (Bundesland, Stadt-Land-Gefälle, Einfluß anderer Emittenten)

Durch die Vielzahl dieser Einflußgrößen ist es kaum möglich, alle Einflüsse systematisch zu untersuchen, wobei es optimal wäre, jeweils nur eine Einflußgröße zu variieren und alle anderen konstant zu halten. Die Wetter- und Klimaeinflüsse müssen so hingenommen werden, wie sie bei der Probenahme vorliegen, und auch eine systematische Variation der anderen Parameter würde so viele Messungen erfordern, daß eine Realisierung eines solchen Vorhabens nicht ernstlich erwogen werden kann.

Andererseits liegen mehrere Studien vor, die sich mit der Abwitterung von AZ-Platten, mit der Emission von Quellen für luftgetragene Asbestfasern und mit der Immission von Asbest befassen:

Bornemann und Hildebrandt (1986)  
Felbermeyer (1983)  
Marfels et al. (1987 und 1988, Niedersachsen)  
Marfels et al. (PEF)  
Meyer (1986)  
Schweizer Studie (1986)  
Spurny et al. (1986, UBA-Abwitterung)  
Teichert (1986)  
TÜV Berlin  
TÜV Bayern

Es besteht nun die Möglichkeit, durch zusammenfassende Auswertung dieser Daten Erkenntnisse zu gewinnen, die bisher in den Studien nicht enthalten sind.

Mit statistischen Verfahren können z.B. Werte, die innerhalb der Nachweisgrenze liegen, durch geeignete Verteilungsfunktionen extrapoliert werden, so daß fiktive Meßwerte zur Ergänzung der tatsächlichen Meßwerte in die Berechnung der Median- und Mittelwerte eingehen können.

Aus der Verteilungsfunktion der Fasern  $L < 5 \mu\text{m}$  können Wahrscheinlichkeiten für das Auftreten von Fasern mit  $L \geq 5 \mu\text{m}$  abgeleitet werden, die in die Berechnung der Median- und Mittelwerte eingehen können.

Für den Hintergrundwert der Asbestfaserkonzentration in der Außenluft können andere anthropogene Emissionen mit diffusen Quellen als Vergleich herangezogen werden.

Für ein künftiges Meßprogramm zur Ermittlung von Jahresmittelwerten und Jahresgängen wird folgende Vorgehensweise vorgeschlagen:

- Auswahl je zweier typischer Objekte mit unbeschichteten, mehr als 20 Jahre alten Dachplatten sowie mit Dach- und Fassadenplatten
- Auswahl zweier typischer Objekte mit beschichteten Dachplatten (typische Beschichtung) mit einem Alter von mehr als 20 Jahren sowie weniger als 10 Jahren
- Plattenaufbau und -Zusammensetzung müssen feststehen
- Diskontinuierlich sind dann wochenweise gleichzeitig Emissionsmessungen, Immissionsmessungen, Innenraummessungen und Untersuchungen des Regenwassers vorzunehmen
- Auswertungen sollten mit Raster- und Transmissionselektronenmikroskopie erfolgen



- Die Wochenergebnisse werden zu Monatsmischproben zusammengefaßt, aus denen Jahresmittelwerte und Jahregänge errechnet werden
- Die Wetterdaten müssen vor Ort kontinuierlich erfaßt werden
- Die Ergebnisse sollen aufgeschlüsselt werden in Mittelwerte und Größenverteilungen der Fasern getrennt nach Asbestfasertypen
- Die Untergrundkonzentration in der Umgebung der Meßorte ist systematisch zu ermitteln
- Einige Auswertungen könnten als Ringversuche durchgeführt werden.

Schmallenberg, den 5. Juli 1989

## 6. Literatur

1. Bornemann, P. und U. Hildebrandt: Zur Frage der Belastung der Umwelt mit Abwitterungsmaterial von Asbestzement. Staub-Reinhalt.Luft 46 (1986), 487-489.
2. Felbermayer, W.: Abwitterung von Asbestzementprodukten - Immissionsmeßergebnisse aus Österreich. VDI-Berichte 475 (1983).
3. Luftbelastung durch Asbestfasern in der Schweiz. Schriftenreihe Umweltschutz Nr. 49, Bundesamt für Umweltschutz, Bern, 1986.
4. Marfels, H. et al.: Anthropogene Stäube in der Außenluft in Baden-Württemberg; physikalisch-chemische Analyse und toxikologisch Bewertung. Noch laufendes Forschungsvorhaben des Projektes Europäisches Forschungszentrum für Maßnahmen zur Luftreinhaltung (PEF).
5. Marfels, H., K. R. Spurny, Ch. Boose, W. Althaus, F.-J. Wulbeck, G. Weiss, J. Schörmann, H. Opiela und F. Jaeckel: Immissionsmessungen von faserigen Stäuben in der Bundesrepublik Deutschland - Asbest-Immissionsmessungen in Niedersachsen. Wissenschaft und Umwelt 2/1988, 75-79.
6. Marfels, H. und K.R. Spurny: Asbest-Immissionsmessungen in Niedersachsen (1985/1986). Forschungsbericht des Fraunhofer-Instituts IUCT, 1987.
7. Meyer, E.: Untersuchungen zur Bedeutung der Verwitterung von Asbestzementflächen für die Asbestfaserkonzentration in der Umwelt. Staub-Reinhalt.Luft 46 (1986), 482-484.
8. Spurny, K.R., Marfels, H., Pott, F. und H. Muhle: Untersuchungen über Korrosion und Abwitterung von Asbestzement-Produkten sowie die krebserregende Wirkung der Verwitterungsprodukte. Forschungsbericht 104 08 413 des Umweltbundesamtes, Berlin (1986).
9. Teichert, U.: Immissionen durch Asbestzement-Produkte. Teil I: Staub-Reinhalt.Luft 46 (1986), 432-434. Teil II: Staub-Reinhalt.Luft 46 (1986), 484-486.

Kritische Anmerkungen zur  
SPURNYSchen Studie über die  
Abwitterung von Asbestzement  
(UBA-Texte 12/88)

M. Fischer

- Anlage 6 -

M. Fischer  
 Inst.f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene  
 des Bundesgesundheitsamt

Kritische Anmerkungen zur Spurnyschen Studie  
 über die Abwitterung von Asbestzement  
 (UBA-Texte 12/88)

1. Kritik der Untersuchungsmethodik

Die Aufgabenstellung der Untersuchung wird von den Autoren selber wie folgt charakterisiert (S. 29 u. S. 33):

"Es sollte festgestellt werden, wieviel Fasern pro Flächen- und Zeiteinheit freigesetzt werden können. Wie sieht die genaue Fasergrößenverteilung und wie die chemische Zusammensetzung dieser Fasern aus? Könnte aufgrund der Emissionsmessungen die Emissionsrate für das gesamte Gebiet der Bundesrepublik bestimmt oder wenigstens geschätzt werden?"

"Die vorgesehenen Messungen und Analysen an unterschiedlichen Asbestzementplatten (fabrikneue Platten, Platten verschiedenen Alters, Messungen in Reinluftgebieten, Messungen in Ballungszentren usw.) sollten umfangreiche Grundlagen für die Risikobewertung liefern. Die Meß- und Analyseergebnisse sollten für die Ausarbeitung präventiver, technischer Schutzmaßnahmen für die gesamte Bevölkerung sehr nützlich sein."

Die Autoren entschlossen sich für eine direkte Messung der Faseremissionsrate (Fasern/m<sup>2</sup> h) mittels eines eigens entwickelten Gerätes des sog. Faseremittometers, das Messungen an den bewitterten AZ-Platten in situ gestattet. Die Emissionsrate hängt ab von dem

- Plattenzustand (abhängig von Platten-/Oberflächenqualität, Dauer und Aggressivität der vorangegangenen Bewitterung der Platte, Platteneinbau), dem
- Strömungsfeld (Größe der Windgeschwindigkeit  $V_{\parallel}$  tangential zur Plattenfläche, Strömungsverlauf unmittelbar an der Plattenoberfläche, Scherkräfte, Tubulenzen) und schließlich dem
- Abspülen der Platte durch Niederschläge (Regen, Schnee), und damit vom kurzzeitigen Witterungsverlauf vor der Messung.



Alle diese Faktorenkomplexe weisen erhebliche statistische Variationen auf, demgegenüber liefert das Emittometer extrem lokalisierte Werte (beprobte Fläche  $100-800 \text{ cm}^2$ ) bei einer für die Meßdauer von ca. 0,5 Std. fest vorgegebenen rechnerischen Überströmungsgeschwindigkeit  $V_{II}$  (zwischen 0,5 - 10 m/sec, meist bei 3 m/sec).

K 1. Da die Verwitterung einer AZ-Platte keineswegs homogen verläuft, hängt das Ergebnis am selben Objekt stark von dem genauen Ort des Aufsetzens des Meßgeräts ab (an einem und demselben Wohnhaus in Schmollenberg werden alle Kategorien von "leicht" ( $< 10^6 \text{ F/m}^2\text{h}$ ) bis "stark verwittert" ( $> 10^8 \text{ F/m}^2\text{h}$ ) gefunden (alle Konzentrationsangaben beziehen sich auf krit. Fasern).

K 2. Beim Überströmen einer ruhenden Platte bildet sich aufgrund der Zähigkeit in der strömenden Luft ein Höhenprofil der Horizontalgeschwindigkeit aus, wobei deren Wert von Null an der Plattenoberfläche auf den vollen Betrag  $V_0$  in der freien Atmosphäre ansteigt. Aufgrund des Geschwindigkeitsgradienten tritt eine Schubspannung in Strömungsrichtung auf von der Größe

$$\tau_{\text{Grenz}} = 0,664 \rho V_0^2 \frac{1}{\sqrt{Re}}$$

$$Re = \frac{\rho}{\eta} v \cdot L \quad (\text{Reynoldszahl})$$

$\frac{\eta}{\rho} = 15 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{sec}$   
f. Luft bei  $20^\circ\text{C}$

$L$  ist eine charakteristische Länge, z.B.

$L_E = \text{Spalthöhe d. Emittometers} = 0,01 - 0,001 \text{ m}$

$L_R \approx 10 \text{ m}$  in der Atmosphäre

Wählt man, wie Spurny et al., die mittlere Luftgeschwindigkeit in der Meßstrecke gleich der Windgeschwindigkeit in der freien Atmosphäre ( $V_0 \approx 3 \text{ m/sec}$ ), so erhält man für die Schubspannung im Emittometer

$$\tau_{\text{Grenz}}^E = \sqrt{\frac{Re^R}{Re^E}} \cdot \tau_{\text{Grenz}}^R = \sqrt{\frac{10}{10^{-3} \dots 10^{-3}}} \tau_{\text{Grenz}}^R$$

d.h. 30-100fach überhöhte Werte im Emittometer (Staubsauger-effekt). Die Bedingung  $\tau_{\text{gem}}^R = \tau_{\text{gem}}^E$  wäre erfüllt, wenn

$$\frac{V_E^2}{\sqrt{\frac{g}{\eta} V_E L_E}} = \frac{V_R^2}{\sqrt{\frac{g}{\eta} V_R L_R}}$$

d.h.  $V_E = \left( \frac{L_E}{L_R} \right)^{1/3} \approx 0.1 V_R \dots 0,05 V_R$

- K 3. Beim Aufsetzen des Emittometers wird (Bild 15, p. 90) zunächst eine sehr hohe Faseremissionsrate gemessen, die dann im Lauf von 3,5 Std. auf ca. 5 % des ursprünglichen Wertes abklingt. Die Autoren betrachten ohne nähere Begründung den Wert nach 2 Std. als repräsentativ für die mittlere Emissionsrate. Es bleibt unklar, wie man bei dem stark nichtlinearen Verlauf der Abklingkurve und der zeitlich stochastisch variierenden Windgeschwindigkeit aus dem 2-Std. Wert auf eine zeitlich gemittelte Emissionsrate umrechnen soll. Es müßte geklärt werden, ob die Emissionsrate nach gewisser Zeit bei einer gegebenen Platte nur noch eine Fkt. der Überströmungsgeschwindigkeit ist. Unter dieser Voraussetzung könnte man einen Mittelwert

$$\langle \xi \rangle = \int_0^{\infty} f(v) \xi(v) dv$$

berechnen. Nur unter der Ann., daß  $\xi(v)$  eine lineare Fkt wäre, gilt  $\langle \xi \rangle = \xi(\bar{v})$ , d.h. die von den Autoren gemachte Annahme, daß der bei einer mittleren Windgeschwindigkeit gemessene Emissionswert gleich dem Mittel aller Emissionswerte ist.

- K 4. Da der Anteil der mit dem Regen abgewaschenen Fasern ( $\geq 50\%$ ) nicht erfaßt wurde, geben die gemessenen Emissionsraten, als Jahresmittelwerte interpretiert, nur Obergrenzen an. Dieser Anteil variiert mit den klimatischen Bedingungen am Abwitterungsort.

K 5. Abweichend vom VDI-Verf. haben die Autoren vor die Faseraus-zählung eine Zwischenveraschung mit anschließender Ultra-schallbehandlung geschaltet (S. 46), es ist unklar inwie-weit dabei die Zerlegung des nicht inhalierbaren Grobstaub-anteils in krit. Asbestfasern ausgeschaltet, bzw. berück-sichtigt wurde.

#### K 6. Statistik der Einflußgrößen

Bei der Untersuchung des Einflusses einzelner Parameter auf die Emissionsraten werden die verschiedenen Parameter als unabhängig voneinander behandelt. Dies ist allerdings nicht selbstverständlich, so könnten die Merkmale "alt" und "unbe-schichtet" durchaus positiv miteinander korrelieren, wenn früher vornehmlich unbeschichtete Platten eingesetzt wurden.

Unklar bleibt, ob bei den Messungen unter verschiedenen Wet-terbedingungen in jeder Teilgruppe die gleiche Verteilung von Beschichtung bzw. Alter vorlag.

Bei Wellplatten muß eine starke Abhängigkeit von der Wind-richtung ( $L, W$  zur Plattenlängsrichtung) existieren, die nicht untersucht wurde.

Zusammenfassend ergibt sich aus der Kritik an der Meßmethodik

a) Die angegebenen Emissionsraten müssen als quantitativ stark überhöht angesehen werden, hierfür kann man grob folgende Fakto-ren schätzen

$$\left. \begin{array}{l} K_2: 30-100 \\ K_3: 3-10 \\ K_4: 2-5 \\ K_5: 1 \end{array} \right\} \text{Zusammen: } 180 - 5000!$$

Das Emittometer kann daher nicht zu einer rechtlich relevanten Beurteilung der Abwitterung, bzw. der Sanierungsbedürftigkeit, einzelner Gebäude eingesetzt werden (s.a. K 1)

b) Ein repräsentativer Mittelwert kann weder als meteorologisches Jahresmittel noch über den Gebäudebestand geschätzt werden ( $K_1, K_6$ ). Die Autoren geben für Fasern  $L > 5 \mu\text{m}$  einen Mittelwert von  $\xi = 1,4 \cdot 10^7 \text{ F/m}^2\text{h}$  (Min  $8 \cdot 10^4$ , Max  $2,3 \cdot 10^8$ ) an (S. 89), also eine Variation von 3 Größenordnungen.

Die Messungen eignen sich daher weder zur Abschätzung der Gesamtemission noch zur Berechnung von Immissionen mittels Ausbreitungsrechnung. Damit kann der Anteil der Abwitterung an der totalen Immission, etwa in einem Stadtgebiet, auch bei Kenntnis der jeweiligen AZ-Flächen, nicht bestimmt werden.

## 2.) Zur Aufgabenstellung der Abwitterungsstudie

Schon als das UBA die Abwitterungsstudie in Auftrag gab, war aufgrund der Messungen von Teichert über AZ-Dachflächen und der Abschätzungen von Fischer/Meyer zur Immission durch Abwitterung erkennbar, daß die Abwitterung max. nur einen Beitrag von einigen hundert  $F/m^3$  liefern würde. Auch ist für die umwelthygienische Beurteilung die Immission und nicht die Emission ausschlaggebend. M.E. hätte es näher gelegen, repräsentative Immissionsmessungen (Jahresmittelwerte) in der Umgebung geeigneter Objekte zu machen, so wie Spurny et al. dies in NRW und später auch in Niedersachsen begonnen haben. Außerdem wäre die Hinzuziehung von Fachleuten für Meßstrategie, Ausbreitungsrechnung und Immissionsbewertung sicher hilfreich gewesen, um eine tragfähige Grundlage für umweltpolitische Beschlüsse zu schaffen.

Simulation von Immissionsbelastungen  
durch Abwitterung von Asbest

S. Külske und W. Stuckmann

- Anlage 7 -

## Simulation von Immissionsbelastungen durch Abwitterung von Asbest

S. Külske und W. Stuckmann  
Landesanstalt für Immissionsschutz NRW

### Zusammenfassung

Mit Hilfe des Ausbreitungsmodells der Technischen Anleitung zur Reinhaltung der Luft (Gauß-Modell) werden die Jahresmittelwerte der Immission von kritischen Asbestfasern (Länge  $\geq 5 \mu\text{m}$ , Dicke  $\leq 3 \mu\text{m}$ ) im Umgebungsbereich von sechs verschiedenen Emittenten bzw. Emittentenanordnungen simuliert. Als Emissionswert werden  $10^6$  Fasern pro Quadratmeter und Stunde zugrunde gelegt. Für die Emission in einem Stadtgebiet wird eine Belegung durch Asbestplatten von ca. 2 % der Stadtfläche abgeschätzt. Die maximalen Jahresmittel der Immission liegen je nach Quelltyp zwischen 2 und 89 Fasern/ $\text{m}^3$ .

### 1. Einleitung

Zur Abschätzung der Immissionsbelastung durch Asbestfasern in der Umgebung von mit Asbestflächen belegten verschiedenen Gebäudekonfigurationen wurden Immissionssimulationen mit dem Gauß'schen Ausbreitungsmodell nach TA-Luft [1] vorgenommen. Das Modell errechnet für ein Aufpunktraster die Jahresmittel der Faserzahl pro  $\text{m}^3$ , wenn die Emission in Fasern pro  $\text{m}^2$  und Stunde bekannt ist. Es werden alle im Laufe eines Jahres auftretenden unterschiedlichen meteorologischen Bedingungen berücksichtigt.

Im vorliegenden Fall wurden die langjährigen meteorologischen Daten der Flugwetterwarte Düsseldorf des Deutschen Wetterdienstes herangezogen.

-

Die Simulation erfolgte für folgende Gebäudekonfigurationen (siehe Abbildung 1 bis 6):

- einzelne Flächenquelle von 20 x 10 m<sup>2</sup>
- quadratische Gebäudefläche mit Innenhof mit vier aneinandergrenzenden Flächen von je 200 x 20 m<sup>2</sup> (Gesamtfläche 16000 m<sup>2</sup>)
- acht einzelne Gebäude von je 50 x 50 m<sup>2</sup> (Gesamtfläche 20000 m<sup>2</sup>) unregelmäßig verteilt in einer Fläche von 1 km<sup>2</sup>
- 20 einzelne Gebäude von je 50 x 20 m<sup>2</sup> (Gesamtfläche 20000 m<sup>2</sup>) verteilt in einer Fläche von 1 km<sup>2</sup>
- gleichmäßig emittierende Fläche von 1 km<sup>2</sup> (2 % der Fläche (= 20000 m<sup>2</sup>) emittiert Asbest)
- gleichmäßig emittierende Fläche von 6 km<sup>2</sup> (2 % der Fläche (= 120000 m<sup>2</sup>) emittiert Asbest).

Alle Quellen haben eine Höhe von 10 m. Die nächsten Aufpunkte haben einen Quellenabstand von etwa 50 m. Die Aufpunktraster ergeben sich aus den Abbildungen 1 bis 6.

## 2. Emission

Die berechneten Immissionsbelastungen hängen entscheidend von der Emission ab. Die Emission geht linear in die Ausbreitungsrechnung ein, d.h., eine Verdopplung der Emission - hier als Zahl der emittierten Fasern pro m<sup>2</sup> und Stunde bzw. als Emissionsmassenstrom in Fasern pro Stunde angegeben - führt zu einer Verdopplung der Immissionen.

Es wurden folgende Abschätzungen der Emission für die durchzuführenden Immissionssimulationen vorgenommen:

Nach den Untersuchungen der TU-Berlin über die Korrosion von Asbest-Zement-Materialien [2] sowie nach Messungen des Fraunhofer-Instituts für Umweltchemie und Ökotoxikologie [3] und des Instituts für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes [4] in unmittelbarer Nähe der Oberflächen von Asbest-Zement-Platten kann von einer mittleren Emission von  $10^6$  Fasern/ $m^2 \cdot h$  für die kritischen Fasern (Länge  $\geq 5 \mu m$ , Dicke  $\leq 3 \mu m$ ) ausgegangen werden, wenn eine Bezugszeit von 24 Stunden für die einzelnen Emissionsmessungen zugrunde gelegt wird. Bekannt ist, daß die Faser-Emission starke Schwankungen in Abhängigkeit von u.a. Struktur und Beschichtung der Asbestplatten sowie von Witterungseinflüssen aufweist. Der Wert von  $10^6$  Fasern/ $m^2 \cdot h$  ist als Jahresmittel aufzufassen.

In einem weiteren Schritt war abzuschätzen, mit welcher Belegungsichte von Asbestplatten in einem Stadtgebiet zu rechnen ist, wenn als Gesamtasbestfläche in der Bundesrepublik Deutschland für Bedachung und Fassadenverkleidung (beschichtete und unbeschichtete Materialien)  $10^9 m^2$  [3] zugrunde gelegt werden.

Als Beispiel wurde eine Großstadt im Ruhrgebiet gewählt. Nach dem statistischen Jahrbuch hat die Bundesrepublik eine Flächen-größe von  $248,7 \times 10^9 m^2$ , mit einem Gebäude- und Freiflächen-Anteil von ca. 6 %.

Für die ausgewählte Großstadt im Ruhrgebiet von  $0,21 \times 10^9 m^2$  Größe ergibt sich dann eine Asbest-Zementfläche von  $4,4 \times 10^6 m^2$  bzw. ca. 2 % der Stadtfläche, wenn die um den Faktor 5,3 höhere Gebäude- und Freifläche in dieser Stadt berücksichtigt wird. Bezogen auf eine Teilfläche von  $1 km^2$  Größe beträgt die Asbestfläche  $20000 m^2$ .



Dieser Wert wurde bei den Simulationen für die Flächenbelegungen durch Asbestplatten bei den 1-km<sup>2</sup>- und 6-km<sup>2</sup>-Flächen zugrunde gelegt. Die Emissionen im Fall der einzelnen Flächenquellen bzw. der quadratischen Gebäudeflächen ergeben sich unmittelbar aus dem Emissionswert von 10<sup>6</sup> Fasern/m<sup>2</sup> · h.

### 3. Ergebnisse der Immissionssimulation

In den Abbildungen 1 bis 6 sind die Jahresmittelwerte der ermittelten Immissionen in Fasern/m<sup>3</sup> für die Gitterschnittpunkte dargestellt.

Volle Gültigkeit haben die Immissionsangaben für Entfernungen ab 100 m. Die teilweise angegebenen Werte für 50 m Entfernung sind Näherungswerte.

Die Abbildungen zeigen für keinen Ort eine Immission über 100 Fasern/m<sup>3</sup>. Die höchste Faserzahl ergibt sich für den Fall der quadratischen Flächenquelle im Innenhof mit 89 Fasern/m<sup>3</sup>. Die zweithöchsten Faserzahlen werden bei der Belegung von 6-km<sup>2</sup>-Flächen mit maximal 57 Fasern/m<sup>3</sup> gefunden. Die Belegung von 1-km<sup>2</sup>-Flächen mit unterschiedlichen Gebäudeflächen führt maximal zu ca. 40 Fasern/m<sup>3</sup>. Die geringste Faserzahl ergibt sich für den Fall des einzelnen Gebäudes von 20 x 10 m Dachfläche mit 2 Fasern/m<sup>3</sup>.

Die höchsten Faserzahlen werden jeweils im Nahbereich der Quellen festgestellt; mit zunehmender Quellentfernung fallen die Faserzahlen sehr stark ab (siehe Abbildungen).

Der Unsicherheitsbereich der angegebenen Faser-Immissionen liegt in der Größenordnung des Faktors 2, d.h., der wahre Jahresmittelwert kann doppelt oder halb so groß wie der simulierte Wert sein, wenn die Emission als zutreffend angesehen werden kann.

Literatur

- [1] Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft  
Ausgabe A, 1986
  
- [2] Hildebrandt, U.: Untersuchungen des Verwitterungsverhaltens von natürlich bewitterten Asbestzement-Dach- und Fassadenplatten  
Vortrag BGA, Mai (1986)
  
- [3] Spurny u.a.: Untersuchungen über Korrosion und Abwitterung von Asbest-Zement-Produkten sowie die krebserregende Wirkung der Verwitterungsprodukte  
UBA 104 08 314 (1986)
  
- [4] Meyer, E.: Messungen der Faserkonzentration über verwitterten Asbestzementplatten unter definierten Strömungsbedingungen  
Vortrag BGA, Mai (1986)

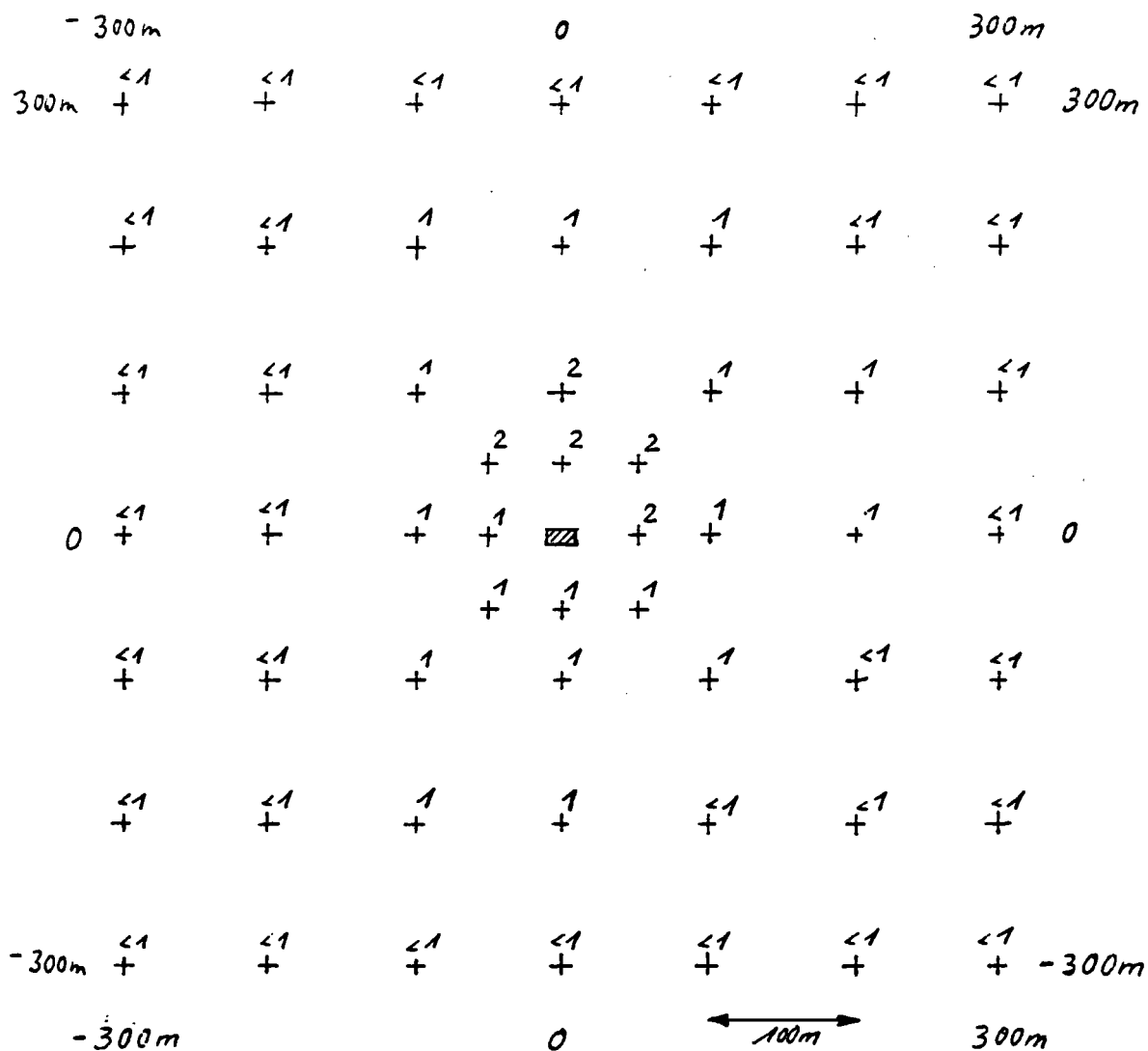


Abb.: 1 Immissionssimulation Asbest  
Jahresmittelwert (Fasern/m<sup>3</sup>)



Gebäude

Fläche: 20 m \* 10 m

Höhe: 10 m

Emissionsmassenstrom:  $2 * 10^8$  Fasern/h  
( $10^6$  Fasern/m<sup>2</sup>h)

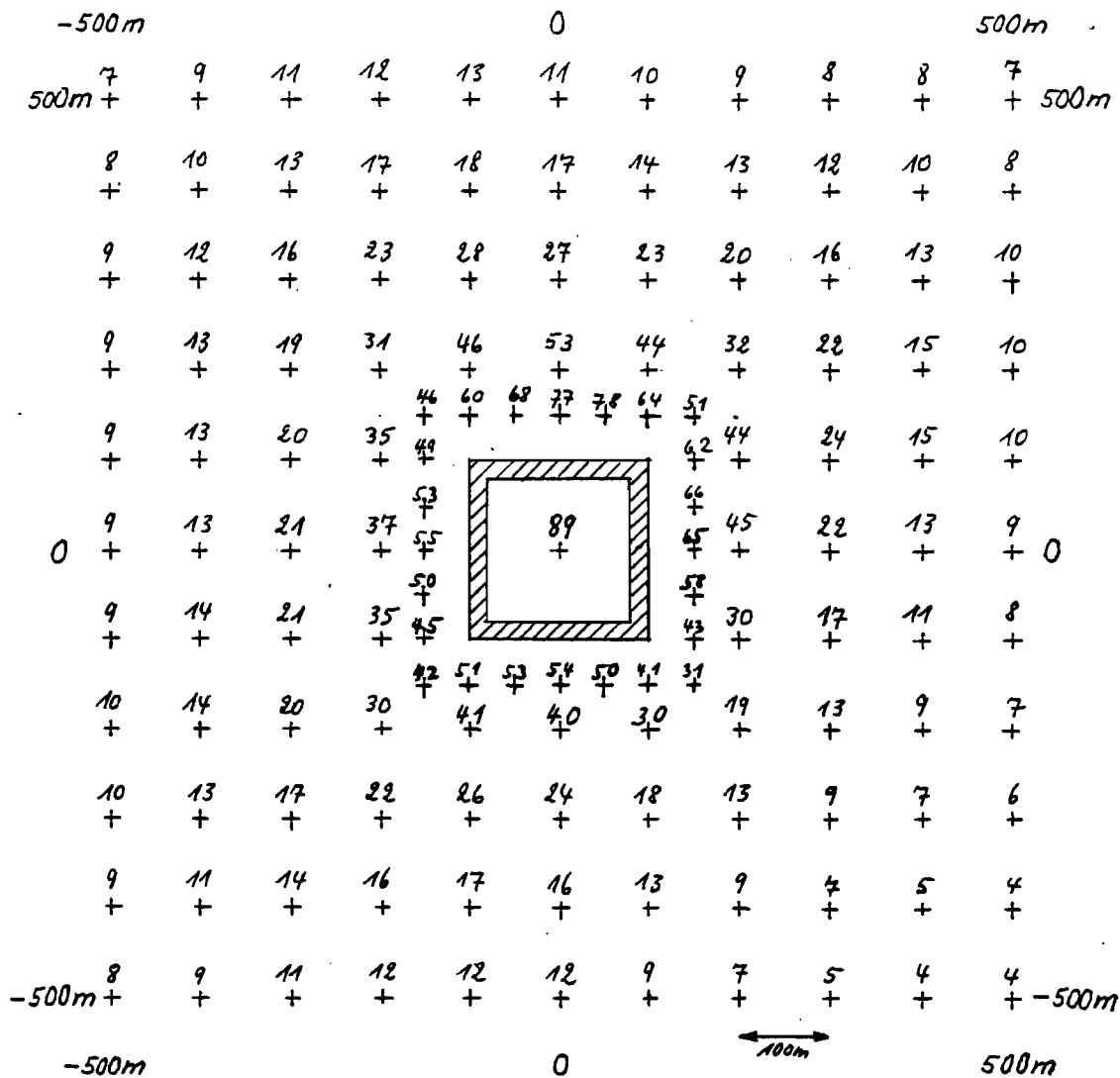
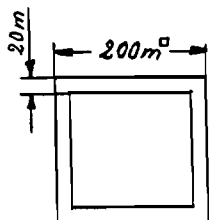


Abb.: 2 Immissionssimulation Asbest  
 Jahresmittelwert (Fasern/m³)

Maße der Quelle:



Höhe: 10 m  
 Emissionsmassenstrom:  $14,4 \cdot 10^9$  Fasern/h  
 ( $10^6$  Fasern/m²h)

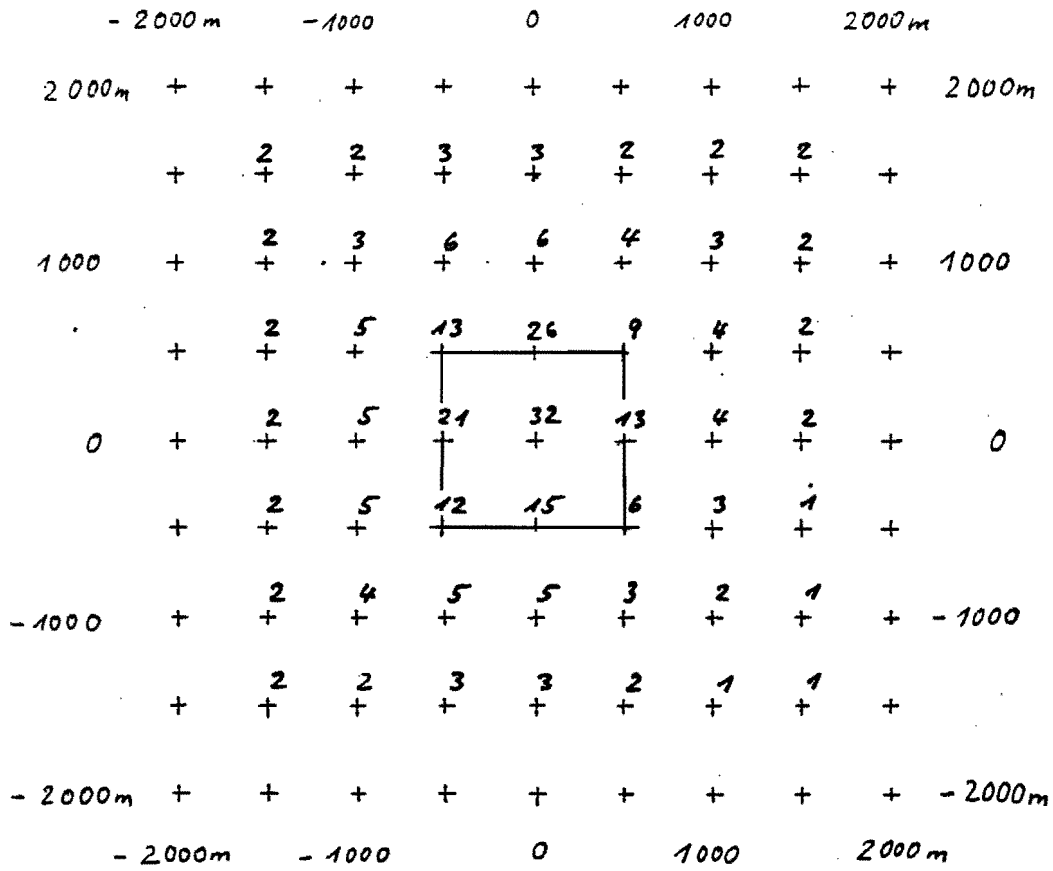
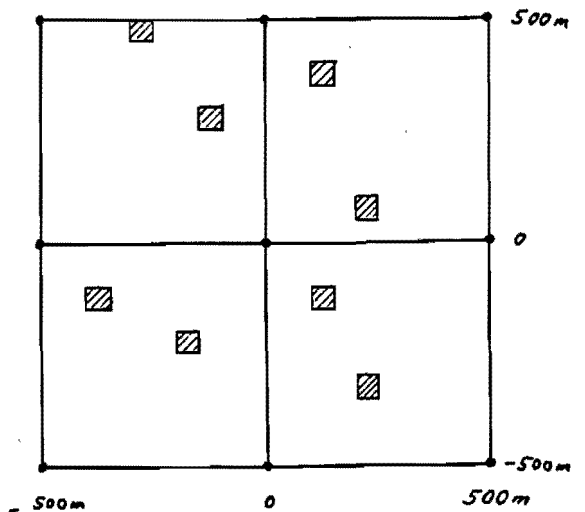


Abb.: 3 Immissionssimulation Asbest  
Jahresmittelwert (Fasern/m³)

- Aufpunkte
- ▨ Gebäude
- Fläche: 50 m \* 50 m
- Höhe: 10 m
- Anzahl der Gebäude: 8
- Emissionsmassenstrom pro Quelle:  $2,5 * 10^9$  Fasern/h
- Gesamtemissionsmassenstrom:  $20 * 10^9$  Fasern/h ( $10^6$  Fasern/m²h)

Anordnung der Gebäude innerhalb der Fläche von 1 km²



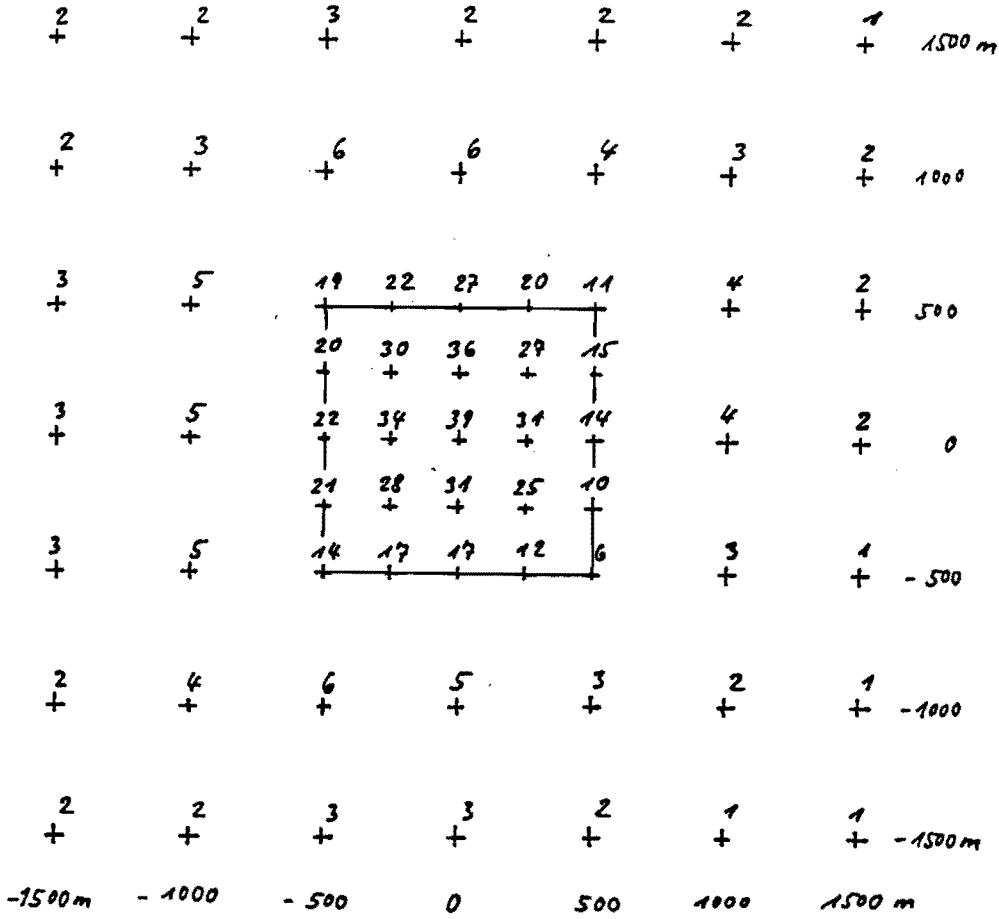
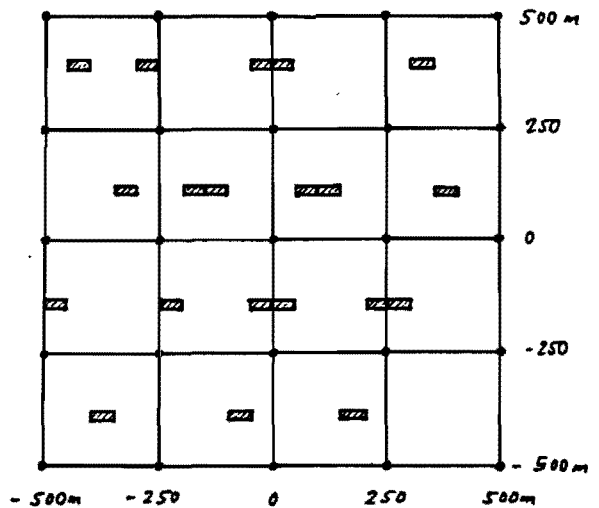


Abb.: 4 Immissionssimulation Asbest  
Jahresmittelwert (Fasern/m³)

- Aufpunkte
- ▨ Gebäude
- Fläche: 50 m \* 20 m
- Höhe: 10 m
- Anzahl der Gebäude: 20
- Emissionsmassenstrom pro Quelle:  $1 \cdot 10^9$  Fasern/h
- Gesamtemissionsmassenstrom:  $20 \cdot 10^9$  Fasern/h ( $10^6$  Fasern/m²h)

Anordnung der Gebäude  
innerhalb der Fläche von 1 km²



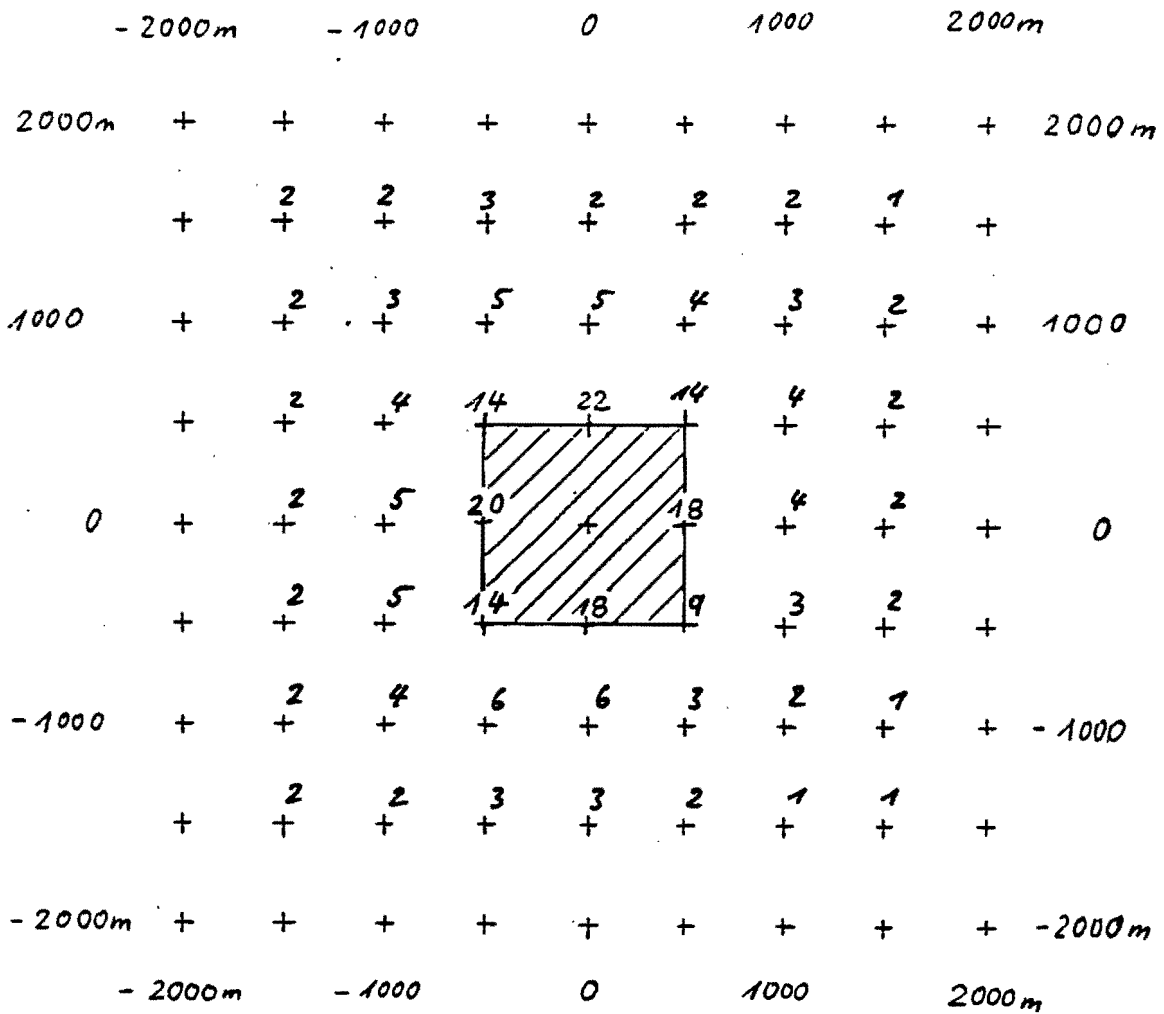


Abb.: 5 Immissionssimulation Asbest  
Jahresmittelwert (Fasern/m<sup>3</sup>)



Flächenquelle: 1000 m \* 1000 m

Höhe: 10 m

Annahmen: — 2 % der Fläche emittiert Asbest

— Homogene Verteilung der Asbestemission

Emissionsmassenstrom:  $20 * 10^9$  Fasern/h

( $10^6$  Fasern/m<sup>2</sup>h)

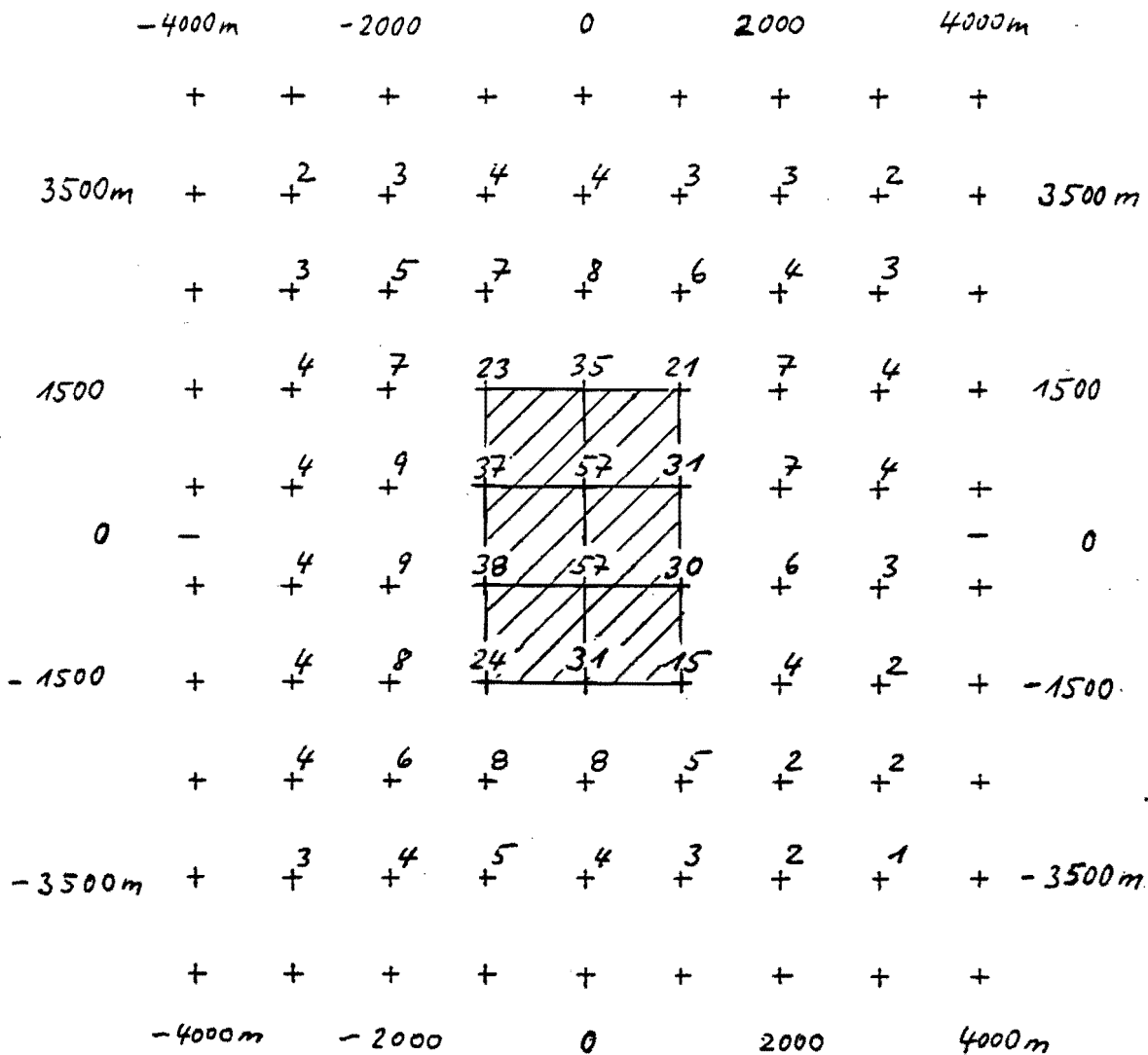
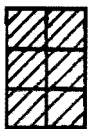


Abb.: 6 Immissionssimulation Asbest  
 Jahresmittelwert (Fasern/m³)



6 Flächenquellen je 1000 m \* 1000 m

Höhe: 10 m

Annahmen: — 2 % der Fläche emittiert Asbest

— Homogene Verteilung der Asbestemission

Emissionsmassenstrom je Fläche:  $20 \cdot 10^9$  Fasern/h

Gesamtemissionsmassenstrom:  $120 \cdot 10^9$  Fasern/h

( $10^6$  Fasern/m²h)



Abschätzung der Dauerimmission  
durch Asbest in der Außenluft

Dr. J. Michatz

- Anlage 8 -

**ABSCHÄTZUNG DER DAUERIMMISSION  
DURCH ASBEST IN DER AUSSENLUFT**

---

**von**

**Dr.-Ing. J. Michatz**

**Verband der Faserzementindustrie e.V.**

---

## 1. Asbest in der Aussenluft

Zur Abschätzung von möglichen Gefahren für die Allgemeinbevölkerung durch Asbest in der Umwelt braucht man zunächst ein klares Bild über die Belastungssituation. Dazu gibt es eine Fülle von Daten. Messungen sind von verschiedenen Institutionen im In- und Ausland bereits seit vielen Jahren getätigt worden und werden laufend durch neue Messprogramme aktualisiert. Es erscheint notwendig, sich zunächst eine Übersicht über diese Ergebnisse zu verschaffen, um daraus Aussagen über die Belastungssituation der Allgemeinbevölkerung ziehen zu können.

Bei der Auswertung solcher Studien kommt dem Messverfahren große Bedeutung zu. Die hier aufgeführten Studien bedienen sich bei Probenahme und Auswertung im wesentlichen der VDI-Richtlinie 3492 "Messen anorganischer faserförmiger Partikel in der Außenluft, Rasterelektronenmikroskopische Verfahren" (Entwurf). Diese Richtlinie regelt Probenahme und Auswertung zur Bestimmung von Feinstaub, da die Gesundheitsrisiken, die von Asbest ausgehen können, im ursächlichen Zusammenhang mit dem Feinstaub des Asbestes stehen. Unter Feinstaub sind Fasern mit Längen  $> 5\mu\text{m}$ , Durchmesser  $< 3\mu\text{m}$  und einem Verhältnis Länge zu Durchmesser  $> \text{als } 3 : 1$  nach einer internationalen Konvention zu verstehen. Vergleiche von Emissions- und Immissionsstudien entsprechen nur dann wissenschaftlichen Kriterien, wenn diese Konventionen beachtet werden.

Alle nationalen und internationalen Risikoabschätzungen für Umwelt und Arbeitsplatz und daraus sich ergebende Richtwerte stützen sich ausschließlich auf die kritischen Faserdimensionen nach dieser internationalen Konvention. Es ist selbstverständlich, daß diese Richtwerte, auf die im Abschnitt 2. ausführlich eingegangen wird, sich deutlich erhöhen, wenn das Faserspektrum erweitert wird. Die Nichtbeachtung dieser Tatsache führt in den verschiedensten Publikationen zu Aussagen, die dem Stand der Wissenschaft und dem Gebot der Sorgfalt nicht entsprechen. Im folgenden werden einige wichtige Immissionsstudien aufgeführt, die eine Aussage über die Belastung der Allgemeinbevölkerung durch Asbest in der Außenluft erlauben.

### 1.1 Immissionsstudie Berlin (1, 11)

Im Jahre 1984 wurde im Auftrag des Senats von Berlin in einem umfangreichen Meßprogramm die Belastung der Luft durch die wesentlichen Luftschadstoffe vom Technischen Überwachungsverein Berlin ermittelt. Es wurde dabei erstmalig in der Bundesrepublik ein flächendeckendes Messprogramm zur Erfassung der Asbestbelastung durchgeführt. Mit diesen Ergebnissen liegt ein Immissionskataster vor, d. h. eine flächendeckende Erhebung der Immissionsbelastung durch Asbest. An neun Meßstellen sowohl in Verkehrsnähe als auch an verkehrsabgelegenen Punkten wurden jeweils an 26 Tagen Staubproben genommen, die dann entsprechend dem standardisierten Meßverfahren elektronenmikroskopisch ausgewertet wurden. Unter dem Begriff "Asbestfasern" wird dabei die Summe von Amosit-, Krokidolit- und Chrysotilfasern verstanden. Bei den Immissionsmessungen war jedoch der weitaus überwiegende Teil Chrysotilfasern. In Tabelle 1 sind die Ergebnisse zusammengefaßt.

Von den 229 Messungen lagen 175 Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze, die im Mittel bei  $180 \text{ Fasern/m}^3$  lag. Setzt man Werte unterhalb der Nachweisgrenze gleich  $0 \text{ F/m}^3$ , erhält man eine Dauerbelastung von  $72 \text{ Fasern/m}^3$ . In der Studie selbst werden Meßwerte unterhalb der Nachweisgrenze mit  $100 \text{ Fasern/m}^3$  abgeschätzt. Dies ergibt eine Dauerbelastung von  $150 \text{ Fasern/m}^3$ . Ähnliche Werte erhält man, wenn man normal verteilte Zufallszahlen zwischen 0 und der jeweiligen Nachweisgrenze im Sinne eines Grundrauschens unterstellt.

Betrachtet man die relativen Häufigkeiten der Faserkonzentrationen, so zeigen sie, daß Asbestfasern in der Luft nicht "normalverteilt" im Sinne der Gauss'schen Glocke sind, sondern eher der Poisson-Verteilung, dem "Gesetz der seltenen Ereignisse" genügen.

Abb. 1 zeigt die Auftretenswahrscheinlichkeiten von Asbestfasern der Studie Berlin bei einem Wert der Dauerbelastung von  $142 \text{ Fasern/m}^3$  Luft.

Die Gesamtbelastung aller Fasern (Asbest, Gips, anorganische Fasern) lag bei  $10827 \text{ Fasern/m}^3$ .

### 1.2 Asbestimmissionen in Niedersachsen (2)

Der niedersächsische Minister für Bundesangelegenheiten Hannover hat in den Jahren 1985/86 das Fraunhofer-Institut für Umweltchemie und Ökotoxikologie in Schmalenberg/Grafschaft mit quellenbezogenen Asbestimmissionsmessungen in Niedersachsen beauftragt. An 8 im Hinblick auf unterschiedliche Faserbelastungen ausgewählten Orten in Niedersachsen wurden die Asbestimmissionen gemessen. Zur Messung und Identifizierung der Fasern wurde das standardisierte rasterelektronenmikroskopische Verfahren nach VDI-Richtlinie 3492 benutzt. Die Tabelle 2 gibt eine Übersicht über die Ergebnisse dieser Studie. Insgesamt wurden 112 Messungen durchgeführt. Die Asbestfaserkonzentrationen lagen bei 79 Proben unterhalb der Nachweisgrenze. Für die Mittelwertbildung und zum Vergleich mit der Studie Berlin wurden diese Werte unterhalb der Nachweisgrenze gleich  $100 \text{ Fasern/m}^3$  gesetzt.

Hierfür erhält man einen Mittelwert von 179 Fasern/m<sup>3</sup>. Vergleichsauswertungen ergeben für die Annahme, daß alle UNG-Werte gleich 30 F/m<sup>3</sup> bedeuten, einen Durchschnittswert von 110 Fasern/m<sup>3</sup> (Tabelle 2). Die beste Annäherung erhält man, wenn man normalverteilte Zufallszahlen zwischen 0 und 100 Fasern/m<sup>3</sup> im Sinne eines "Grundrauschens" unterstellt, wobei sich ein Mittelwert von 142 Fasern/m<sup>3</sup> ergibt. Abb. 1 zeigt die Auftretenswahrscheinlichkeit von Asbestfasern nach dieser Studie.

### 1.3 Immissionsstudie Helgoland (3)

1985 führte das Institut für Wasser-, Boden- und Lufthygiene des Bundesgesundheitsamtes Berlin Messungen über die Immissionsituation auf Helgoland durch. Helgoland hat eine sehr dichte Bebauung, wobei als Fassaden- und Dachmaterial fast ausschließlich Asbestzementprodukte verwendet wurden. Andererseits gibt es keinen Kraftfahrzeugverkehr, der zur Asbestbelastung der Luft beitragen kann. Insgesamt wurden 8 Immissionsmessungen durchgeführt, jeweils im Leebereich der Besiedlung in Höhe der Dachfläche in einigen Metern horizontalem Abstand. Die Lage in Helgoland bietet den Vorteil, daß der Untergrund nicht mit einem entsprechenden hohen "Rauschen" von anderen organischen und anorganischen Fasern belastet ist, so daß die Genauigkeit der Messung hier höher liegt als in den beiden oben angegebenen Studien. In allen 8 Proben wurde insgesamt eine Asbestfaser gefunden. Diese Faser entspricht einer Konzentrationen von 60 Fasern/m<sup>3</sup>.

### 1.4 Luftbelastung durch Asbestfasern in der Schweiz (4)

1986 hat Bundesamt für Umweltschutz, Bern, einen Bericht über die Immissionssituation durch Asbestfasern in der Schweiz herausgegeben. 138 Messungen wurden an 16 Meßorten durchgeführt und erlauben einen ersten Überblick über die Immissionssituation in der Schweiz. Der Bericht geht auch auf den hohen Meßaufwand ein und begnügt sich mit Konzentrationsbereichen für diese erste Analyse. Dabei wird folgende Einteilung verwendet:

Bereich I < 500 Fasern/m<sup>3</sup>, Bereich II 500 - 1000 Fasern/m<sup>3</sup> und Bereich III 1000 - 2000 Fasern/m<sup>3</sup>, wobei die VDI-Methode die Meßgrundlage bildet. An Standorten, die nicht im direkten Einwirkungsbereich einer Einzelquelle liegen (69 Meßwerte), lagen alle Meßwerte  $L > 5 \mu\text{m}$  im Bereich I, d. h. unter 500 Fasern/m<sup>3</sup>. Diese Schweizer Studie bestätigt die Ergebnisse der deutschen Untersuchungen.

Aus diesen 4 Studien, die in den Jahren 1978 bis 1986 von den verschiedensten unabhängigen Institutionen durchgeführt wurden und die mit den Ergebnissen anderer im In- und Ausland angestellter Erhebungen übereinstimmen (6), läßt sich ziemlich genau die Belastung der Allgemeinbevölkerung durch Asbest abschätzen. Sie beträgt heute zwischen 60 und 150 Faser/m<sup>3</sup>. Dabei liegt die Nachweisgrenze für Asbest in der Umwelt heute bei etwa 100 Faser/m<sup>3</sup>. Die Studien Niedersachsen und Berlin haben gezeigt, daß sonstige mineralische Fasern außer Asbest einen wesentlich höheren Belastungsanteil an der Immission ausmachen. Für die insgesamt 112 Proben der Studie Niedersachsen ermittelte die Fraunhofer-Gesellschaft an Mineralfaserkonzentrationen gleicher kritischer Dimensionen einen Wert von 1394 Fasern/m<sup>3</sup>, während die Studie Berlin einen Wert von 2118 Faser/m<sup>3</sup> auswies. Da heute die Fasergeometrie als ein wesentliches kanzerogenes Potential angesehen wird, kann diese Belastung nicht unbeachtet bleiben.

### 1.5 WHO Air quality guideline

Die Weltgesundheitsorganisation WHO gibt in ihrer kürzlich erschienenen "Air quality guidelines for Europe" eine Übersicht über mögliche Dauerbelastungen durch Asbest-Feinstaub für europäische Industrieländer (Tabelle 3). Sie beruhen auf der Auswertung verschiedener internationaler Studien. Auch die hier angegebenen Belastungen decken sich mit den o. a. vier Immissionsstudien. Damit kann festgestellt werden, daß über mögliche Dauerbelastungssituationen durch Asbest-Feinstaub ( $L > 5 \mu\text{m}$ ) in der Außenluft für die Allgemeinbevölkerung gesichertes Datenmaterial vorliegt.

## 2. Emissionsquellen für Asbest in der Außenluft

### 2.1 Allgemeines

Die Asbestbelastung in der Außenluft bewegt sich heute in den Größenordnungen, die bereits im Rahmen der Nachweisgrenze liegen. Dennoch kann es von Interesse sein zu untersuchen, ob es möglich ist, den Konzentrationen direkte Verursacher zuzordnen.

Asbestfasern in der Außenluft können aus verschiedenen Quellen stammen:

Natur:

- natürliche Erosion asbesthaltiger Oberflächengesteine

Produktionsanlagen:

- industrielle und gewerbliche Herstellung asbesthaltiger Produkte

Produkte:

- Abrieb von Brems- und Kupplungsbelägen von Straßen- und Schienenfahrzeugen
- Abnutzung von asbestverstärkten Straßendecken
- Verwitterung von asbesthaltigen Baumaterialien
- Beseitigung und Deponie asbesthaltiger Abfälle, z. B. Spritzasbest

Es gibt verschiedene Studien, die sich mit dieser Thematik befaßt haben.

### 2.2 Asbestfasermessungen in der Umgebung verschiedener Emissionsquellen

Die Studie (7) des Bundesamtes für Umweltschutz Bern hat in weiteren Messungen die Umgebung der o. a. Emissionsquellen überprüft. Die quellenbezogenen Messungen lagen überwiegend im Bereich I (0 ... 500 Fasern/m<sup>3</sup>) und damit im Bereich der allgemeinen Immissionsbelastung und nur vier Messungen lagen im Bereich II von 500 - 1000 Fasern/m<sup>3</sup>. Wertet man die quellenbezogene Einzelmessung nach dem im Abschnitt 1.1 angegebenen Verfahren aus, indem man Werte unterhalb der Nachweisgrenze normalverteilten Zufallszahlen zuordnet, so erhält man für eine Dauerbelastung bei quellenbezogenen Messungen einen Wert von 110 Faser/m<sup>3</sup>. Tabelle 4 gibt eine Übersicht über einzelne Emittenden, während Abb. 1 die Auftretenswahrscheinlichkeiten dieser Studie wiedergibt.

Zur Beurteilung verschiedener Emissionsquellen kann selbstverständlich auch die Studie Niedersachsen (2) herangezogen werden. Der statistische Vergleich zeigt keine Unterschiede zwischen den möglichen Emittenten (Abrieb aus Brems- und Straßenbelägen, Asbestzement-Dach- und Fassadenverkleidungen, asbestverarbeitende Betriebe und Reinluftgebieten), wobei rein zufällig die Reinluftgebiete die höchsten Mittelwerte aufwiesen.

### 2.3 Asbestfasermessungen bei Asbestzement-Dach- und Fassadenprodukten

Von besonderem Interesse ist die Frage, ob verlegte Asbestzement-Dach- und Fassadenplatten einen wesentlichen Beitrag zur Immission leisten.

Zu diesem Zweck ist eine umfangreiche Studie der Technischen Universität Berlin und der Gesellschaft für Staubmeßtechnik und Arbeitsschutz durchgeführt worden (8, 9).

Durch die Aggressivität der Außenluft und des "sauren Regens" sowie insbesondere durch erhöhte  $SO_2$ -Belastungen kann der Zement im Asbestzement angelöst werden und Fasern freigeben. Unbeschichtete Produkte, die auf Dächern verlegt sind, geben etwa  $0,03 \text{ g Asbest/dm}^2$  und Jahr ab. Dabei kann nicht festgestellt werden, ob diese Mengen in größerem Umfang Asbestfeinstaub überhaupt enthalten und in welchem Maß sie in Luft oder Regenwasser übergehen. Bei farblich beschichteten Dachprodukten zeigt sich auch nach 20 Jahren dabei eine deutlich niedrigere Korrosionstiefe als bei unbeschichteten Dachprodukten. Erheblich niedrigere Korrosionsraten ergeben sich bei der Anwendung von Asbestzement-Produkten im Fassadenbereich. Zum Verlauf der Korrosion mit dem Alter der Platten zeigt die Untersuchung, daß bei unbeschichteten Produkten die jährliche Korrosionsmenge und der damit verbundene Abtrag während der Nutzungsdauer konstant ist und sich das mögliche Emissionspotential mit zunehmender Nutzungsdauer nicht erhöht.

Als Immissionspotential kommen daher im wesentlichen nur unbeschichtete Dachprodukte in Betracht. Zu diesem Zweck wurden an Gebäuden mit unbeschichteter Asbestzement-Bedachung an verschiedenen Meßpunkten Asbestfeinstaubkonzentrationen ermittelt (Abb. 2). Probennahme und Auswertung erfolgte auch hier nach der VDI-Methode. Meßpunkt 1 im Luv vom Objekt diente zur Ermittlung der Vorbelastung. Meßpunkt 2 auf dem Dach unmittelbar über der Dachoberfläche wurde in der Absicht gewählt, die maximal denkbare Immissionskonzentration zu erfassen. Meßpunkt 3 unmittelbar neben dem Gebäude wurde gewählt, um die Konzentration zu ermitteln, die beim Aufenthalt vor oder neben dem Haus auf Bewohner und Passanten einwirkt. Meßpunkt 4 an der Grundstücksgrenze diente zur Ermittlung der Belastungen von Nachbarn. Meßpunkt 5 zum Objekt in Lee wurde zur Ermittlung der Belastung in größerer Entfernung gewählt, während die Meßpunkte 6 und 7 die Belastung der Bewohner beim Aufenthalt im Gebäude aufzeigen sollten.



An den Meßpunkten 1, 3, 4, 5, 6 und 7 lagen die Asbestfaserkonzentrationen unterhalb der Nachweisgrenze, die in der Regel bei  $100 \text{ Fasern/m}^3$  lag.

Von besonderem Interesse ist der Meßpunkt 2 in unmittelbarer Dachoberfläche. Zur Ermittlung einer möglichen Dauerimmission wurden dort die Asbestfaserkonzentrationen über die Dauer eines Jahres gemessen. Abb. 3 zeigt den Verlauf der Faserkonzentrationen über das Jahr. Der Maximalwert lag im April bei etwa  $400 \text{ Faser/m}^3$ , im restlichen Jahr jedoch deutlich darunter bzw. in den meisten Monaten konnten keine meßbaren Asbestfaserkonzentrationen festgestellt werden. Der Maximalwert liegt in der Größenordnung, wie ihn auch andere Autoren in unmittelbarer Dachnähe finden. Setzt man zum Vergleich mit den Immissionsstudien Werte unterhalb der Nachweisgrenze =  $100 \text{ Fasern/m}^3$  voraus, so kommt man auf einen Jahresmittelwert von  $126 \text{ F/m}^3$ , bei UNG = 0 von  $58 \text{ F/m}^3$ , während die beste Schätzung mit UNG = Zufallszahlen zwischen 0 und  $100 \text{ F/m}^3$  eine Belastung von  $97 \text{ Fasern/m}^3$  ergibt. Damit liegt die gleiche Größenordnung vor wie sie in Helgoland ermittelt wurde. Modellmäßig ist es dann verständlich, daß die übrigen Meßpunkte im wesentlichen unterhalb der Nachweisgrenze liegen, da hier ein Verdünnungseffekt durch die Luft eintritt. Diese Messung über ein Jahr zur Ermittlung des Jahresmittelwertes für eine mögliche Dauerbelastung zeigt gleichzeitig sehr anschaulich, daß Maximalkonzentrationen nicht die Basis für einen Vergleich mit der Richtwertforderungen nach 2.1 - 2.3 sein können. Auch in unmittelbarer Dachnähe ergeben sich Faserkonzentrationen, die im Rahmen der allgemeinen Immissionsbelastung liegen.

## 2.4 Schlußfolgerung

Im Kapitel 1 wurde eine allgemeine Übersicht über die heutige Belastung der Allgemeinbevölkerung durch Asbest in der Umwelt gegeben. Sie zeigt, daß die Asbestimmissionen für die Außenluft im Bereich der Nachweisgrenze liegen bzw. geringfügig höher. Dabei können durchaus Maximalwerte auftreten, die in der Nähe des heute für die Umwelt als Vorsorge geforderten Wertes  $< 1000 \text{ Faser/m}^3$  liegen. Im Mittel zeigen jedoch alle Studien, daß die Forderung des Bundesgesundheitsamtes und der Länderarbeitsgemeinschaft Immission als Dauerbelastung heute erfüllt sind.

In der Bundesrepublik Deutschland sind heute eine Vielzahl von Dach- und Fassadenflächen mit Asbestzement-Produkten eingedeckt. Auch in unmittelbarer Dachnähe ergeben sich Mittelwerte, die nur gering über der Nachweisgrenze liegen.

Damit bleibt festzustellen, daß aus der Abwitterung keine Risiken entstehen, die zum Handeln Anlaß geben und ein Austausch beschichteter und unbeschichteter Asbestzementplatten keine wissenschaftliche Basis besitzt. Die Faserverteilungen nach Abb. 1 zeigen zudem keine Unterschiede zwischen nicht quellenbezogenen Studien (Berlin), quellenbezogenen Studien (Schweiz, Niedersachsen) und Reinluftgebieten.

## 3. Zukünftige Immissionsbelastung in der Außenluft

Die Belastung für die Bevölkerung kann also heute verhältnismäßig sicher eingeschätzt werden. Es stellt sich jedoch die Frage, ob sich die Situation in der Zukunft verschlechtern und sich hieraus dann ein Handlungsbedarf ableiten könnte oder ob die Immissionsbelastung im Gegenteil sogar abnimmt.

Wichtige Faktoren zur langfristigen Abschätzung des Emissions- und Immissionspotentials sind:

- Asbestverbrauch in Deutschland
- Innovationsprogramme der deutschen Faserzementindustrie (Branchenabkommen)

### 3.1 Asbestverbrauch

Im Jahre 1968 betrug der Verbrauch von Asbest in Deutschland fast 200.000 t. Seitdem hat er durch den Substitutionsfortschritt drastisch abgenommen. Während die Asbestzementindustrie 1975 70 % des Asbestes verbrauchte, sank auch ihr Anteil am Gesamtasbestverbrauch nach 1981 ständig. Abb. 4 zeigt die Asbestreduktion der Faserzement-Industrie bis zum Ende des Branchenabkommens 1990. Der drastisch abnehmende Asbestverbrauch kann als weiterer Faktor für eine positive Entwicklung der Immissionsbelastung angesehen werden.

### 3.2 Branchenabkommen

Der Wirtschaftsverband Asbestzement e.V., seit 1984 Verband der Faserzement-Industrie, führte im Herbst 1981 mit der Bundesregierung, vertreten durch den Bundesminister des Innern, Gespräche mit dem Ziel einer bundeseinheitlichen Lösung der Asbestzement-Thematik auf der Basis der Freiwilligkeit. Als Ergebnis liegt seit Februar 1982 ein erstes umfassendes Innovationsprogramm vor, dessen Kern die Fasersubstitution mit einem schrittweisen Teilersatz der Asbestfasern in den Faserzement-Hochbauprodukten ist. Alle Unternehmen der deutschen Faserzement-Industrie tragen das Programm, das auch von den Gewerkschaften uneingeschränkt unterstützt wird.

Beginnend mit dem Jahr 1982 wurde der Asbestgehalt in den Asbestzement-Produkten im Schnitt der gesamten Hochbaupalette innerhalb von 3 - 5 Jahren um insgesamt 30 - 50 % gesenkt. In einer an das Branchenabkommen vom Februar 1982 anknüpfenden Übereinkunft zwischen der Bundesregierung und der deutschen Faserzement-Industrie vom März 1984 hat sich diese auf freiwilliger Grundlage verpflichtet, bis spätestens Ende 1990 schrittweise sämtliche Hochbauprodukte asbestfrei herzustellen. Bis spätestens Ende 1993 wird auch der Tiefbaubereich auf eine asbestfreie Materialtechnologie umgestellt.

Damit ist sichergestellt, daß die Umweltsituation im Hinblick auf mögliche Emissionen sich nur verbessern kann, da auch andere asbestverarbeitende Industriezweige Substitutionen des Asbest anstreben.

### 4. Zusammenfassung

Die Immissionsbelastung in Deutschland kann heute verlässlich abgeschätzt werden. Sie entspricht der Belastung wie sie auch die Weltgesundheitsorganisation für die europäischen Industrieländer beschreibt. Sie liegt zwischen der Nachweisgrenze (ca. 100 Fasern/m<sup>3</sup>) und 150 Fasern/m<sup>3</sup> als Dauerbelastung.

Die Zuordnung von Emissionsquellen (Natur, Betriebe, Materialien) ist kaum möglich, da die dort sporadisch auftretenden höheren Konzentrationen als Dauerbelastung nicht ins Gewicht fallen. Ein Handlungsbedarf bezüglich verlegter Asbestzementprodukte besteht daher ganz eindeutig nicht.

**Tabelle 1****Immissionsmeßprogramm Berlin 1984 (1)****TÜV**

	<b>Anzahl der Messungen</b>	<b>1) Mittelwert Fasern/m<sup>3</sup></b>	
		<b>2)</b>	<b>3)</b>
<b>1. Quartal</b>	<b>54</b>	<b>214</b>	<b>170</b>
<b>2. Quartal</b>	<b>60</b>	<b>162</b>	<b>81</b>
<b>3. Quartal</b>	<b>61</b>	<b>103</b>	<b>20</b>
<b>4. Quartal</b>	<b>54</b>	<b>118</b>	<b>25</b>
		<hr/>	
<b>Kalenderjahr</b>	<b>229</b>	<b>150</b>	<b>72</b>

**1) 175 Messungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze n.n.**

**2) Bei der Mittelwertbildung wurden n.n. = nicht nachweisbar wie 100 Fasern/m<sup>3</sup> gewertet.**

**3) Bei der Mittelwertbildung wurden n.n. wie 0 Fasern/m<sup>3</sup> gewertet.**

**Tabelle 2**  
**Asbest-Immissionsmessungen**  
**in Niedersachsen**  
**1985 / 1986**  
**Fraunhofer-Gesellschaft Grafchaft (2)**

---

ORT	Anzahl der <sup>1)</sup> Messungen	Mittelwert Fasern/m <sup>3</sup>	
		2)	3)
Hannover, Kreuzungen	25	130	55
Braunschweig, Wohngebiet Asbestzement	30	174	104
Reinluftgebiete Harz	12	214	139
Umgebung asbestver- arbeitender Betriebe	45	198	135
Mittelwert	112	178	110

1) 79 Messungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze (UNG)

2) Bei der Mittelwertbildung wurden UNG wie 100 Fasern/m<sup>3</sup> gewertet.

3) Bei der Mittelwertbildung wurden UNG wie 0 Fasern/m<sup>3</sup> gewertet.

**Tabelle 3****DAUERBELASTUNG DURCH ASBEST-FEINSTAUB  
IN DER UMWELT NACH (5)**

---

<b>Bevölkerung</b>	<b>Gruppe</b>	<b>Faserkonzentration</b>
<b>%</b>		<b>Fasern/m<sup>3</sup></b>
<b>70</b>	<b>Stadtbevölkerung (mäßige Belastung)</b>	<b>30</b>
<b>25</b>	<b>Landbevölkerung</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Stadtbevölkerung (hohe Belastung)</b>	<b>200</b>

## Tabelle 4

## Asbest-Immissionsmessungen

In der Schweiz

(quellenbezogen)

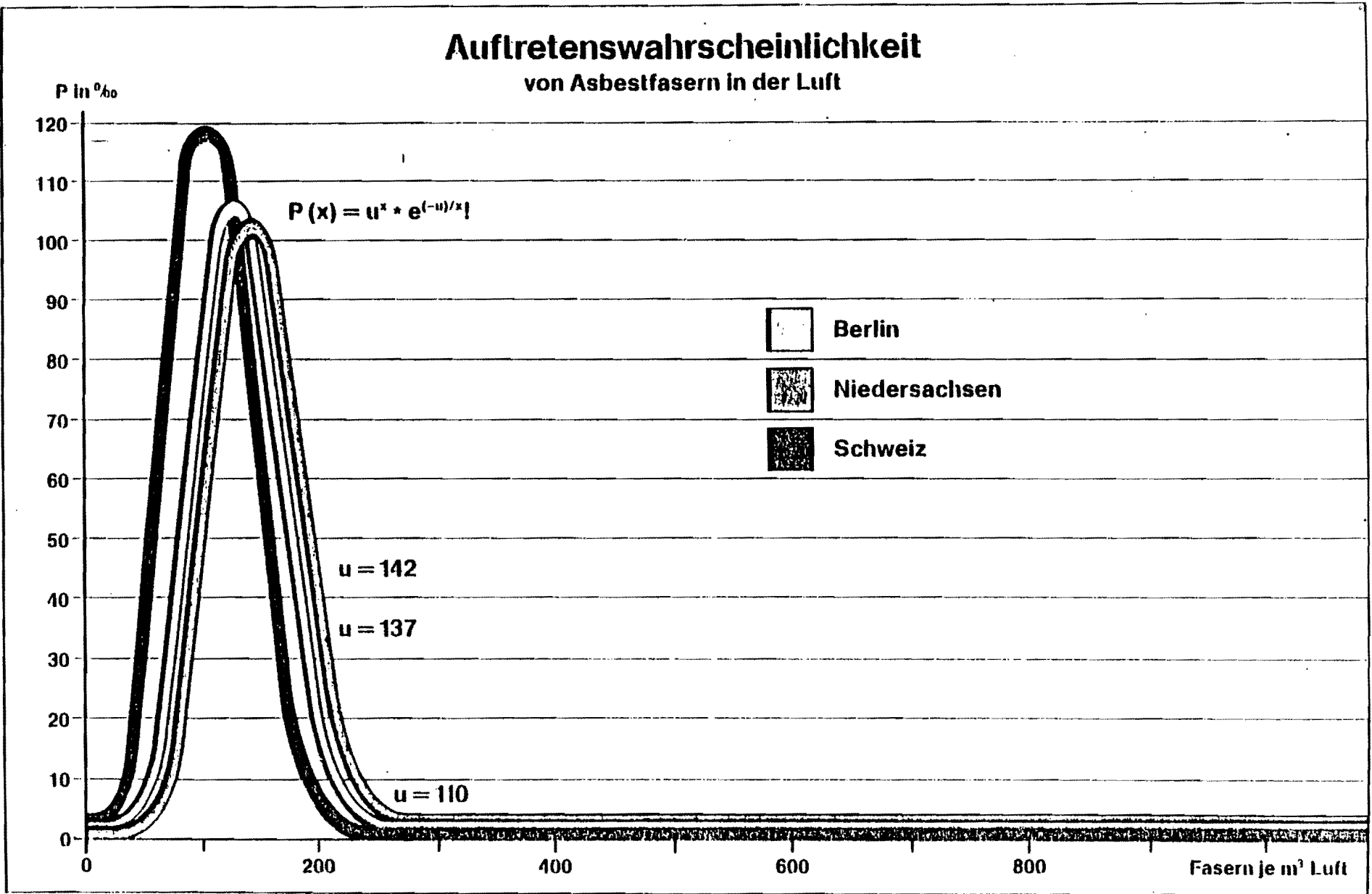
1986

Bundesamt für Umweltschutz (4)

	Anzahl der <sup>1)</sup> Messungen	Mittelwert Fasern/m <sup>3</sup>  2)
Natürliche Asbest- vorkommen	5	96
Umgebung asbest- verarbeitender Betriebe	34	134
Orte mit verbreiteter Asbestzementanwendung	10	87
Asbestzement-Deponie	9	54
Mittelwert	58	110

1) 34 Messungen lagen unterhalb der  
Nachweisgrenze (UNG)

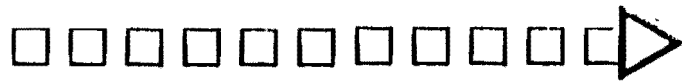
2) Bei der Mittelwertbildung wurden UNG = Zufalls-  
zahlen zwischen 0 und Nachweisgrenze gesetzt.





# Immission von Asbestfeinstaub aus Asbestzementprodukten

Beispiel: Alter > 20 Jahre, unbeschichtet

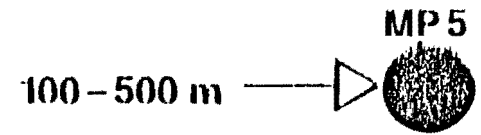
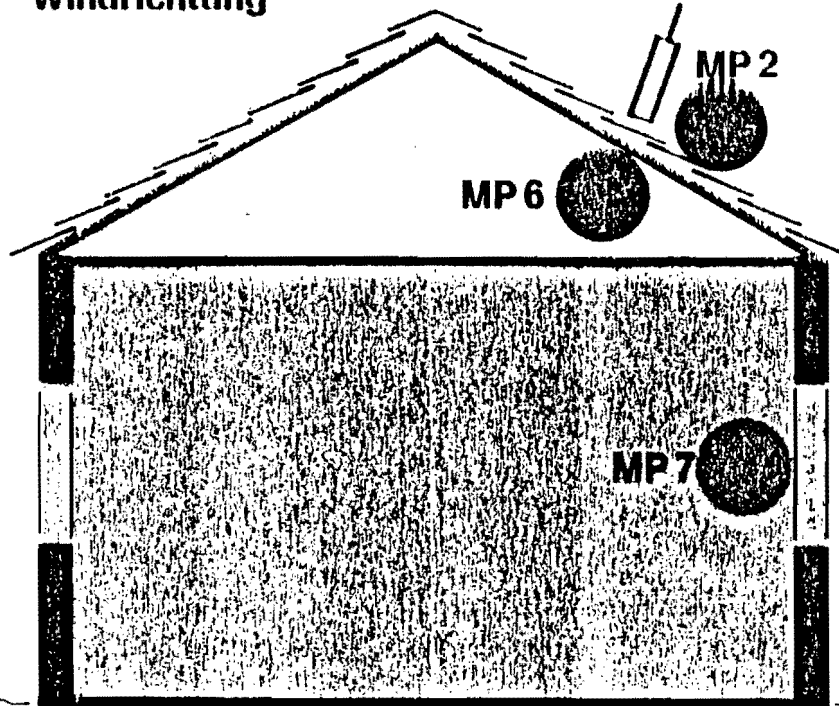


Windrichtung



MP1

LUV

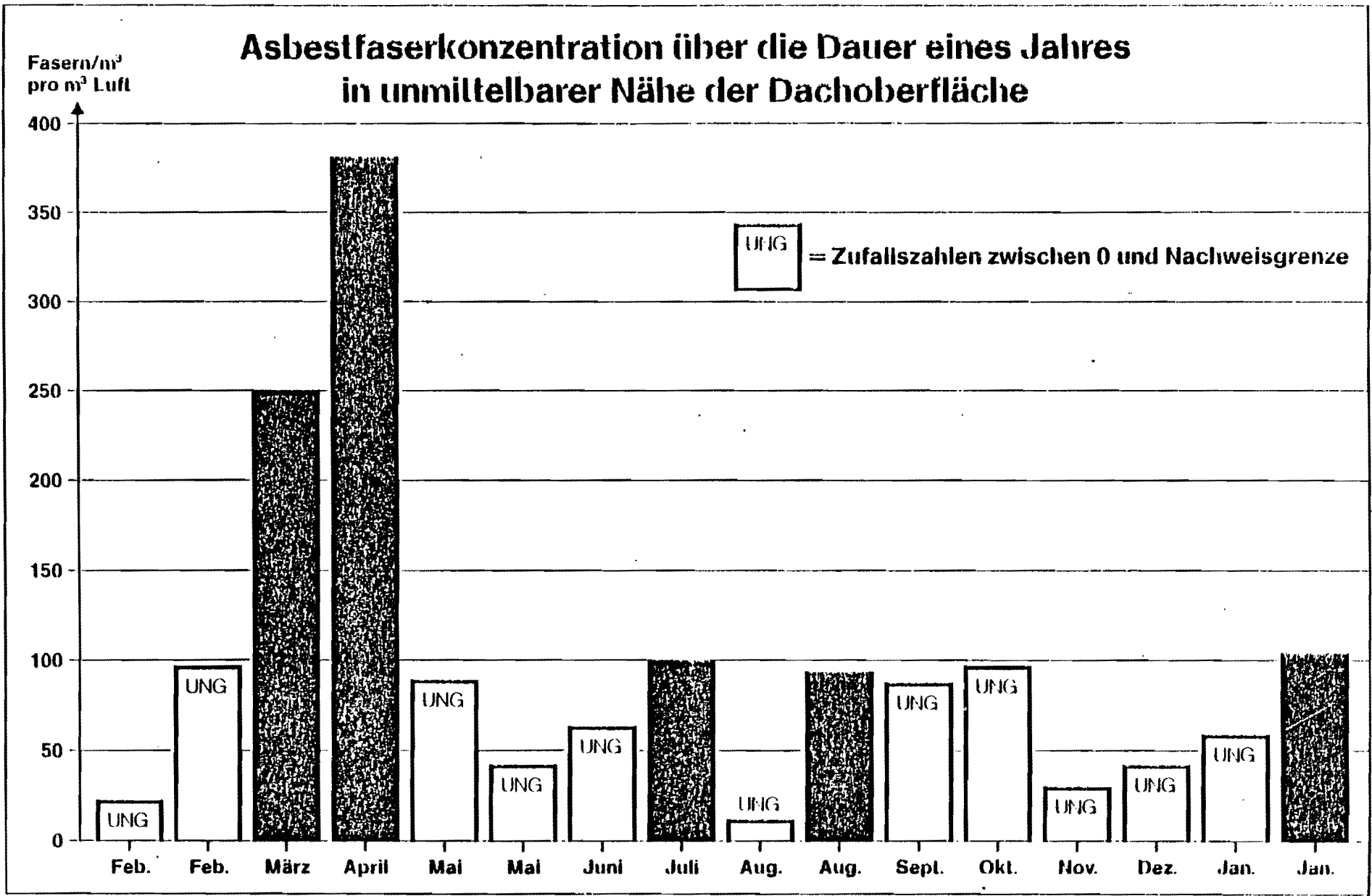


100-500 m

MP = Lage des Meßpunktes

Ergebnis: Jahresdauerbelastung für MP 2

126 Fasern/m<sup>3</sup> bei UNG = 100 Fasern/m<sup>3</sup>  
97 Fasern/m<sup>3</sup> bei UNG = Zuf (0 ... 100)  
58 Fasern/m<sup>3</sup> bei UNG = 0

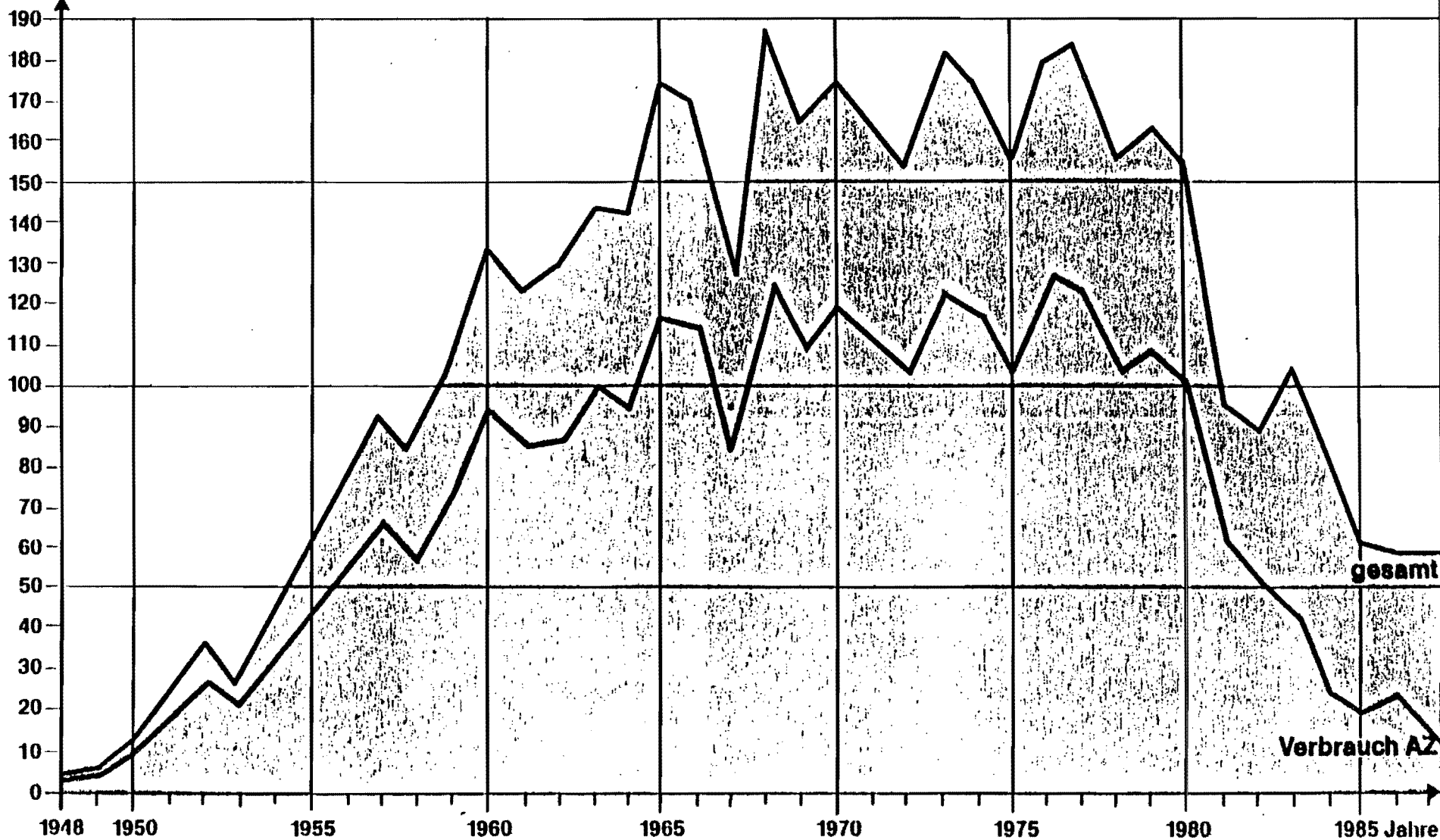


Anlage 3

# Asbestverbrauch in der Bundesrepublik

1000 t

Zahlen von 1948-1978 nach UBA-Bericht, S. 123, AZ-Anteil geschätzt. Von 1979-1987 nach Einfuhr und Verbrauchsangaben.



LIS-Berichte Nr. 91 (1989)

122

## **LIS-Berichte**

der Landesanstalt für Immissionsschutz Nordrhein-Westfalen, Essen

Die LIS-Berichte haben spezielle Themen aus den wissenschaftlichen Untersuchungen der LIS zum Gegenstand. Die in der Regel umfangreichen Texte sind nur in begrenzter Auflage vorrätig. Sie werden - soweit nicht vergriffen - Interessenten auf Anforderung kostenlos zur Verfügung gestellt. Alle LIS-Berichte - auch die vergriffenen - stehen Interessenten in zahlreichen Universitäts- und Hochschulbibliotheken zur Einsichtnahme und Ausleihe zur Verfügung.

Anforderungen sind zu richten an die



- Berichte-Nr. 1: Krautscheid, S. und P. Neutz:  
(vergriffen) LIDAR zur Fernüberwachung von Staubemissionen.  
- Nachweis der Kalibrierfähigkeit eines LIDAR-Systems - (1978).
- Berichte-Nr. 2: Buck, M.:  
(vergriffen) Die Bedeutung unterschiedlicher Randbedingungen bei der Messung und Beurteilung der Luftqualität (1978).
- Berichte-Nr. 3: Scheich, G.:  
(vergriffen) Entwicklung und Anwendung von Ausbreitungsmodellen und Luftüberwachungsprogramme in den USA (1979).
- Berichte-Nr. 4: Splittgerber, H. und K.H. Wietlake:  
(vergriffen) Ermittlung der Luftschalldämmung von Bauelementen für Industriebauten am Bau (1979).
- Berichte-Nr. 5: Splittgerber, H.:  
(vergriffen) Zur Problematik der Meßgrößen und Meßwerte bei Erschütterungsimmissionen. (1979).
- Berichte-Nr. 6: Strauch, H. und K.H. Goldberg:  
(vergriffen) Ermittlung der Dämmwirkung von Dachentlüftern für Werkshallen im Einbauzustand unter Berücksichtigung der baulichen Nebenwege (1979).
- Berichte-Nr. 7: Krause, G.M.H., B. Prinz und K. Adamek:  
(vergriffen) Untersuchungen zur Anwendbarkeit der Falschfarbenfotografie für die Aufdeckung und Dokumentation von Immissionswirkungen auf Pflanzen (1980).
- Berichte-Nr. 8: Wietlake, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungsminderung durch "Direktabfederung" von Schabotte-Schmiedehämmern (1980).
- Berichte-Nr. 9: Strauch, H.:  
(vergriffen) Methoden zur Aufstellung von Lärminderungsplänen (1980).
- Berichte-Nr. 10: Hillen, R.:  
(vergriffen) Untersuchung zur flächenbezogenen Geräuschbelastungs-Kennzeichnung -Ziele, Methodik, Ergebnisse- (1980).

- Berichte-Nr. 11: Manns, H., H. Gies und W. Stramplat:  
(vergriffen) Erprobung des Staub-Immissionsmeßgerätes FH62I für die kontinuierliche Bestimmung der Schwebstoffkonzentration in Luft (1980).
- Berichte-Nr. 12: Giebel, J.:  
(vergriffen) Verhalten und Eigenschaften atmosphärischer Sperrschichten (1981).
- Berichte-Nr. 13: Bröker, G., H. Gliwa und E. Meurisch:  
(vergriffen) Abscheidegrade von biologisch- und chemisch-aktiven Aggregaten zur Desodorierung osmogener Abluft von Tierkörperbeseitigungsanlagen (1981).
- Berichte-Nr. 14: Brandt, C.J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Wirkungen von Fluorwasserstoff auf *Lolium Multiflorum* und andere Nutzpflanzen (1981).
- Berichte-Nr. 15: Welzel, K. und H.D. Winkler:  
(vergriffen) Emission und interner Kreislauf von Thallium bei einem Drehrohrofen mit Schwebgaswärmeaustauscher zur Herstellung von Portlandzementklinker unter Einsatz von Purpurerz als Eisenträger. - 1. Bericht - (1981).
- Berichte-Nr. 16: Prinz, B. und E. Koch:  
(vergriffen) Umweltpolitik und technologische Entwicklung in der VR China (1984).
- Berichte-Nr. 17: Bröker, G. und H. Gliwa:  
(vergriffen) Untersuchungen zu den Dioxin-Emissionen aus den kommunalen Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 18: Buck, M., H. Ixfeld und K. Ellermann:  
(vergriffen) Die Entwicklung der Immissionsbelastung in den letzten 15 Jahren in der Rhein-Ruhr-Region (1982).
- Berichte-Nr. 19: Pfeffer, H.U.:  
(vergriffen) Das Telemetrische Echtzeit-Mehrkomponenten-Erfassungssystem TEMES zur Immissionssüberwachung in Nordrhein-Westfalen (1982).
- Berichte-Nr. 20: Bach, R.W.:  
(vergriffen) Über Schätzfunktionen zur Bestimmung hoher Quantile der Grundgesamtheit luftverunreinigender Schadstoffkonzentrationen aus Stichproben (1982).
- Berichte-Nr. 21: Hinweise zur Anwendung flächenbezogener Schalleistungspegel (1982).  
(vergriffen)
- Berichte-Nr. 22: Splittgerber, H.:  
(vergriffen) Verfahren zur Auswertung von Erschütterungsmessungen und zur Beurteilung von Erschütterungsimmissionen (1982).
- Berichte-Nr. 23: Krause, G.M.H.:  
(vergriffen) Immissionswirkungen auf Pflanzen - Forschungsschwerpunkte in den Vereinigten Staaten von Amerika. Bericht über eine Reise in die USA und die Teilnahme am 13. Air Pollution Workshop in Ithaca, N. Y., in der Zeit vom 2. Mai bis 24. Mai 1981 (1982).
- Berichte-Nr. 24: Külske, S.:  
(vergriffen) Analyse der Periode sehr hoher lokaler Schadstoffbelastungen im Ruhrgebiet vom 15. Januar 1982 bis 20. Januar 1982 (1982).
- Berichte-Nr. 25: van Haut, H. und G.H.M. Krause:  
(vergriffen) Wirkungen von Fluorwasserstoff-Immissionen auf die Vegetation (1982).
- Berichte-Nr. 26: Koch, E., V. Thiele, J. Giebel, H. Strauch und P. Altenbeck:  
(vergriffen) Empfehlungen für die problemgerechte Erstellung von Immissionsschutzgutachten in Bauleitplanverfahren (1982).
- Berichte-Nr. 27: Manns, H., H. Gies und G. Nitz:  
(vergriffen) Verbesserung der Zuverlässigkeit und Vergleichbarkeit von Messungen zur Ermittlung aromatischer Kohlenwasserstoffe in der Außenluft (1982).

- Berichte-Nr. 28: Prinz, B., G.M.H. Krause und H. Stratmann:  
Vorläufiger Bericht der Landesanstalt für Immissionsschutz über Untersuchungen zur  
Aufklärung der Waldschäden in der Bundesrepublik Deutschland (1982).
- Berichte-Nr. 29: Giebel, J.:  
(vergriffen) Untersuchungen über Zusammenhänge zwischen Sperrschichthöhen und  
Immissionsbelastung (1983).
- Berichte-Nr. 30: Manns, H. und H. Gies:  
Ergebnisse der Laborprüfung und Optimierung des meßtechnischen Teiles der Ozon-  
Meßplätze im Meßnetz LIMES-TEMES (1983).
- Berichte-Nr. 31: Beine, H., R. Schmidt und M. Buck:  
(vergriffen) Ein Meßverfahren zur Bestimmung des Schwefelsäure- und Sulfatgehaltes in Luft.  
(1983).
- Berichte-Nr. 32: Beier, R. und P. Bruckmann:  
(vergriffen) Messung und Analyse von Kohlenwasserstoff-Profilen im Rhein-Ruhr-Gebiet (1983).
- Berichte-Nr. 33: Fronz, W.:  
(vergriffen) Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen - zum tageszeitlichen Verlauf des Ge-  
räuschpegels und des Verkehrsaufkommens an Bundes- und Sammelstraßen.  
Kurztitel: Ermittlung von Verkehrsgeräusch-Immissionen (1983).
- Berichte-Nr. 34: Bröker, G.:  
(vergriffen) Zusammenfassende Darstellung der Emissionssituation in Nordrhein-Westfalen und  
der Bundesrepublik Deutschland für Stickstoffoxide (1983).
- Berichte-Nr. 35: Piorr, D. und R. Hillen:  
Veränderung akustischer Kenngrößen infolge der nächtlichen Abschaltung von  
Lichtsignalanlagen (1983).
- Berichte-Nr. 36: Buck, M., H. Ixfeld und K. Ellermann:  
(vergriffen) Benzol-Immissionsmessungen im Lande Nordrhein-Westfalen.  
Kurztitel: Benzol-Immissionsmessungen im Lande NW (1983)..
- Berichte-Nr. 37: Bach, R.-W. und H. Stratmann:  
Untersuchungen zur Bestimmung der Aufnahme rate des IRMA-Gerätes bei verschie-  
denen Anströmverhältnissen (1983).
- Berichte-Nr. 38: Wietlake, K.H.:  
(vergriffen) Beurteilung und Minderung tieffrequenter Geräusche (1983).
- Berichte-Nr. 39: Strauch, H. und K. Schwenger:  
(vergriffen) Geräusche und Erschütterungen, verursacht durch elektrisch angetriebene Wärme-  
pumpen (1983).
- Berichte-Nr. 40: Bröker, G. und B. Schilling:  
(vergriffen) Schwermetallemissionen bei der Verbrennung kommunaler Klärschlämme (1983).
- Berichte-Nr. 41: Hillen, R.:  
(vergriffen) Über Möglichkeiten zur Verbesserung der Qualität von Schießgeräusch-Messungen im  
Immissionsbereich (1983).
- Berichte-Nr. 42: Klein, M.:  
(vergriffen) Untersuchung zur Schallausbreitung im Freien - Ziele; Physik der Schallausbreitung;  
Vorgehensweise; Ergebnisse - (1983).
- Berichte-Nr. 43: Pfeffer, H.-U., S. Kulske und R. Beier:  
(vergriffen) Jahresbericht 1981 über die Luftqualität an Rhein und Ruhr.  
Ergebnisse aus dem telemetrischen Immissionsmeßnetz TEMES in Nordrhein-  
Westfalen (1984).
- Berichte-Nr. 44: Buck, M., H. Ixfeld und R. Beier:  
Immissionsbelastung durch Fluor-Verbindungen in der Nachbarschaft der  
Aluminiumhütte LMG in Essen (1984).

- Berichte-Nr. 45: Strauch, H. und R. Hillen:  
(vergriffen) Geräuschimmissionen in Großstädten; Flächenbezogene Kennzeichnung dieser Geräuschimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 46: Buck, M. und P. Bruckmann:  
(vergriffen) Air quality surveillance in the Federal Republic of Germany (1984).
- Berichte-Nr. 47: Beier, R.:  
Kohlenwasserstoffbelastungen in Ahlen - Eine statistische Analyse - (1984).
- Berichte-Nr. 48: Schade, H.:  
(vergriffen) Prognose der Schadstoffemissionen aus Verbrennungsanlagen im Belastungsgebiet Rhein-schiene-Süd für die Jahre 1985 und 1990 (1984).
- Berichte-Nr. 49: Stratmann, H.:  
Wirkungen von Luftverunreinigungen auf die Vegetation. Bewertung der Luftanalyse auf der Grundlage weiterentwickelter Dosis-Wirkungsbeziehungen für Schwefeldioxid und Ozon zur Ursachenaufklärung der neuartigen Waldschäden (1984).
- Berichte-Nr. 50: Goldberg, K.H.:  
Untersuchungen zu Schießlärminderungen, dargestellt an Fallbeispielen (1984).
- Berichte-Nr. 51: Herpertz, E., J. Assmann, D. Krane, E. Hartmann, B. Steck, E. Brewig  
und J. Krochmann:  
Messen und Beurteilen von Lichtimmissionen (1984).
- Berichte-Nr. 52: Pfeffer, H.-U.:  
(vergriffen) Qualitätssicherung in automatischen Immissionsmeßnetzen.  
Teil 3: Ringversuche der staatlichen Immissions-Meß- und Erhebungsstellen in der Bundesrepublik Deutschland (STIMES).  
Ergebnisse für die Komponenten SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub> und CO (1984).
- Berichte-Nr. 53: Beier, R.:  
(vergriffen) Zur Planung und Auswertung von Immissionsmessungen gemäß TA-Luft 1983 (1985).
- Berichte-Nr. 54: Bröker, G. und H. Gliwa:  
Polychlorierte Dibenzo-Dioxine und -Furane in den Filterstäuben und Schlacken der 12 Hausmüllverbrennungsanlagen in Nordrhein-Westfalen sowie einiger Sondermüllverbrennungsanlagen (1985).
- Berichte-Nr. 55: Külske, S., J. Giebel, H.-U. Pfeffer und R. Beier:  
Analyse der Smoglage vom 16. bis 21. Januar 1985 im Rhein-Ruhr-Gebiet.  
Teil 1: Text- und Bildband (1985)  
Teil 2: Meßergebnisse (1985).
- Berichte-Nr. 56: Splittgerber, H., M. Klein und P. Neutz:  
Untersuchungen zur Ermittlung der Wahrnehmungsschwelle bei Einwirkung von Erschütterungen auf den Menschen - Beschreibung der Versuchsanlage - (1985).
- Berichte-Nr. 57: Prinz, B., J. Hradetzky, H.-U. Pfeffer, H.W. Zöttl und H.-K. Lichtenthaler:  
(vergriffen) Forschungsergebnisse zur Problematik der neuartigen Waldschäden (1985).
- Berichte-Nr. 58: Giebel, J. und W. Stramplat:  
Untersuchung über die Eignung des Korrelationsspektrometers COSPEC V zur Bestimmung des Transportes von Schwefeldioxid bzw. Stickstoffdioxid (1986).
- Berichte-Nr. 59: Prinz, B., D. Schwela, E. Koch, S. Ganser und T. Eikmann:  
Untersuchungen zum Einfluß von Luftverunreinigungen auf die Häufigkeit von Pseudokrupperkrankungen im Stadtgebiet Essen (1986)..
- Berichte-Nr. 60: Manns, H. und H. Gies:  
Ergebnis der Erprobung des automatischen Ozon-Meßgerätes Dasibi, Typ 1008 AH (1986).

- Berichte-Nr. 61: Splittgerber, H.:  
(vergriffen) Messung und Beurteilung von Erschütterungsimmissionen - Vergleich verschiedener Verfahren - (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:  
Immissionsmessungen polychlorierter Dibenzo-p-Dioxine und Dibenzofurane in Nordrhein-Westfalen (1986).
- Berichte-Nr. 62: Buck, M. und P. Kirschmer:  
Measurements of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in Outdoor Air (1987). (Übersetzung des 1986 erschienenen LIS-Berichtes Nr. 62)
- Berichte-Nr. 63: Giebel, J.:  
(vergriffen) Untersuchung über die praktische Anwendung eines numerischen Ausbreitungsmodells (K-Modell) für die Praxis der Immissionssimulation (1986).
- Berichte-Nr. 64: Winkler, H.D.:  
(vergriffen) Thalliumemissionen bei der Zementherstellung - Ursachen und Minderungsmaßnahmen - (1986).
- Berichte-Nr. 65: Wietlake, K.H.:  
(vergriffen) Erschütterungseinwirkungen durch Exzenter-Schmiedepressen und ihre Minderung durch Direktabfederung (1986).
- Berichte-Nr. 66: Viertes Symposium über die Technik der Kernreaktorfernüberwachungssysteme am 8. und 9. Oktober 1985 in der LIS, Essen (1986).
- Berichte-Nr. 67: Assmann, J.:  
(vergriffen) Hinweise zur Prognose von Geräuschimmissionen im Rahmen von Genehmigungsverfahren nach dem Bundes-Immissionsschutzgesetz (1986).
- Berichte-Nr. 68: Manns, H. und H. Gies:  
(vergriffen) Erprobung des Schwebstaubmeßgerätes FH 62 I 3 m<sup>3</sup>/h für die automatisierte Immissionsmessung (1986).
- Berichte-Nr. 69: Beine, H.:  
(vergriffen) Phosphorsäureester und verwandte Verbindungen - Umweltrelevanz und luftanalytische Bestimmung (1987).
- Berichte-Nr. 70: Buck, M. und H.-U. Pfeffer:  
Air Quality Surveillance in the State North-Rhine-Westphalia (F.R.G.). (Vollständig neu bearbeitete Fassung LIS-Berichtes Nr. 46 ) (1987).
- Berichte-Nr. 71: Wefers, H. und H. Katzer:  
Zusammenstellung von zusätzlichen sicherheitstechnischen Anforderungen an Anlagen zur Lagerung von druckverflüssigtem Ammoniak in Kraftwerken (1987).
- Berichte-Nr. 72: Beier, R., J. Kohlert und M. Buck:  
(vergriffen) Entwicklung der Immissionsbelastung in der Umgebung der Aluminiumhütte im Essener Norden in den Jahren 1984 bis 1986 (1987).
- Berichte-Nr. 73: Schade, H.:  
(vergriffen) Erstellung eines Emissionskatasters und einer Emissionsprognose für Feuerungsanlagen im Sektor Haushalte und Kleinverbraucher des Belastungsgebietes Ruhrgebiet Ost. (1987).
- Berichte-Nr. 74: Beier, R. und M. Buck:  
Möglichkeit und Grenzen der Nutzung von Luftqualitätsdaten aus diskontinuierlichen Messungen gemäß TA-Luft (1988).
- Berichte-Nr. 75: Koch, E. und P. Altenbeck:  
Prinzipien des prophylaktischen Immissionsschutzes (1988).
- Berichte-Nr. 76: Giebel, J.:  
(vergriffen) Eine vereinfachte Methode zur Immissionssimulation (1988).



- Berichte-Nr. 77: Külske, S., R. Beier und H.-U. Pfeffer:  
Die Smoglage vom 14. bis 22. Januar 1987 in Nordrhein-Westfalen und ihre Ursachen.  
(1988).
- Berichte-Nr. 78: Geueke, K.-J. und H. Niesenhaus:  
Bestimmung von Benzol in Abgasen (1988).
- Berichte-Nr. 79: Wietlake, K.-H.:  
Geräuschminderung durch Teilkapselung von Schmiedehämmern (1988).
- Berichte-Nr. 80: Krause, G.H.M. und B. Prinz:  
Experimentelle Untersuchungen der LIS zur Aufklärung möglicher Ursachen der neuartigen  
Waldschäden (1989).
- Berichte-Nr. 81: Goldberg, K.H.:  
Untersuchungen zur Geräuschemission und -ausbreitung von Schußsignalen bei Klein-kali-  
berschießständen (1988).
- Berichte-Nr. 82: Buck, M. und K. Ellermann:  
Die Immissionsbelastung durch Benzol in Nordrhein-Westfalen (1988).
- Berichte-Nr. 83: Wefers, H., S. Delling und T. Schulz:  
Hinweise zur Erstellung und Prüfung von betrieblichen Alarm- und Gefahren-  
abwehrplänen nach der Störfall-Verordnung (1988).
- Berichte-Nr.84: Wefers, H., T. Schulz und R. John:  
Hinweise und Suchstrategien zu den Stoffen der Störfall-Verordnung (1988)..
- Berichte-Nr. 85: Krause, G.H.M.:  
Untersuchungen zum Vegetationszustand im Umgebungsbereich der nordrhein-westfäli-  
schen Aluminiumhütten mit Hilfe der Falschfarbenfotografie (1988).
- Berichte-Nr. 86: Katzer, H. und R. John:  
Einsatz von Ammoniakwasser in katalytischen DeNO<sub>x</sub>-Anlagen - Ergebnisse an einer Ver-  
suchsanlage - (1989).
- Berichte-Nr. 87: Kirschmer, P. und A. Gerlach:  
Immissionsmessungen von Chlorkohlenwasserstoffen - Probenahme, Analyse,  
Ergebnisse - (1989).
- Berichte-Nr. 88: Euteneuer, U., H. Katzer und H. Wefers:  
Sicherheitstechnische Überprüfung einer verfahrenstechnischen Anlage nach einem modifi-  
zierten PAAG-Verfahren am Beispiel eines Flüssiggaslagers (1989).
- Berichte-Nr. 89: Beier, R. und A. Doppelfeld:  
Analyse der räumlichen Repräsentativität automatischer Meßnetze der Luftqualität (1989).
- Berichte-Nr. 90: Beier, R. und J. Kohlert:  
Pilotstudie zur Überwachung von Tetrachlorethen in der Nachbarschaft von Chemisch-  
Reinigungsanlagen in Nordrhein-Westfalen (1989).