

1 Problem

Der Wortstamm Asbest (*ασβεστος* - *unauslöschlich*) weist auf die besondere Stabilität der faserförmig kristallinen Silikatminerale der Amphibol- und Serpentinegruppe hin, deren Verwendung als Textilien und Lampendochte seit der Antike überliefert ist. Durch die besondere Kombination der im technischen Sinne positiven Eigenschaften wie z. B. die Nichtbrennbarkeit, die geringe elektrische und thermische Leitfähigkeit sowie die Beständigkeit gegen chemische und biologische Einflüsse hat Asbest nach der Entdeckung großer Asbestvorkommen in Kanada Ende des 19. Jahrhunderts im Laufe der industriellen Nutzung in mehr als 3000 verschiedene Produkte Eingang gefunden und somit auch die industrielle Entwicklung, insbesondere durch die Wärmedämmung bei der Dampfmaschinentechnik sowie im sicherheitstechnischen (z.B. Brandschutz) und bautechnischen Bereich, entscheidend beeinflusst. Die gesundheitsgefährdenden Eigenschaften des Asbestfaserstaubes wurden bereits in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts beobachtet. Die Verbindung zwischen Asbeststaubemission und Krebserkrankungen der Atmungsorgane wurde aber erst Ende der 50er bis Anfang der 60er Jahre belegt [1].

Heute ist in der Bundesrepublik Deutschland die Erzeugung und Verwendung von Asbestprodukten aufgrund ihrer kanzerogenen Eigenschaften nicht mehr zulässig. In der Europäischen Union wurde ein Verwendungsverbot für Asbest nach der Richtlinie 1999/77EG der Kommission [2] mit Ausnahmen zum 1. Januar 2005 erlassen. Daher stehen nun die Notwendigkeit der Beseitigung bzw. die Herabsetzung des Schadstoffpotentials der eingebauten Asbestprodukte im Vordergrund. Gemäß der Einstufung von Asbest als besonders überwachungsbedürftiger Abfall ist in der Bundesrepublik Deutschland eine gesonderte Ablagerung vorgeschrieben [3]. Da die Deponierung zur Zeit das übliche Verfahren zur Beseitigung asbesthaltiger Abfälle ist, wird das Problem der Faserfreisetzung jedoch nur auf einen späteren Zeitpunkt verlagert. Existierende faserzerstörende Verfahren werden aus ökonomischen Gründen bisher technisch nicht umgesetzt.

2 Ziel und Aufgabe

Ziel dieser Arbeit war, ein energiearmes, volumenreduzierendes Verfahren zu entwickeln, das eine weitgehende Strukturzerstörung aller Asbestvarietäten und eine Verwertung der Rückstände gewährleistet. Die Aufgabe war, die Zerstörung der Faserstruktur durch mechanische Beanspruchung von Asbestabfällen in einer Exzenter-Schwingmühle zu erreichen. Darüber hinaus sollte der Einfluss der mechanischen Beanspruchung auf eine thermische Nachbehandlung überprüft werden.

Im einzelnen sollte die Untersuchung folgende Schritte beinhalten:

- Charakterisierung der Ausgangsmaterialien Rohasbest, Asbestwolle und Asbestzement im Hinblick auf ihre chemische und mineralogische Zusammensetzung sowie ihren Habitus.
- Mechanische Beanspruchung der Ausgangsmaterialien in einer Exzenter-Schwingmühle.
 - Bestimmung der Strukturveränderungen der Asbestminerale durch mechanische Beanspruchung.
 - Ermittlung der optimalen Mühlenparameter zur mechanischen Faserzerstörung durch Variation von spezifischem Energieaufwand, Mahldauer, Mahlkörper- und Mahlgutfüllungsgrad sowie Mahlkörpergeometrie.
- Thermische Nachbehandlung der mechanisch beanspruchten Ausgangsmaterialien unter Variation von Temperatur, Reaktionsdauer und Atmosphäre.
- Verfahrensvorschlag zur Behandlung asbesthaltiger Abfälle auf der Basis der Untersuchungsergebnisse.
- Ermittlung der Materialkenndaten der Produkte.
- Abschätzung der Wirtschaftlichkeit des Behandlungsverfahrens.

3 Stand der Kenntnis

Asbeste werden als natürliche faserförmige Minerale sowohl im Tagebau als auch im Untertagebetrieb gewonnen. Die Fasern werden durch mehrstufiges Vermahlen des Rohaufwerks aufgeschlossen und nach jeder Aufbereitungsstufe durch Sieben und Sichten vom Gestein getrennt.

Das Gefahrenpotential von Asbest liegt in der vollkommenen Spaltbarkeit der Fasern und der damit verbundenen Fähigkeit, lungengängige Partikeln zu bilden. In den 20er Jahren des letzten Jahrhunderts wurde entdeckt, dass das Einatmen von Asbest zur sogenannten Asbestose führt. Seit Anfang der 40er Jahre vermutete man, dass ein erhöhtes Lungenkrebsrisiko durch die Einwirkung von Asbest besteht. In den 60er Jahren wurde dann der Zusammenhang zwischen Asbest und der Entstehung von Brust- und Bauchfellmesotheliomen nachgewiesen. Trotz dieser bekannten Gefahr verdoppelte sich zwischen 1960 und 1970 der Asbestverbrauch in der Bundesrepublik Deutschland [4] (siehe auch Abbildung 4). Heute ist die Verwendung von Asbest in der Bundesrepublik Deutschland sowie in 15 weiteren Ländern (Argentinien, Österreich, Belgien, Chile, Dänemark, Finnland, Frankreich, Italien, Niederlande, Norwegen, Polen, Saudiarabien und Vereinigtes Königreich) verboten [5]. Die gesetzlichen Regelungen beziehen sich dabei in der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Union auf das Arbeitsschutz-, Abfall-, Bau- und Immissionsschutzrecht. Dabei regelt das Baurecht die Notwendigkeit der Sanierung sowie das Abfallrecht den Umgang mit den daraus anfallenden asbesthaltigen Abfällen. Diese müssen nach dem Stand der Technik deponiert oder einem Behandlungsverfahren zur Beseitigung des Gefährdungspotentials unterzogen werden.

Die Entwicklung der Weltproduktion von Asbest im letzten Jahrhundert ist in **Abbildung 1** dargestellt. Vor 1900 wurden jährlich weniger als 10.000 t Asbest technisch verwertet. Zu Beginn des 20. Jahrhunderts stieg der Absatz von Asbest vor allem für die Wärmedämmung in der Maschinentechnik, dem Brandschutz und in der Bauindustrie an. Nach dem zweiten Weltkrieg vervielfachte sich der Asbestabsatz stetig bis zum Anfang der 70er Jahre. Die Weltproduktion erreichte den Höchststand 1975 mit 4,8 Mio. t/a. Die Sensibilisierung gegenüber der Gesundheitsgefährdung durch

Asbest führte zu einem Rückgang des Einsatzes in den 80er Jahren. Eine signifikante Verminderung des Produktionsaufkommens wurde aber erst zu Beginn der 90er Jahre mit dem Inkrafttreten gesetzlicher Regelungen in Nordamerika, Australien und einigen west- und mitteleuropäischen Staaten sowie der Entwicklung von asbestfreien Produkten erreicht (siehe **Abbildung 2** und **3**). In den Jahren von 1990 bis 2000 halbierte sich die Produktionsmenge, im Jahr 2000 wurden nur noch insgesamt 2 Mio. t Asbest produziert [5].

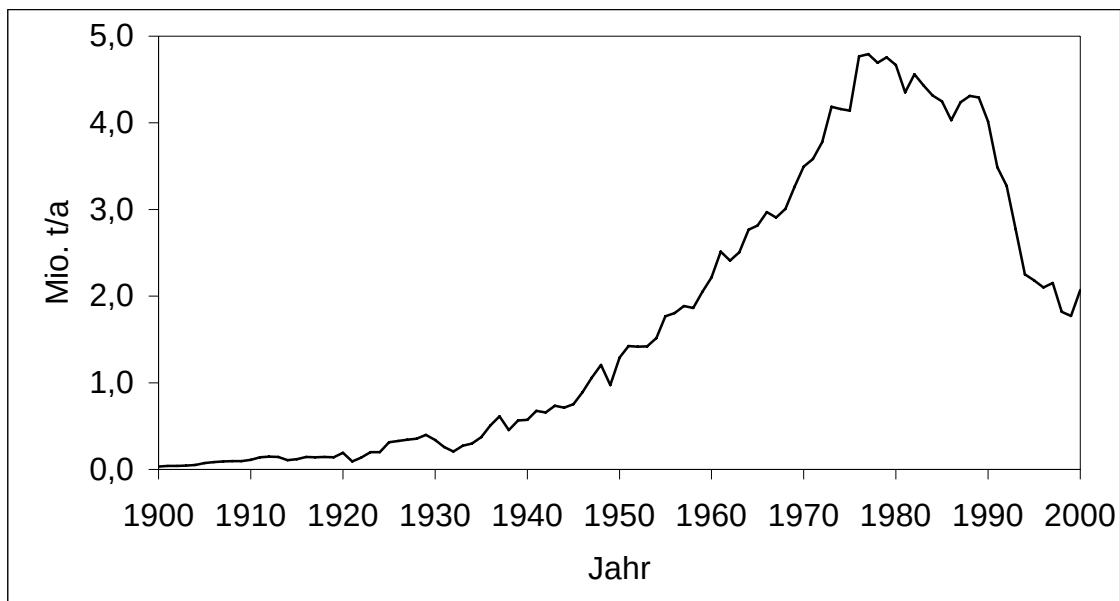


Abb. 1: Entwicklung der Asbest-Weltproduktion von 1900 bis 2000 [5]

Die derzeitigen Hauptproduzenten von Asbest sind, wie in Abbildung 2 dargestellt, Russland, Kanada, China, Brasilien, Kasachstan und Zimbabwe mit einer Jahresfördermenge von jeweils über 100.000 t im Jahr 2000. Andere asbestproduzierende Länder im Jahr 2000 waren Griechenland, Südafrika, Indien, Swasiland, USA, Serbien und Montenegro, Bulgarien und Iran. Abbildung 3 zeigt den weltweiten Asbestverbrauch von 1930 bis heute verteilt auf die Kontinente. In Nordamerika ist der Asbestverbrauch seit Anfang der 90er Jahre stark gesunken. Er liegt für die einzelnen Staaten, mit Ausnahme von Mexiko mit einem Verbrauch von 26.880 t/a, unter 5000 t/a im Jahr 2000. Obwohl Kanada mit 320.000 t/a der weltweit drittgrößte Produzent von Asbest war (siehe Abb. 2), wurden nur 4.800 t im Land selbst konsumiert. Australien verfügte nie über eine große asbestverwertende Industrie; im Jahr 2000 wurden 1.200 t Asbest verbraucht. Die Gesamttendenz für Südamerika ist seit Mitte der 90er Jahre fallend. Nur in Brasilien, dem weltweit viertgrößten Asbestproduzenten

(siehe Abb. 2) stieg der Verbrauch bis zum Jahr 2000 (182.000 t/a). In Ecuador, Venezuela und Kolumbien fiel der Verbrauch in den 90er Jahren zunächst, stieg aber zum Ende des Jahrzehnts wieder an. Eine einheitliche Tendenz kann hier nicht ausgemacht werden. Afrika besitzt eine kleine aber lang etablierte Asbest-Verarbeitungsindustrie. Nigeria und Senegal halten ihr Verbrauchsniveau aufrecht [5].

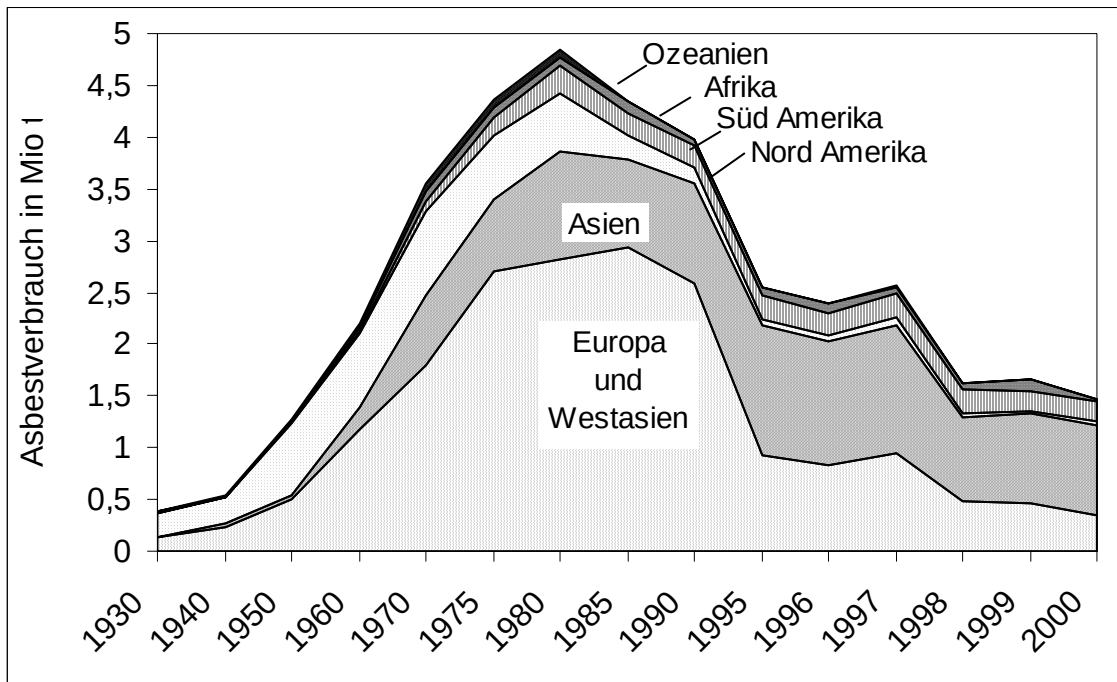


Abb. 2: Verteilung der Asbest-Weltproduktion auf die Erzeugerländer von 1990 bis 2000 [5]

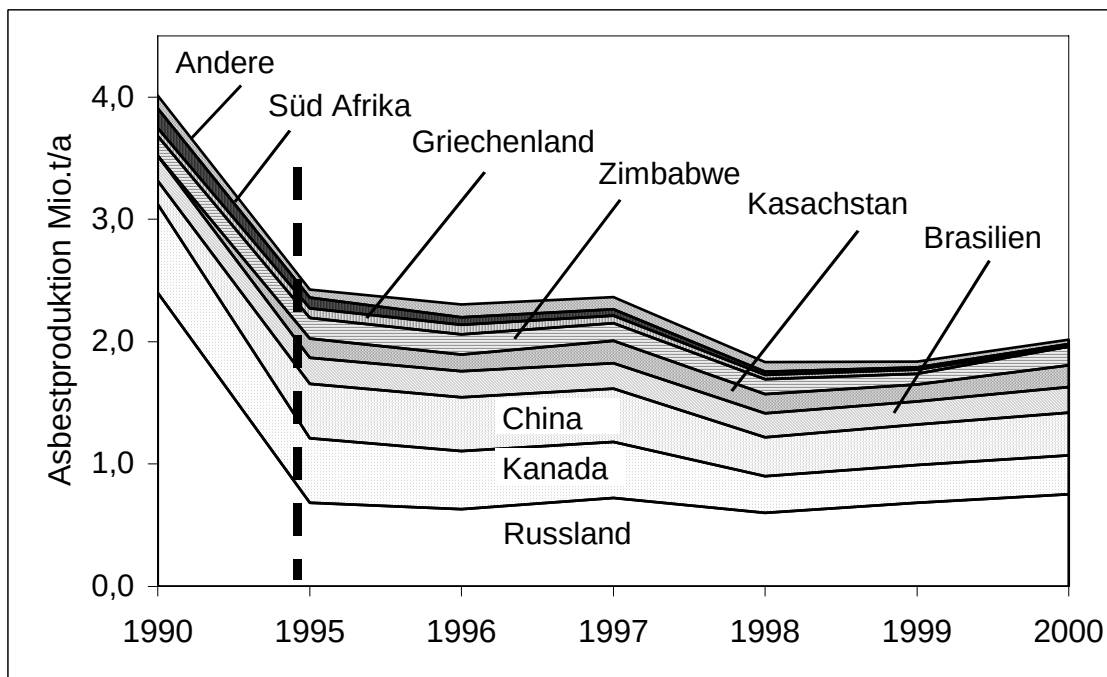


Abb. 3: Verteilung des Asbestverbrauches auf die Kontinente von 1930 bis 2000 [5]

Berücksichtigt man, dass Asbest in den produzierenden Ländern (Südafrika, Swasiland und Zimbabwe) hauptsächlich gelagert wird, ist Nigeria, mit 80.000 t im Jahr 1999 der größte Asbestkonsument in Afrika. Mehr als die Hälfte des weltweit verbrauchten Asbestes werden in Asien konsumiert, aber auch hier ist der Gesamttrend für den Asbestverbrauch sinkend. Die größten asiatischen Konsumenten im Jahr 2000 sind neben China (410.000 t/a), dem gleichzeitig weltweit zweitgrößten Asbestproduzenten, Indien (124.000 t/a), Thailand (120.000 t/a) und Japan (99.000 t/a). Der starke Einbruch des Asbestverbrauches in Europa und Westasien, Anfang der 90er Jahre, ist wie schon erwähnt, auf ein Verwendungsverbot für Asbestprodukte in den meisten west- und mitteleuropäischen Ländern zurückzuführen. Die wichtigsten europäischen und westasiatischen Konsumenten im Jahr 2000 waren Russland, Weißrussland, Kyrgizstan, Spanien, Rumänien, Aserbaidjan, Griechenland, Portugal und Kasachstan. Wie aus Abbildung 2 hervorgeht, wird Asbest in Europa und Westasien in nennenswerten Mengen nur in Russland (752.000 t/a, davon 332.000 t/a zum Export) und Kasachstan (178.400 t/a, davon 174.000 zum Export) produziert. Die Staaten der früheren Sowjetunion steigerten ihren Verbrauch sogar. Der Verbrauch in Ländern wie Bulgarien, Kroatien, Tschechische Republik, Ungarn, Litauen, Portugal und Rumänien, Jugoslawien und Spanien wird mit weniger als 5000 t/a (eine Ausnahme bildet Spanien mit einem Verbrauch von 15.400 t/a) auf einem geringen Niveau gehalten. Mit Inkrafttreten des Asbest-Verwendungsverbotes innerhalb der EU werden die Staaten der früheren Sowjetunion die größten Verbraucher von Asbest in Europa und Westasien sein [5].

In der Bundesrepublik Deutschland und in der ehemaligen DDR wurden in den Jahren zwischen 1950 und 1990 ca. 5,8 Mio. t Asbest verarbeitet. **Abbildung 4** zeigt den Asbestimport beider deutscher Staaten von 1948 bis 1989. Von 1968 bis 1980 importierte die Bundesrepublik Deutschland jährlich ca. 150.000 bis 180.000 t Rohasbest. Seit 1980 nahm dann die importierte Menge stetig ab, so dass 1990 von beiden deutschen Staaten nur noch insgesamt ca. 70.000 t verarbeitet wurden. Die importierte Rohasbestmenge bestand zu ca. 94% aus Chrysotil, 4% aus Krokydololith und 2% aus Amosit [6].

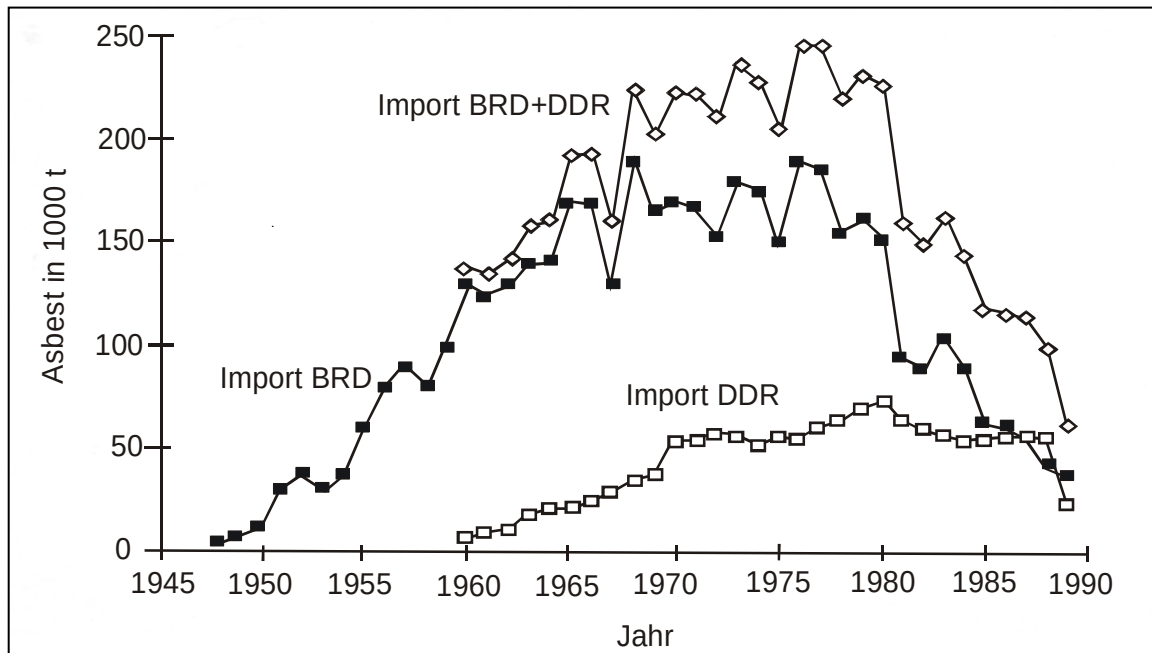


Abb. 4: Asbestimport der BRD und der DDR in den Jahren 1945-1989 Quelle: UBA Berichte (Zahlen 1948-1979) und Albracht, Schwertfeger 1991 (Zahlen 1979-1989) [4,6]

3.1 Gesetzlicher Hintergrund

Anfang der 60er Jahre des 20. Jahrhunderts wurden erste Empfehlungen zur Begrenzung der Asbesteinwirkung von den Berufsgenossenschaften an die Betriebe herausgegeben. Die erste Technische Richtkonzentration wurde 1973 veröffentlicht. Durch verstärkte Anstrengungen der Berufsgenossenschaften und der staatlichen Gewerbeaufsicht konnte dann in den 70er Jahren eine wesentliche Reduzierung der Staubbelastung in den bundesdeutschen Betrieben erreicht werden. Aus Sorge um den Erhalt ihrer Arbeitsplätze intervenierten allerdings 1979 mehrere Betriebsräte aus den Bereichen der Asbestzementindustrie erfolgreich bei der Bundesregierung gegen ein Asbestverbot und die Einstufung von Asbest in die höchste Gefährdungsklasse [6]. 1981 veröffentlichte das Umweltbundesamt einen Bericht über die Umweltbelastung von Asbest und andere faserige Feinstäube. Darin kam man zu dem Schluss, eine gesetzliche Regelung vorzuschlagen, welche die Herstellung und Verwendung von Asbestzementprodukten prinzipiell untersagt. Zum Schutz der Zementindustrie und zum Erhalt der Arbeitsplätze sollte dieses Verbot für die nachfolgenden 5 bis 10 Jahre ausgesetzt werden, um in dieser Zeit ein gestaffeltes Auslaufen der Produktion zu ermöglichen. Um dem letztlich doch unausweichlichen generellen Asbestverbot zuvorzukommen, schlug die asbestverarbeitende Industrie Anfang der