

**Ausbau von asbesthaltigen
Fugendichtstoffen im Rahmen von
Gebäuderückbau und Sanierung**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen

der

BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Barbara Leydolph

**Gutachter: 1. Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
2. Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller
3. Prof. Dr. rer. pol. habil. Frank Schultmann**

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
Professur Baubetrieb und Bauverfahren
Fakultät Bauingenieurwesen
Bauhaus-Universität Weimar
Marienstraße 7, 99423 Weimar
Postanschrift: 99421 Weimar
Tel.: (03643) 58 4563
Fax.: (03643) 58 4565
<http://www.uni-weimar.de/Bauing/baubet/>

**SCHRIFTEN DER PROFESSUR BAUBETRIEB UND BAUVERFAHREN
NR. 16 (2007)**

**Ausbau von asbesthaltigen
Fugendichtstoffen im Rahmen von
Gebäuderückbau und Sanierung**

DISSERTATION

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

an der Fakultät Bauingenieurwesen

der

BAUHAUS-UNIVERSITÄT WEIMAR

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Barbara Leydolph

**Gutachter: 1. Prof. Dr.-Ing. Hans-Joachim Bargstädt M.Sc.
2. Prof. Dr.-Ing. habil. Anette Müller
3. Prof. Dr. rer. pol. habil. Frank Schultmann**

Tag der Disputation: 13. 12. 2007

Danksagung

Die vorliegende Arbeit ist ein Ergebnis meiner Forschungstätigkeit am Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e.V., an welchem ich seit 1996 wissenschaftlich aktiv bin.

Herzlich bedanken möchte ich mich bei der Bauhaus-Universität Weimar, insbesondere bei Frau Professor Dr.-Ing. A. Müller und Herrn Professor Dr.-Ing. H.-J. Bargstädt für die wissenschaftliche Betreuung der Arbeit und die ideelle Unterstützung. Das der Thematik entgegengebrachte Interesse, die wertvollen Anregungen und Hinweise zur Anfertigung der Arbeit, haben wesentlich zum Ergebnis beigetragen.

Mein besonderer Dank gilt dem Institut für Fertigteiletechnik und Fertigbau Weimar e.V., welches mir die Möglichkeit zur Bearbeitung dieser praxisrelevanten Forschungsthematik gab. Meinen Kollegen und Geschäftspartnern möchte ich an dieser Stelle ebenfalls für die gute Zusammenarbeit danken.

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Einleitung	5
1.1	Darstellung der Problematik, wissenschaftliches Defizit	5
1.2	Zielstellung	10
2	Fugen in Bauwerken	12
2.1	Funktion von Fugen	12
2.2	Fugen in der Bausubstanz des industriellen Wohnungsbaues	13
2.3	Fugenparameter	18
2.3.1	Fugenausbildungen	18
2.3.2	Merkmale des geschlossenen Fugensystems	20
3	Der asbesthaltige Fugendichtstoff Morinol	23
3.1	Asbest	23
3.1.1	Eigenschaften und Verbrauch von Asbest	23
3.1.2	Gesundheitsschädigende Wirkung von Asbest	26
3.1.3	Krankheitsbilder	27
3.2	Morinol	28
3.2.1	Stoffliche Zusammensetzung	28
3.2.2	Eigenschaften	31
3.2.3	Identifizierung von Asbest in Morinol	32
3.3	Gefährdungspotential	34
3.4	Entsorgung	35
3.4.1	Herkömmliche Beseitigung	35
3.4.2	Verwertungsmöglichkeit	37
4	Rechtliche und arbeitsschutzrechtliche Rahmenbedingungen für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtungen	39
4.1	Verordnungen und Richtlinien	39
4.1.1	EG-Richtlinien	39
4.1.2	Nationale Verordnungen und Richtlinien	41
4.2	Umsetzung der Arbeits- und Gesundheitsschutzanforderungen	45
4.2.1	Anforderungen an persönliche Schutzausrüstungen	45
4.2.2	Umsetzen der Gesetzlichen Vorschriften in Arbeitsanleitung	46
5	Gegenwärtig verfügbare Arbeitsverfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe	49
5.1	Untersuchung bestehender Techniken	49
5.2	Bewertung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faseremissionen, Lärmbelastung	51
5.2.1	Wirtschaftlichkeit	51

5.2.2	Ergonomie	56
5.2.3	Faseremission	58
5.2.4	Lärmemission	62
5.2.5	Vibration	63
5.3	Zusammenfassung zu den gegenwärtig verfügbaren Arbeitsverfahren	65
6	Konzept für die Entwicklung neuer Verfahrenslösungen	65
6.1	Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren	65
6.2	Thermische Verfahren	68
6.2.1	Erweichung des Fugendichtstoffes durch Wärmebehandlung	68
6.2.2	Versprödung des Fugendichtstoffes durch Kältebehandlung	69
6.2.3	Verbrennung des Kunststoffes	71
6.2.4	Emissionen bei Erwärmung	73
6.3	Mechanische Verfahren	75
6.3.1	Einsatz neuer Meißeltypen	76
6.3.2	Sägeverfahren	82
6.3.3	Seil-Zugverfahren	85
6.3.4	Ausdrückverfahren	89
6.3.5	Vergleichende Bewertung der untersuchten Verfahren	92
7	Darstellung einer anwendungsreifen Lösung	94
7.1	Verfahrensbeschreibung	94
7.2	Bewertung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faseremissionen und Lärmbelastung	98
7.3	Technische Umsetzung der Vorzugslösung	101
8	Fugensanierung	104
8.1	Spritzbare Fugendichtstoffe	104
8.2	Elastomer-Fugenbänder	106
8.3	Vorkomprimierte Dichtbänder	107
9	Zusammenfassung	109
10	Literaturverzeichnis	113
11	Tabellenverzeichnis	117
12	Bildverzeichnis	119

1 Einleitung

1.1 Darstellung der Problematik, wissenschaftliches Defizit

Auf dem Gebiet der neuen Bundesländer wurden ab Mitte der fünfziger Jahre bis 1990 ca. 2,18 Millionen Wohnungen in Fertigteilbauweise der verschiedenen Konstruktionssysteme und Laststufen, die meisten davon in Plattenbauweise, gebaut [1]. Heute leben in diesen Wohnungen mehr als ein Viertel der Einwohner dieser Bundesländer.

Seit der Wiedervereinigung Deutschlands wurden, insbesondere durch die Bereitstellung enormer Fördermittel der Bundesregierung, bemerkenswerte Leistungen für die Sanierungs- und Modernisierungsmaßnahmen dieser Wohnbausubstanz erbracht. Etwa 50 % der bestehenden Bausubstanz wurde bisher saniert und modernisiert.

Trotz der Sanierungs- und Modernisierungserfolge haben die kommunalen und genossenschaftlichen Wohnungsgesellschaften zunehmend mit dem Problem der Leerstände zu kämpfen. In einigen Regionen beträgt der Wohnungsleerstand bereits 20 % und mehr. Dies liegt hauptsächlich an den trotz Sanierung der Wohnbereiche unattraktiven Wohnsiedlungen, der schwachen wirtschaftlichen Infrastruktur und demzufolge der Abwanderung der Bevölkerung. Gleichzeitig ist die Entwicklung der Bevölkerungszahl rückläufig, so dass keine Änderung der Wohnraumsituation zu erwarten ist. Die Entwicklung des Leerstandes ist ein dynamischer Prozess, dem durch Maßnahmen der Wohnungsunternehmen entgegengewirkt werden muss.

Leerstände verursachen erhöhte Kosten und senken die soziale Wohnqualität in den Wohngebieten. Der Verband der Deutschen Wohnungswirtschaft und die Wohnungsunternehmen suchen deshalb nach Konzepten, die Leerstände zu reduzieren. Maßnahmen, diese Leerstände sukzessive abzubauen, bestehen beispielsweise im Rückbau von Geschossebenen und in der qualifizierten Aufwertung der verbleibenden Wohnsubstanz sowie im Abbruch von einzelnen Segmenten bis hin zu ganzen Wohngebäuden. Im Jahr 2002 wurde von der Bundesregierung mit dem Stadtumbauprogramm Ost ein Planungsrahmen für den Stadtumbau in den neuen Ländern geschaffen, der bis zum Jahr 2009 befristet ist. Die Umsetzung dieses Programms ist eine entscheidende Voraussetzung für die Stabilität der Städte als Wohn- und Wirtschaftsstandorte. Der Stadtumbau ist eine Einheit von Rückbau, Modernisierung und Aufwertung sowie teilweise auch von Neubau sowie Revitalisierung von Brachflächen.

In der Bundesrepublik wohnt der größte Anteil der Bevölkerung zur Miete, derzeit rund 57% aller Haushalte. Deutschland hat damit anteilig den bedeutendsten Mietwohnungssektor aller Mitgliedsstaaten der EU. Die Wohnung ist in Deutschland ein bedeutendes Wirtschaftsgut und stellt einen zentralen Vermögenswert dar. In Deutschland gibt es derzeit ca. 39 Millionen Wohnungen, die einem Anlagevermögen von 3.213 Mrd. Euro entsprechen [2]. Das Wohnen zur Miete ist historisch gewachsen und stellt die wichtigste Wohnform in der Bundesrepublik dar. In den europäischen Staaten weist die Schweiz den höchsten Mieteranteil aus, siehe Bild 1. Eine hohe Mieterquote ist ein Kennzeichen einer modernen Industrie und Dienstleistungsgesellschaft. Die Mietwohnung wird den hohen Mobilitätserfordernissen der Bevölkerung gerecht.

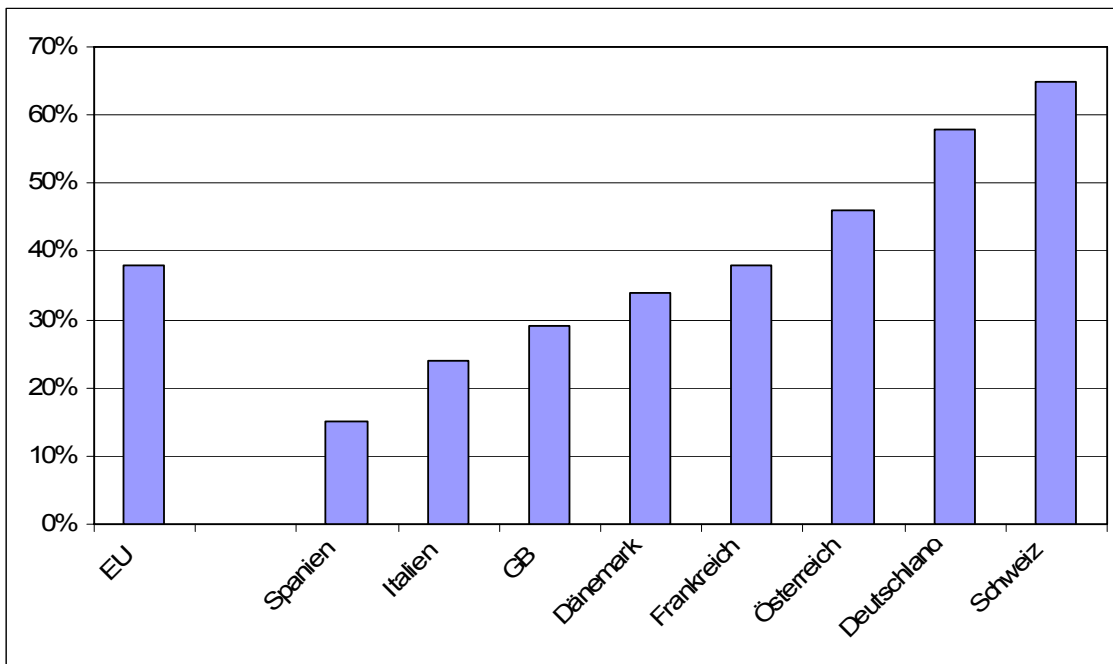


Bild 1: Mieterquote in europäischen Staaten [2]

Für die Wohnungsunternehmen besteht die Notwendigkeit, ein attraktives und im Vergleich preiswertes Wohnungsangebot zu bieten, um die Vermietungsquote ihrer Gebäude zu erhöhen.

Mit dem Rückbau und der Modernisierung von Wohngebäuden werden die Wohnungsunternehmen mit einer Reihe neuer Probleme konfrontiert, deren Lösung im Rahmen der Bauaufgabe unabdingbar ist. Eine sensible Problematik ist in diesem Zusammenhang das Vorhandensein von Gefahrstoffen in der Bausubstanz der Plattenbauten.

In verschiedenen Gebäudetypen wurden asbesthaltige Materialien sowohl im Wohnungsinnen als auch im Außenwandbereich eingesetzt. Vor dem Rückbau bzw. Abriss der betroffenen Gebäude muss hier generell eine Asbestentsorgung durchgeführt werden.

Im Falle schwach gebundener Asbestprodukte im Innenbereich ist die Erfassung von Gefährdungspotential und Sanierungsdringlichkeit rechtlich geregelt. Hier liegen bereits zuverlässige Sanierungslösungen unter besonderer Berücksichtigung des Arbeitsschutzes sowie des Schutzes angrenzender Bereiche auch für den bewohnten Zustand vor. Für den Außenwandbereich gibt es diesbezüglich ein Defizit.

Von den heute als Gefährdungspotential in der Bausubstanz vorhandenen Asbestprodukten kommt dem asbesthaltigen polymergebundenen Fugendichtstoff Morinol eine besondere Bedeutung zu (siehe Bild 2). Der Fugendichtstoff Morinol wurde sowohl im Außenbereich als auch im Innenbereich der Wohngebäude verwendet. Er diente im Außenbereich vorwiegend zum Abdichten der Fugen zwischen den Betonfertigteilen sowie zum Abdichten der Fensterlaibungen. Im Innenbereich wurde er beispielsweise zum Eindichten der Müllschluckeranlagen eingesetzt. Definitionsgemäß ist nach geltendem Recht der Gefahrstoffverordnung [57] und der Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 519 Asbest [58] der in Plattenbauten eingebaute Morinol-Fugendichtstoff ein Gefahrstoff, so dass beim bautechnischen Umgang mit die-

sem Material vom Ausbau bis zur Entsorgung hohe Anforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz zu erfüllen sind.



Bild 2: Fugendichtstoff Morinol

Von der Gefahrstoffbelastung durch asbesthaltige Fugendichtstoffe sind in der Regel vorwiegend die Wohngebäude der P2-Serien betroffen, die bis Anfang der 80er Jahre errichtet wurden. Dies betrifft nicht nur fünfgeschossige, sondern vorrangig auch elfgeschossige Plattenbau-Wohngebäude.

Ein Standardwohnblock mit 40 Wohneinheiten (4 Eingänge, 5 Geschosse) enthält ca. 1,24 km Fugendichtstoff. Die Fugen sind in einem horizontalen Abstand von 2,40, 3,60 bzw. 6,00 m, entsprechend der Elementbreite, angeordnet. Vertikal entspricht der Fugenabstand der Geschosshöhe von 2,80 m. Bei einem 11geschossigen Wohnblock mit 308 Wohneinheiten und 7 Eingängen beträgt die Fugenlänge ca. 8,52 km (siehe Bild 3).

Im Rahmen der Instandhaltung und Modernisierung der Gebäude sowie beim Rückbau durch Demontage oder beim Abbruch ist das asbesthaltige Material unter Berücksichtigung des Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutzes zu entfernen und entsprechend den gültigen Regeln für den Umgang mit Gefahrstoffen zu beseitigen.

Derzeit erfolgt der Gefahrstoffausbau durch verschiedene, in höchstem Maß kostenintensive und ergonomisch unbefriedigende sowie technisch unzureichende Verfahren. Als momentan relevantes Arbeitsmittel zur Fugensanierung kommt der Elektrohämmer mit Breitmeißel für die Stemmarbeiten zum Entfernen des asbesthaltigen Fugenkittes zur Anwendung. Das Herausbrechen der spröden Fugendichtung ist eine schwere körperliche Arbeit, je Gebäudetyp handelt es sich um mehrere Kilometer zu entfernende Wandfuge. Bei den Stemmarbeiten besteht die Gefahr einer möglichen Asbestfaserfreisetzung. Die ausführenden Arbeitskräfte erfahren körperliche Belastungen durch Faser-, Staub- und Lärmemissionen, Zwangshaltungen, starke Muskelbeanspruchungen sowie Vibrationen. Zum Schutz gegen Faserstäube sind eine P2-Atmungschutzmaske und ein Einweg-Schutzanzug zu tragen. Insbesondere bei hohen Umgebungstemperaturen im Sommer führt das Tragen der Schutzkleidung zu einer hohen körperlichen Belastung. Die Kombination von schwerer Arbeit

mit bezeichneter Schutzausrüstung und die langen Einsatzzeiten von mehreren Tagen je Objekt führen zu einem Gefährdungspotential für die Arbeitskräfte. Asbestfasern in der Atemluft sind für das menschliche Auge nicht sichtbar, die Gefahr wird nicht wahrgenommen und unterschätzt. Diese Tatsache führt zu Nachlässigkeiten beim Tragen von Schutzkleidung, insbesondere der Atemschutzmaske, die als hinderlich empfunden wird.



Bild 3: Wohnblock mit Morinol Fugendichtung in Jena

Bei einem Gebäudeabbruch bzw. einer Demontage ist es zwingend notwendig, im Sinne der Trennung von Gefahrstoff und Bauschutt, den asbesthaltigen Fugendichtstoff zu entfernen, da sonst das gesamte Betonabbruchmaterial als Gefahrstoff zu beseitigen wäre. Insgesamt sind Arbeitsschutz und Sicherheit für angrenzende Bereiche zu gewährleisten. Eine Demontage der einzelnen Gebäudeebenen mit anschließendem Abtrennen des Fugendichtstoffes in einem abgeschotteten Bereich des Baustellengeländes ist ökonomisch nur sinnvoll, wenn die rückgebauten Platten einer Wieder- bzw. Weiterverwendung zugeführt werden können und daher der Rückbau einer deutlich größeren Sorgfalt im Umgang mit den Fertigteilelementen unterliegt. Die Demontagekosten liegen etwa 2-2,5mal höher im Vergleich zu den Kosten eines herkömmlichen Abbruchs mit der Abbruchzange [3]. Weiterhin ist bei der Demontage zu gewährleisten, dass sich kein Fugendichtstoff von den Betonflanken löst und unkontrolliert abfällt. Durch eine Reihe von Arbeitsschutzmaßnahmen wird die Demontage ohne vorangegangene Dichtstoffentfernung grundsätzlich untersagt. Bei einem Abbruch mit der Abbruchzange muss der asbesthaltige Fugendichtstoff als Vorleistung ebenfalls komplett ausgebaut werden. Die derzeit praktizierten Ausbaurichtlinien stellen unzureichende Lösungen dar. Das Bild 4 zeigt ein Beispiel für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe.



Bild 4: Ausstemmen des Fugendichtstoffes

Es gilt, eine Reihe von Fragen der Optimierung der meist manuellen Arbeitsprozesse, der Asbestfaserfreisetzung und der Gestaltung des Arbeitsschutzes sowie des Schutzes Dritter zu lösen.

1.2 Zielstellung

Die Zielstellung der Arbeit besteht in der systematischen Entwicklung technischer Lösungen zum Ausbau von Fugendichtstoffen am Beispiel der asbesthaltigen Fugendichtstoffe in Plattenbauten.

An die Verfahrenslösungen werden folgende Anforderungen gestellt:

- Verbesserter Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz
 - Reduzierung der Asbestfaser- und Staubemissionen
 - Reduzierung der Lärmemissionen
 - Reduzierung der körperlichen Belastung
 - Reduzierung der Abfallmenge
- Optimierte Technologie
 - Einfache Handhabbarkeit
 - Gute Baustelleneignung
 - Robustheit bei der Anwendung
- Höhere Wirtschaftlichkeit
 - Leistungssteigerung beim Ausbau
 - Reduzierung der Entsorgungskosten.

Ein besonderes Defizit besteht beim Ausbau des Fugendichtstoffes bei folgenden Fugen:

- Fugen mit einer geringen Breite,
- Fugen mit konischem Fugenverlauf,
- Fugen mit tief in den Fugenraum reichenden Dichtstoffmassen,
- Kreuzungsbereiche von Horizontal- und Vertikalfuge,
- Eckbereiche.

Bei diesen Fugen muss der Beton großflächig an den Fugenflanken abgestemmt werden, um den Dichtstoff vollständig entfernen zu können. Der asbesthaltige Fugendichtstoff wird mit dem anhaftenden Beton als Gefahrstoff beseitigt. Im Fall einer Gebäudesanierung ist somit die Betonflanke beschädigt und muss vor einer erneuten Fugenabdichtung reprofiliert werden. Für das dargestellte Defizit sind im Rahmen dieser Arbeit Lösungen zu suchen und ihre praktische Realisierbarkeit zu prüfen. Das Bild 5 zeigt die Größe einer Fugenöffnung nach dem Ausstemmen des Fugendichtstoffes. Die Fugenöffnung beträgt an dieser Stelle ca. 15 cm nach der Entfernung des Dichtstoffes, im Vergleich zu ca. 2 cm im Ausgangszustand.



Bild 5: Fugenöffnung nach Ausstemmen

Ausgehend vom analysierten Defizit für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe erfolgt die systematische Entwicklung technischer Lösungen für diese Arbeitsaufgabe. Im ersten Schritt werden die Schwerpunkte Fugenarten, asbesthaltige Fugendichtungen, Fugenparameter und betroffene Bausubstanz untersucht sowie die rechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtstoffen ermittelt. Im Anschluss erfolgen die Untersuchung der gegenwärtig verfügbaren Arbeitsverfahren und die Darstellung der Defizite dieser Lösungen. Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen wird ein Konzept für die Entwicklung neuer Verfahrenslösungen aufgestellt. Thermische und mechanische Verfahren werden systematisch untersucht. Durch die Bewertung der verschiedenen Verfahren wird die optimale Lösung ermittelt und abschließend hinsichtlich Faseremissionen, Ergonomie, Lärmemissionen und Wirtschaftlichkeit bewertet.

2 Fugen in Bauwerken

2.1 Funktion von Fugen

Im Beton- und Stahlbetonbau werden aus bauphysikalischer und konstruktiver Sicht sowie entsprechend ausführungstechnischer Erfordernisse verschiedene Fugen ausgeführt. Fugen haben in Abhängigkeit von ihrer Geometrie und Lage im Bauwerk, den inneren und äußeren Einwirkungen, wie statische und dynamische Belastungen, Dehnungen, Scherbewegungen, Schwinden und Kriechen, klimatische Einflüsse (Temperatur, Feuchtigkeit, aggressive Medien und den daraus resultierenden Formänderungen des Baukörpers) die unterschiedlichsten Anforderungen zu erfüllen. Aufgrund der im Bauwerk zu erfüllenden Aufgaben können Fugen in starre und bewegliche Fugen eingeteilt werden, siehe Tabelle 1 [4][5]. Bei beweglichen Fugen können sich die durch die Fuge getrennten Bauelemente gegeneinander verschieben, bei starren Fugen muss die Kraftübertragung gewährleistet sein.

Tabelle 1: Fugenarten

Bewegliche Fugen	Starre Fugen
Dehnfuge Unterteilende, durch die gesamte Gebäudehöhe bis zum Fundament durchgehende Fuge, zum Ausgleich von Verformungen resultierend aus Temperaturänderungen, Kriechen und Schwinden, statischen oder dynamischen Belastungen.	Arbeitsfuge Zwangsläufig entstehende Fuge, wenn der Betoniervorgang an einem statisch als Einheit wirkenden Baukörper unterbrochen werden muss. Die Fuge ist als kraftschlüssige Verbindung zwischen den Betonierabschnitten zur Aufnahme aller auftretenden Beanspruchungen auszubilden. Bewehrungen werden nicht unterbrochen.
Bewegungsfuge Zur Unterteilung großformatiger Betonteile in Abständen von höchstens 10 m, zur Aufnahme von Bewegungen resultierend aus Temperaturänderungen, Kriechen und Schwinden, statischen oder dynamischen Belastungen.	Scheinfuge Wie eine Fuge aussehende (oberflächliche) Sollbruchstelle zum Vermeiden unkontrollierter Risse beim Auftreten von Spannungen während des Abbinde- und Erhärtungsvorgangs und Betonschwindens (Sollrißfuge).
Setzungsfuge Unterteilende, über die gesamte Gebäudehöhe und durch das Fundament gehende Fuge zur Sicherung der Bewegungsfreiheit für benachbarte Gebäudeteile, kann gleichzeitig Bewegungsfuge sein (Trennfuge).	Schwindfuge Eine Fuge, die erst nach dem Schwindvorgang des Betons verschlossen wird, um entstehende Fehlstellen auszufüllen.
Konstruktionsfuge Zwischen aneinander stoßenden Bauteilen liegende Fuge, z. B. Betonfertigteile, kann gleichzeitig Dehn- oder Setzungsfuge sein.	Pressfuge Beim Betonieren entstehende Fuge an angrenzenden Plattenfeldern, die Querkraftübertragung in der Fuge kann durch Verzahnung oder Dübel gewährleistet werden.

Beim Neubau sollten Fugen in Betonbauteilen möglichst so geplant werden, dass keine zusätzlichen Fugendichtungsmaßnahmen erforderlich sind. Fugendichtungen sind kostenaufwendig und müssen einer ständigen Kontrolle unterliegen. Aufgrund der Alterung der Dichtstoffe müssen sie im Nutzungszeitraum der Bauwerke in der Regel erneuert werden.

Bei den Gebäuden in Fertigteilbauweise sind vorwiegend Konstruktionsfugen zwischen den einzelnen Betonelementen, d. h. Horizontal- und Vertikalfugen, vorhanden. Zwischen benachbarten Gebäuden und Gebäudeteilen sind Setzungsfugen angeordnet.

Fugen stellen einen Teil der Gesamtkonstruktion dar und müssen dauerhaft verschlossen werden, um die Funktionstüchtigkeit der Gesamtkonstruktion zu gewährleisten. Gleichzeitig müssen sie folgende Aufgaben übernehmen:

- flexible und gleichzeitig flüssigkeits- sowie gasdichte Verbindung der Elemente und Bauteile,
- Aufnahme der Dehnungen und ständigen Maßänderungen des Baukörpers,
- Aufnahme von Scherbewegungen, Schwinden und Kriechen,
- Ausgleich von Montagetoleranzen und Ungenauigkeiten der Oberflächen von Bauteilen und -elementen in vorgegebenen Toleranzbereichen.

Das zum Fugenverschluss verwendete Dichtungsmaterial muss bauphysikalisch geeignet sein. Insbesondere muss der Fugendichtstoff temperaturbeständig und beständig gegen aggressive Medien sein. Die Vermeidung von Wärmebrücken ist ebenfalls zu gewährleisten.

Die eingesetzten Fugendichtstoffe müssen eine Verträglichkeit mit den Oberflächen und Oberflächenbeschichtungen der angrenzenden Bauteile besitzen. Eine weitere Anforderung an Fugendichtstoffe ist ihre Alterungsbeständigkeit. Die funktionstüchtige Lebensdauer sollte ≥ 15 Jahre betragen.

Neben den bauphysikalischen Anforderungen müssen Fugendichtungen auch architektonische und ästhetische Anforderungen der Fugenausbildung erfüllen.

2.2 Fugen in der Bausubstanz des industriellen Wohnungsbaues

Der vorhandene Bestand an Wohneinheiten in Fertigteilbauweise lässt sich zu rund einem Drittel (32,8%) in Block- und Streifenbauweise und zu rund zwei Drittel (67,2%) in Plattenbauweise unterteilen. Von den in Plattenbauweise errichteten Blöcken überwiegen die Typenserien WBS 70 und P2. Vorherrschendes Konstruktionssystem des industriellen Wohnungsbaus ist die Wandbauweise. Jeder Gebäudetyp ist daher gekennzeichnet durch standardisierte Bauelementsysteme, eine vereinheitlichte Laststufe für Vorfertigung, Transport und Montage sowie einen bestimmten Vorfertigungsgrad. Die Tabelle 2 gibt den Überblick zu der Anzahl der Wohnungseinheiten in den entsprechenden Bauweisen.

Tabelle 2: Anzahl der Wohnungseinheiten nach Bauweisen [1]

Bauweise	Baujahr	Berlin	Brandenburg	Meckl.-Vorp.	Sachsen	Sachsen-Anhalt	Thüringen	Σ
Block 0,8 t	1958-70	37.800	86.200	71.000	122.300	61.300	60.700	439.300
	1971-75	0	24.000	13.000	35.300	16.500	15.900	104.700
	1976-80	0	8.200	4.900	20.100	7.600	7.400	48.200
	1981-85	0	400	1.900	15.000	6.300	2.700	26.300
	1986-90	0	0	500	7.700	2.900	2.000	13.100
Block 1,1 t	1976-80	0	1.000	4.400	1.300	1.000	400	8.100
	1981-85	300	5.400	5.700	3.000	1.900	500	16.800
	1986-90	300	4.600	6.600	4.500	5.300	900	22.200
Block gesamt		38.400	129.800	108.000	209.200	102.800	90.500	678.700
Streifen 2,0 t	1958-70	3.300	4.000	0	9.100	0	7.000	23.400
	1891-75	0	1.800	0	3.000	0	2.700	7.500
	1976-80	0	1.300	0	2.900	0	1.500	5.700
	1981-85	0	0	0	2.000	1.000	1.000	4.000
	1986-90	0	0	0	900	500	1.000	2.400
Streifen gesamt		3.300	7.100	0	17.900	1.500	13.200	43.000
Platte 3,5 t	1958-70	0	5.800	0	6.500	0	2.500	14.800
	1971-75	0	3.900	0	5.500	0	1.500	10.900
	1976-80	0	8.000	0	11.600	0	1.000	20.600
	1981-85	0	9.500	0	11.300	0	1.000	21.800
	1986-90	0	8.400	0	9.500	0	0	17.900
Platte P1	1958-70	3.000	5.000	0	0	0	4.500	12.500
Platte P2	1958-70	7.500	8.700	7.500	10.600	20.300	10.200	64.800
	1971-75	8.900	18.800	6.000	20.500	27.200	22.800	104.200
	1976-80	0	29.200	6.000	16.400	30.500	33.300	115.400
	1981-85	0	20.900	2.200	15.100	5.900	15.400	59.500
	1986-90	0	4.100	0	3.900	4.500	7.200	19.700
Platte P-Halle	1958-70	0	1.500	7.900	0	6.700	0	16.100
	1971-75	0	11.800	28.400	0	11.300	0	51.500
	1976-80	0	17.300	29.600	0	7.500	0	54.400
	1981-85	0	8.000	0	0	6.600	0	14.600
	1986-90	0	6.000	0	0	5.500	0	11.500
Platte QP	1958-70	10.300	0	0	0	0	0	10.300
	1971-75	8.700	1.500	0	1.000	0	0	11.200
	1976-80	11.000	2.000	0	2.000	0	0	15.000
	1981-85	5.000	600	0	0	500	0	6.100
Platte WBS 70	1971-75	4.000	0	3.500	5.500	0	2.000	15.000
	1976-80	31.000	0	10.500	50.000	26.900	12.500	130.900
	1981-85	49.000	17.800	38.600	66.000	52.400	34.400	258.200
	1986-90	56.000	26.400	32.000	60.300	36.900	29.200	240.800
Platte Sonstige 5,0 t + 6,3 t	1958-70	1.400	200	700	1.100	1.800	1.200	6.400
	1971-75	5.600	2.600	2.000	11.200	6.500	7.500	35.400
	1976-80	1.800	3.900	6.700	13.900	4.900	8.300	39.500
	1981-85	3.900	6.900	3.900	16.800	4.000	7.900	43.400
	1986-90	10.400	2.600	2.500	12.000	2.400	7.200	37.100
Platte gesamt		217.500	231.400	188.000	350.700	262.300	209.600	1.459.500
Fertigteilbau gesamt		259.200	368.300	296.000	577.800	366.600	313.300	2.181.200

Durch die Wohnungsbaukombinate in den ehemaligen Bezirken der DDR wurden entsprechende Erzeugnisreihen von Block-, Streifen- und Großtafelbauweise gefertigt. Die charakteristischen Merkmale der jeweiligen Bauweise sind in der Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Charakteristik der Bauweisen

Charakteristik		Blockbau		Streifenbau	Plattenbau	
Laststufe	[t]	0,75; 0,8	1,1	2,0	5,0	6,3
Konstruktionsystem		Längswand- konstruktion Längswände tragend	Querwand- konstruktion Querwände tragend	Querwand- konstruktion Querwände tragend	Querwand- konstruktion Querwände tragend	Querwand- konstruktion Querwände tragend
Decken- spannweiten	[m]	2,4; 3,6; 4,8	2,4; 3,6	2,4; 3,6	2,4; 3,6; 4,2; 4,8; 6,0	2,4; 3,6; 6,0
Gebäude- längen	[m]	45,40-74,80	28,8- 67,20	39,60 -67,20	37,84-84,44	36,0-72,0
Außenwände		1schichtig: Leichtbeton oder Hohl- lochziegel- elemente	1schichtig: Leichtbeton oder Poren- beton	1schichtig: Leichtbeton	1schichtig: Leichtbeton 2schichtig: Leichtbe- ton/HWL 3schichtig: Normalbeton mit Kern- dämmung	3schichtig: Normalbeton mit Kern- dämmung
Gebäude- breite	[m]	9,75, 9,99; 10,19	10,19;11,40	10,19; 10,31	10,19;10,8; 11,51; 12,0; 37,84	12,0; 18,35; 18,84
Dachform u. -art		Steilgeneig- tes Sattel- dach, Flach- dach	Steilgeneig- tes Sattel- dach, Flach- dach, Man- sarddach	Steilgeneig- tes Sattel- dach, Flach- dach	Flachdach	Flachdach
Geschoss- zahl		3-5	4-5	4-5	5- 17	5-18
Geschoss- höhe	[m]	2,80	2,80	2,80	2,80	2,80

Die Erzeugnisreihen der einzelnen Wohnungsbaukombinate weisen regionaltypische Modifikationen des Standardtyps auf. Im Norddeutschen Raum findet man Außenwände mit Klinker oder Fliesenbekleidung, im Thüringer Wald sind Schiefer- oder Asbestzementbekleidungen vorhanden. Ebenfalls wurden die Betonfertigteile in ihren Detailausbildungen, wie beispielsweise Fugengestaltungen, abgewandelt.

Ein großer Teil der Wohngebäude in Fertigteilbauweise, die bis Anfang der 80er Jahre auf dem Gebiet der ehemaligen DDR errichtet worden sind, enthalten Fugendichtstoffe mit Asbestzusätzen. Hauptsächlich wurde der asbesthaltige Fugendichtstoff „Morinol“ verwendet. Er wurde als plastische Masse manuell oder mit Fugenverpressgeräten eingebracht. Der asbesthaltige Fugenkitt ist an verschiedenen Stellen der Wohngebäude im Außen- und Innenbereich eingesetzt worden. Einen Überblick gibt Tabelle 4.

Tabelle 4: Verwendung von asbesthaltigem Fugendichtstoff Morinol im/am Gebäude

Morinol Fugendichtstoff im Gebäude	
Außenbereich	Innenbereich
- Horizontal- und Vertikalfugen der Außenwandplatten	- Fuge zwischen Treppenlauf und Innenwand
- Horizontalfuge zwischen Loggiaplatte und Außenwand	- Fuge zwischen Wandelement und Klingelkästen
- Vertikalfuge zwischen Loggiaseitenwand und Außenwand	- Fuge zwischen Wandelement und Müllschluckeranlage
- Fuge zwischen Fensterlaibung und Fensterrahmen	- Fuge zwischen Türlaibung und Türrahmen
- Fuge zwischen Türlaibung und Türrahmen	
- Horizontalfuge zwischen Hauseingangsüberdachung und Außenwand	
- Setzungsfugen zwischen Gebäudeteilen	

Das Vorhandensein des Fugendichtstoffes Morinol ist abhängig von dem Gebäudetyp, der Außenwandkonstruktion und der damit verbundenen Fugenausbildung und dem Zeitpunkt der Errichtung des Gebäudes. Der Fugendichtstoff Morinol wurde bei Außenwänden mit einem so genannten geschlossenen Fugensystem verwendet. Mit der Entwicklung der dreischichtigen Außenwandplatte Anfang der 80er Jahre wurde die Außenwandfuge als offenes Fugensystem ohne Fugenkitt ausgebildet. Man kann davon ausgehen, dass ab dem Jahr 1986 kein asbesthaltiger Fugendichtstoff mehr eingesetzt worden ist. Die Tabelle 5 enthält die Gebäudetypen, bei denen die Fugen der Längsaußen- und Giebelwände mit dem Fugendichtstoff Morinol abgedichtet wurden.

Tabelle 5: Wandaufbau mit asbesthaltiger Fugendichtung Morinol nach [7]

Bauweise Typ	Längsäußen- wand			Giebelwand			Fugenausbildung		
	Anzahl Schichten			Anzahl Schichten			Einstufig gedichtet		zwei- stufig ge- dich- tet
	1	2	3	1	2	3	mit Mörtel	Mori- nol	
Blockbau L 4, L 57 Q 3A (Berlin) Markleeberg/ Brandenburg Ratio Brandenburg 1,1 t	x			x			x		
	x			x			x		
	x			x			x		
	x					x		x	x
							Längs- wand		Giebel
Streifenbau QX Magdeburg Porenbeton, Schwerin	x			x					
	x			x					
	x					x	x		x
							Längs- wand		Giebel
Plattenbau P1 P2 - mehrgeschossig 1. typisch 2. Halle 3. Berlin 4. Ratio - vielgeschossig Porenbeton Leipzig P-Halle QP 64 QP71 WBS 70	x			x			x		
		x				x		x	x
		x			x			x	
		x		x				x	
			x			x		x	x
	x					x	x	x	x
	x					x	x	x	
	x					x		x	
			x			x			x

Der Typ P2 der Plattenbauweise nahm mit 363.600 Wohneinheiten (siehe Tabelle 2), den größten Anteil an asbestbelasteten Gebäuden bzw. Wohneinheiten ein. Das Bild 6 zeigt einen Plattenbau, Typ P2, 5geschossig. Bei dem vorhandenen Zahlenmaterial muss man berücksichtigen, dass auf Grund von regional vorhandenen Wohnungsleerständen schon Gebäude vom Markt genommen worden sind, deren Anzahl nicht erfasst ist. Somit ist keine aktuelle Bestandsangabe möglich.



Bild 6: Plattenbau, Typ P 2, 5geschossig [6]

Ein Plattenbau Typ P2, 5geschossig, 40 WE enthält ca. 1.240 m Fugendichtstoff, das entspricht ca. 31 m Fugendichtstoff pro Wohneinheit. Eine im Bundesland Sachsen durchgeführte Recherche führte zu dem Ergebnis, dass alle dort vorhandenen Gebäudetypen (P2 mit den Baureihen IW 60, IW 66, IW 67, IW 68, IW 71 und WHH 11, WHH 14, WHH 17) mit einem geschlossenen Fugensystem den Fugendichtstoff Morinol enthalten.

In den WBS 70-Baureihen wurde der asbesthaltige Fugendichtstoff hauptsächlich im Innenbereich der Gebäude und als Fensterdichtung eingesetzt.

2.3 Fugenparameter

2.3.1 Fugenausbildungen

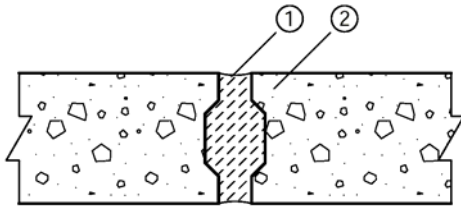
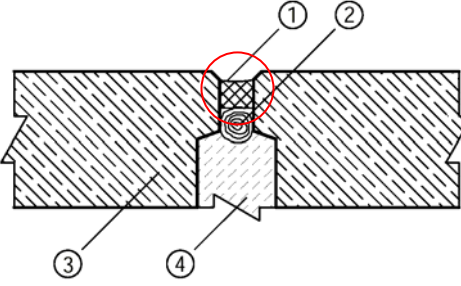
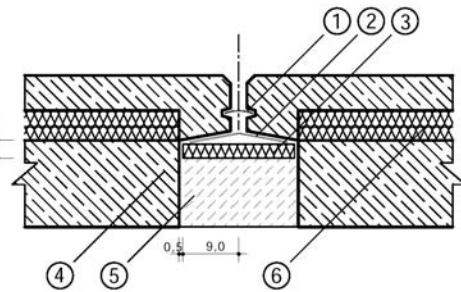
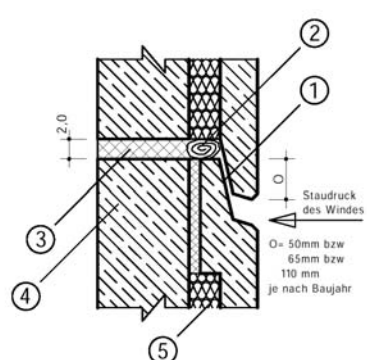
Bei den Erzeugnisreihen der Block-, Streifen- und Großtafelbauweise sind in Abhängigkeit der jeweiligen Außenwandkonstruktion im Wesentlichen zwei Arten der Fugenausbildung zu unterscheiden:

- einstufig gedichtete Fugen („geschlossene“ Fugen) und
- zweistufig gedichtete Fugen („offene“ Fugen).

Die Tabelle 6 gibt eine Übersicht über die vorhandenen Fugenausbildungen bei den Außenwandkonstruktionen.

Die Art der Fugenausbildung steht im Zusammenhang mit dem Schichtenaufbau der Wandkonstruktion, der ein-, zwei- oder dreischichtig ausgeführt worden ist. Die einstufig gedichteten Fugen wurden bei ein- und zweischichtigen Außenwandkonstruktionen ausgeführt. Bei der Block- und Streifenkonstruktion wurden die Fugen nur vermörtelt oder teilweise zusätzlich mit einer Dichtungsmasse überspachtelt. Bei älteren Typen der Plattenbauten (P1, P2, QP) wurden die Fugen ebenfalls noch geschlossen ausgeführt, d. h. vermörtelt und mit einer Dichtungsmasse überspachtelt bzw. als Rechteckfuge mit Fugenstrick als Rücklage ausgebildet. Die zweistufig gedichteten Fugen wurden erst zu Beginn der 70er Jahre bei der dreischichtigen Außenwandkonstruktion eingeführt (P2-Ratio, QP-Ratio, WBS 70) [7]. Asbesthaltiger Fugendichtstoff wurde nur bei dem geschlossenen Fugensystem - einstufig gedichtet - verwendet.

Tabelle 6: Fugenausbildungen von Außenwandkonstruktionen [7]

Wandaufbau	Querschnitt	Anwendungsbereich
<p>Einstufig gedichtete (geschlossene) Fuge</p> <p>1 Mörtel</p> <p>2 Leichtbetonelement</p>		<p>Geschlossene Fugenausbildung</p> <p>Kelleraußenwände für alle Bauweisen</p> <p>Blockbauweise</p> <p>Streifenbauweise</p>
<p>Einstufig gedichtete (geschlossene) Fuge</p> <p>1 Dichtstoff Morinol, asbesthaltig</p> <p>2 Hinterfüllmaterial</p> <p>3 Stahlbetonelement</p> <p>4 Mörtel</p>		<p>Blockbauweise</p> <p>Streifenbauweise</p> <p>Plattenbauweise</p>
<p>Zweistufig gedichtete (offene) Fuge</p> <p>Vertikalfuge</p> <p>1 Schlagregenschutzstreifen</p> <p>2 Windsperre</p> <p>3 Dämmstreifen</p> <p>4 Stahlbetonelement</p> <p>5 Mörtel</p> <p>6 Dämmung</p>		<p>Offene Fugenausbildung</p> <p>Plattenbauweise</p>
<p>Zweistufig gedichtete (offene) Fuge</p> <p>Horizontalfuge</p> <p>1 Stauschwelle</p> <p>2 Windsperre</p> <p>3 Lagerfuge / Schaumpolystyrolplatte</p> <p>4 Stahlbetonelement</p> <p>5 Dämmung</p>		

2.3.2 Merkmale des geschlossenen Fugensystems

Bei dem geschlossenen Fugensystem mit Morinol als Fugendichtstoff sind für die vorhandenen Baureihen folgende Fugenbreiten projektiert worden:

Stoß- und Lagerfugen: 15-20 mm
Bewegungsfugen: 30-40 mm

Die in Abhängigkeit von der Fugenbreite zu erwartende Fugentiefe zeigt Tabelle 7. In der Tabelle 8 ist die Morinolmenge pro Fugenmeter bei der entsprechenden Fugenabmessung angegeben. Ein Plattenbau Typ P2, 5geschossig, 40 WE enthält ca. 1.240 m Fugendichtstoff. Bei der Annahme durchschnittlicher Fugenabmessungen von 40 x 40 mm² sind das ca. 1,93 t Morinol.

Nach Angaben des ehemaligen Herstellerwerkes des Fugendichtstoffes Morinol, der Firma. G. Moran, Leipzig, gab es für verschiedene Fugenbreiten unterschiedliche Typen von Morinol Fugenkitten:

- Type GH: für Fugenbreiten von 20 bis 40 mm
- Type G/15 B: für Fugenbreiten bis 20 mm
- Type F: für Fugenbreiten bis 10 mm, plastische Eigenschaften mit relativ schneller Aushärtung, Volumenschwund etwa 20 %

Tabelle 7: Mindesttiefe Kittbett

Fugenbreite [mm]	Mindesttiefe Kittbett [mm]
bis 20	15
bis 30	20
bis 40	30

Tabelle 8: Morinol Menge für Fugenmaß [8]

Fugenabmessung [mm ²]	Menge Morinol [kg/m]
10 x 15	0,195
15 x 15	0,293
20 x 20	0,520
25 x 20	0,650
30 x 30	1,170
40 x 40	1,560

Grundsätzlich kann man an der vorhandenen Bausubstanz feststellen, dass die projektierten Fugenbreiten durch Herstellungs- und Montageungenauigkeiten erhebliche Schwankungen aufweisen. Die hier angegebenen Werte geben lediglich eine Orientierung. Zu den Fugengeometrien durchgeführte Untersuchungen zeigten im Ergebnis folgende Fugenausführungen:

- gerade Fugenflanken, Bild 7
- konische Fugenflanken, Bild 8
- Fugenflanken mit Aussparungen, Bild 9
- Fugen im 90 ° Winkel an Loggiaplatten (geringer Anteil am Gebäude), Bild 10.

Die untersuchten Gebäudetypen wurden von unterschiedlichen Wohnungsbaukombinaten in Thüringen gefertigt.

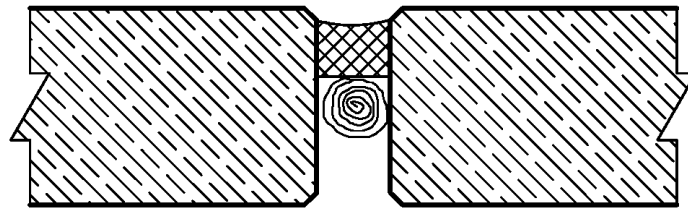


Bild 7: gerade Fugenflanken

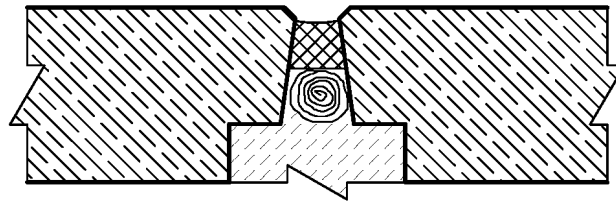


Bild 8: konische Fugenflanken

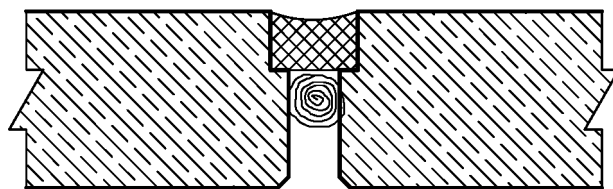


Bild 9: Fugenflanken mit Aussparungen

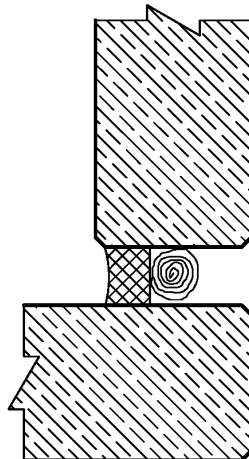


Bild 10: Fuge an Loggiaplatten (90° Winkel)

Die verschiedenen Fugegeometrien haben Einfluss auf die Lösbarkeit des Fugendichtstoffes aus der Fuge. Bei geraden Fugenflanken und Fugenflanken mit Aussparungen lässt sich der Fugendichtstoff relativ einfach ausbauen. Kompliziert und dementsprechend aufwendig ist der Ausbau des Fugendichtstoffes aus konischen Fugen und Fugen im 90° Winkel. In den Bildern 11-14 sind die verschiedenen Fugenausführungen an Plattenbauobjekten gezeigt.

- gerade Fugenflanken



Bild 11:
leicht lösbarer Fugendichtstoff bei geraden Fugenflanken

Gebäudestandort: Jena

- konische Fugenflanken



Bild 12:
stark an den Fugenflanken haftender Fugendichtstoff bei konischen Fugenflanken, schwer lösbar

Gebäudestandort: Gera

- Fugenflanken mit Aussparungen



Bild 13:
leicht lösbarer Fugendichtstoff bei Fugenflanken mit Aussparungen

Gebäudestandort: Nohra

- Fuge an Loggiaplatten (90° Winkel)



Bild 14:
schwer lösbarer Fugendichtstoff bei Fugen im 90° Winkel

Gebäudestandort: Erfurt

Die Objektaufnahmen zeigen die Unterschiede in der Fugenausführung und Lösbarkeit der Fugendichtstoffe. Bei den untersuchten Gebäuden handelt es sich um Fertigteilbauten verschiedener ehemaliger Wohnungsbaukombinate in Thüringen.

3 Der asbesthaltige Fugendichtstoff Morinol

3.1 Asbest

3.1.1 Eigenschaften und Verbrauch von Asbest

Asbest ist ein Magnesium-Hydrosilikat, das durch Umwandlung infolge von Kontaktmetamorphose aus silikatischem Gestein, wie Olivin, Hornblende, Serpentin u .a. entstanden ist [12]. Die Besonderheit dieses Stoffes ist sein makro- und mikroskopischer Strukturaufbau mit der faserigen Ausbildung natürlicher Mineralphasen. Diese gehören der Serpentinegruppe oder der Amphibolgruppe an, siehe Tabelle 9. Die Serpentine sind Schichtsilikate. Sie treten in faserigen, röhrenförmigen Formen als Faserserpentin (Chrysotil) auf. Die Amphibole sind Doppelketten-Silikate und bilden in Faserform verschiedene nicht hohle Asbeste, von denen der Krokydolith (Blauasbest) der bekannteste ist.

Tabelle 9: Mineralogische Einteilung der Asbeste [9]

Gruppe	Asbest Handelsname	Mineralname	Chemismus
Serpentin	Chrysotil	Chrysotil Lizardit Amesit Antigorit	$Mg_3 Si_2O_5 (OH)_4$ $Mg_3 Si_2O_5 (OH)_4$ $Mg_2Al (SiAl)O_5 (OH)_4$ $(Mg, Fe^{2+})_3 Si_2O_5 (OH)_4$
Amphibol	Ca-frei Anthophyllit	Magnesio-A. Ferro-A.	$(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ $(Fe, Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
	Amosit	Mg-Cummingtonit Grunerit Cummingtonit	$(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ $(Fe, Mg)_7Si_8O_{22}(OH)_2$ $(Mg, Fe)_7Si_8O_{22}(OH)_2$
	Ca-haltig	Aktinolith Ferro-A.	$Ca_2(Fe, Mg)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
	Aktinolith-Asbest Tremolit-Asbest	Aktinolith Tremolit	$Ca_2(Mg, Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$ $Ca_2(Mg, Fe)_5Si_8O_{22}(OH)_2$
	Na-haltig Krokydolith	Riebeckit Mg-Riebeckit	$Na_2(Fe, Mg)_3Fe_2Si_8O_{22}(OH)_2$ $Na_2(Fe, Mg)_3Fe_2Si_8O_{22}(OH)_2$

Ein wichtiges Merkmal der Asbestarten ist die Faserlänge. Sie liegt bei Chrysotil zwischen 0,2 und 200 µm (siehe Bild 15), bei den Amphibolasbesten zwischen 0,2 und 17 µm (siehe Bild 16). Der Durchmesser schwankt zwischen 0,02 und 4 µm.

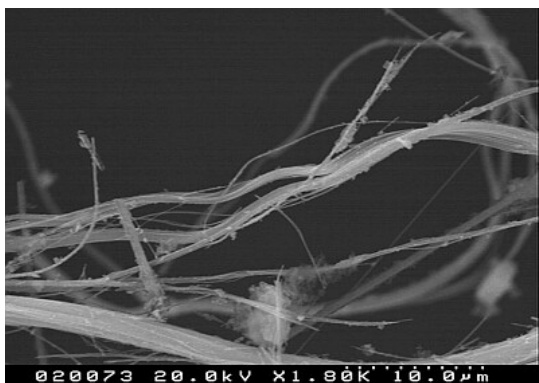


Bild 15: Chrysotil (Weißasbest) [10]



Bild 16: Krokydolith (Blauasbest) [10]

Aufgrund ihrer physikalisch-mineralogischen Eigenschaften können sich die Asbestfasern in immer dünnere Fasern aufspalten.

Die charakteristischen Eigenschaften des Asbestes, wie beispielsweise hohe Zugfestigkeiten und Elastizitätsmoduli, geringe Wärmeleitfähigkeit, hohe thermische Beständigkeit, Unbrennbarkeit, chemische Resistenz gegenüber Säuren, Laugen, Wasser, elektrische Isolation, gutes Adsorptionsvermögen, Verspinnbarkeit, Verrottungsfestigkeit, machen ihn für vielfältige Anwendungsgebiete geeignet. Asbeste als natürliche, mineralische Rohstoffe wurden bereits vor ca. 4000 Jahren aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften genutzt. Der Name Asbest kommt aus dem Griechischen (Asbestos = unauslöschlich oder unvergänglich). Die Tabelle 10 enthält physikalische und technische Eigenschaften von Asbest.

Tabelle 10: Physikalische und technische Eigenschaften von Asbest [9]

Eigenschaft		Chrysotil	Krokydolith
Dichte	[g/cm ³]	2,2 bis 2,6	2,8 bis 3,4
Faserdurchmesser (Büschel)	[µm]	0,75 bis 1,50	1,5 bis 4,0
Elementarfaserdurchmesser	[µm]	0,03 bis 0,04	0,1 bis 0,2
Faserquerschnitt		kreisförmig spiralig gerollt	elliptisch oder kreisförmig
Faserlänge	[µm]	0,2 bis 200	0,2 bis 17
spez. Oberfläche	[m ² /g]	10 bis 25	3 bis 5
Farbe		weiß, grau, grün, gelblich	lavendelblau, metallblau
Härte	Mohs	2,5 bis 4,0	5 bis 6
elektrische Ladung		positiv	negativ
Anwendungstemperatur			
- ohne Einschränkung	[°C]	400	300
- mit geringer Einschränkung	[°C]	650	450
- kurzzeitig	[°C]	1000	1000
Schädigungstemperatur	[°C]	550	450
Dehydroxylierung	[°C]	600-850	ab 400
Schmelztemperatur	[°C]	1520	1190
Wärmeleitfähigkeit			
- bei Rohdichte 300 kg/m ³	[W/m ² K]	0,070	0,070
- bei Rohdichte 600 kg/m ³	[W/m ² K]	0,200	0,200
spezifische Wärme	[J/gK]	1,1	0,8
Zugfestigkeit	[N/mm ²]	2000 - 6000	7500 - 22500
E-Modul	[N/mm ²]	30000 - 160000	100000 - 190000
Bruchdehnung	%	0,5 bis 2,0	1,5
Verarbeitung		gut spinnbar	z. T. spinnbar
Spez. elektrischer Widerstand	[Ω/cm]	10 ⁴ bis 10 ⁶	3 x 10 ⁶ bis 10 ⁷
Brennverhalten		nicht brennbar	nicht brennbar
Resistenz gegen			
- konzentrierte Säuren		nein	ja (nicht gegen HF und H ₃ PO ₄)
- verdünnte Säuren		ja	ja
- konzentrierte Laugen		ja	nein
- verdünnte Laugen		ja	ja
- Lösemittel		ja	ja
- Wasserdampf		nein	weniger

In Tabelle 11 sind die größten Asbestlagerstätten in der Welt zusammengestellt. Auf Chrysotil entfallen etwa 94 % der Weltasbestproduktion [13]. Asbest wird vorwiegend im Tagebau gefördert. Untertagebau wird hauptsächlich in Südafrika betrieben.

Tabelle 11: Asbestlagerstätten nach [13]

Asbestlagerstätte	Asbestart
Russland	Chrysotil, Anthophyllit
Kasachstan	Chrysotil, Anthophyllit
Südafrika	Chrysotil, Amosit, Krokydolit
Kanada	Chrysotil
Simbabwe	Chrysotil
Brasilien	Chrysotil
Italien	Chrysotil
China	Chrysotil
Bolivien	Krokydolit

Zu den wichtigsten Förderländern von Asbest zwischen 2000 und 2004 gehören Russland, China, Kasachstan, Kanada, Brasilien und Simbabwe. Trotz der Gesundheitsgefahren, die von Asbest ausgehen, hat die Asbestproduktion im Jahr 2004 im Vergleich zum Jahr 2000 deutlich zugenommen. Die Tabelle 12 enthält die jährlichen Produktionsmengen zwischen 2000 und 2004.

Tabelle 12: Asbestproduktion 2000 bis 2004 [11]

Land	Produktion in Tonnen (% der Weltproduktion)				
	2000	2001	2002	2003	2004
Russland	750.000 (35,5)	750.000 (36,1)	775.00 (37,8)	878.000 (39,4)	875.000 (39,2)
China	315.000 (14,9)	310.000 (14,9)	270.000 (13,2)	350.000 (15,7)	355.000 (15,9)
Kasachstan	233.200 (11,1)	271.300 (13,0)	291.100 (14,2)	354.500 (15,9)	346.500 (15,5)
Kanada	309.719 (14,7)	276.790 (13,3)	240.500 (11,7)	200.500 (9,0)	200.000 (9,0)
Brasilien	209.332 (9,9)	172.695 (8,3)	194.750 (9,5)	194.350 (8,7)	194.800 (8,7)
Simbabwe	152.000 (7,2)	136.327 (6,6)	168.000 (8,2)	147.000 (6,6)	150.000 (6,7)
Südafrika Italien Bolivien	Geringe Fördermenge, ca. 5% der Weltproduktion 2004				

Aufgrund der hervorragenden technischen Eigenschaften wurde Asbest in vielen Industriebereichen für eine umfangreiche Palette von Erzeugnissen verwendet (ca. 3000 Anwendungen). In der Bundesrepublik stieg der Verbrauch an Rohasbest bis 1965 auf ca. 170.000 t im Jahr an und blieb bis 1980 auf diesem Niveau. In den folgenden Jahren wurde wegen der Gesundheitsgefahren durch Asbeststäube die Importmenge reduziert. Im Jahr 1989 betrug der Asbestverbrauch weniger als 40.000 t. In der ehemaligen DDR stieg der Asbestverbrauch bis 1980 auf fast 74.000 t pro

Jahr an. Bis zum Jahr 1989 ist nur ein geringer Rückgang auf ca. 60.000 t ersichtlich. Der Asbestverbrauch war ab Mitte der 80er Jahre in der DDR höher als in den alten Bundesländern (siehe Bild 17).

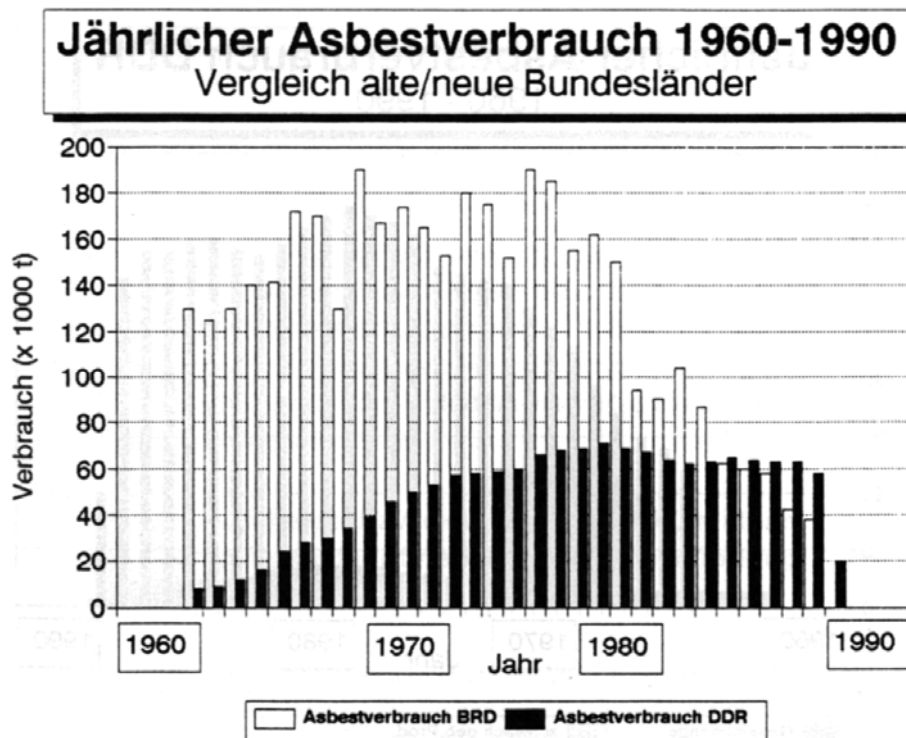


Bild 17: Jährlicher Rohasbestverbrauch 1960-1990
Vergleich alte/neue Bundesländer [14]

Bezüglich Pro-Kopf-Verbrauch kann festgestellt werden, dass der Asbestverbrauch in der DDR immer höher war im Vergleich zur BRD. Im Jahr 1989 lag der Asbestverbrauch in der DDR bei ca. 3,5 kg/Einwohner, in der BRD bei ca. 0,67 kg/Einwohner. Ursache für den hohen Asbestverbrauch in der DDR war die Anwendung von Asbest in Bauprodukten für den industriellen Wohnungsbau.

3.1.2 Gesundheitsschädigende Wirkung von Asbest

Asbest gehört zu den wichtigsten krebserregenden Gefahrstoffen. Die von Asbest ausgehende Gefahr liegt nicht am Mineral an sich, das weder krebserzeugend noch giftig ist, sondern in seinem Auftreten als Feinstaub in Form lungengängiger Fasern. Diese Fasern und deren Bruchstücke werden über die Atmungsorgane mit der Atemluft aufgenommen und können so bis in das Lungengewebe vordringen. Asbestfasern sind resistent gegen die Abwehrmechanismen des menschlichen Körpers, sie sind nicht abbaubar.

Die kritische Faserabmessung für lungengängige Fasern beträgt [13]:

Länge:	$L > 5 \mu\text{m}$
Durchmesser:	$D < 3 \mu\text{m}$
Verhältnis von Länge zu Durchmesser:	$L:D \geq 3:1$

Asbestfasern neigen aufgrund ihrer physikalisch-mineralogischen Eigenschaften zur Längsspaltung, d.h. die Fasern werden immer dünner und feiner. Damit verbessert sich die Mobilität der Fasern im Körper.

3.1.3 Krankheitsbilder

Asbestfasern haben folgende biologische Wirkungen:

- fibrogene oder bindegewebsbildende Eigenschaft, die zu Narbengewebsbildung in Lunge und am Rippenfell führt
- kanzerogene oder tumorerzeugende Wirkung in Lunge, Bronchien, Rippen- und Bauchfell

Folgende Erkrankungen werden durch Asbeststaub verursacht [13]:

- Asbestose als Lungen- oder Pleuraasbestose:
Berufskrankheits-Nr.: 4103
- Lungenkrebs (Bronchialkrebs oder Adenocarcinom der Lunge):
Berufskrankheits-Nr.: 4104
- Mesotheliom (Bauch-/Rippenfelltumor):
Berufskrankheits-Nr.: 4105
- Kehlkopfkrebs:
Berufskrankheits-Nr.: 4104

Die Latenzzeit liegt zwischen 10 und 60 Jahren, im Mittel kann man von einer 30-Jahre-Spanne zwischen Asbesteinwirkung und Krankheitsausbruch ausgehen.

Name	Geb.-jahr	Asbest-spritzer	Diagnose	Berufs-krankheit %	seit	verstorben	Alter	Todes-ursache
M.H.	1925	51,56-58, 62	Asbestose	100	1964	1965	39	Atemins.
S.A.	1926	1954-1965	Asbestose	30	10/70	27.10.71	45	Atemins.
W.H.	1936	1951-1969	Asbestose	40	17.03.70	09.11.72	36	Paramy.
H.K.	1931	1954-1956	Asb./Peritm	50	05.10.76	06.03.77	46	Peritm.
B.G.	1926	1956-1967	Asb./Pleum	100	26.07.77	20.01.78	52	Pleum.
B.H.	1933	1960-1966	Asbestose		unbek.	16.04.77	44	Asb/Lungc.
H.M.	1932	1953-1963	Asbestose	100	06.06.77	05.09.80	43	Atemins.
S.H.	1915	1952-1967	Asbestose	100	18.04.79	27.02.79	65	Atemins.
W.L.	1930	1956-1972	Asbestose	60	13.09.78	26.07.80	50	Bk.-unabh.
G.D.	1917	61-67,67-77	Asbestose	60	29.04.87			
S.R.	1934	1955-1965	Asbestose	100	09.04.81	09.02.84	51	Atemins.
F.R.	1935	1960-1969	Asbestose	80	01.05.79	15.02.87	51	Atemins.
U.R.	1929	1957-1978	Asbestose	100	01.07.87			
Z.	1930	1957-1965	Asbestose	100	16.07.86			

Asb.=Asbestose, Atemins=Ateminsuffizienz, Lungc.=Lungencarcinom, Paramy=Paramyeloblastenleukose
Peritm.=Peritonealesmesotheliom, Pleum.=Pleuramesotheliom

Bild 18: Schicksal einer Asbestspritzer-Gruppe, BG Glas und Keramik 1989 [15]

Das Bild 18 zeigt eine Krankheitsstatistik einer Asbestspritzer-Gruppe. Sämtliche Mitglieder der Arbeitsgruppe erlitten, durch eine Asbestexposition am Arbeitsplatz, Gesundheitsschäden größtenteils mit Todesfolge. Wegen der Gesundheitsgefahren, die von Asbest ausgehen, hat die WHO Anfang der 80iger Jahre empfohlen, Asbest

bis 1990 aus der Produktion zu entfernen. Seit 1993 besteht Herstellungs- und Verwendungsverbot für Asbest in Deutschland. In der EU wurde ein europaweites Asbestverbot erst zum 01.01.2005 erlassen. Ein weltweites Asbestverbot besteht bis heute noch nicht, Länder wie die USA, Kanada, Russland, China u. a. verarbeiten weiterhin den Gefahrstoff.

3.2 Morinol

3.2.1 Stoffliche Zusammensetzung

Der Fugendichtstoff Morinol ist ein plastischer Kunststoff auf der Basis von Polyvinylacetat in Verbindung mit Lösungsmitteln, Füllstoffen und Weichmachern. Er ist asbesthaltig, wobei die Angaben zum Asbestgehalt zwischen 10 % und 40 % schwanken. In dem Kunststoff sind die Asbestfasern von der polymergebundenen Kunststoffmatrix fest umschlossen. Die Kunststoffmatrix aus Polyvinylacetat bildet den Hauptbestandteil des Fugendichtstoffes Morinol.

Polyvinylacetat ($[-\text{CH}_2-\text{CH}(\text{O}-\text{CO}-\text{CH}_3)-]_n$) ist ein zur Gruppe der Polyester gehörender, geruchs- und geschmacksloser, witterungsbeständiger Kunststoff, der durch Polymerisation von Vinylacetat entsteht. Polyvinylacetat ist ein thermoplastischer Kunststoff, er wird bei Wärme weich und verformbar. Weitere Bestandteile des Fugendichtstoffes sind das Lösungsmittel Hexylacetat ($\text{C}_8\text{H}_{16}\text{O}_2$) und der Weichmacher Octandiol ($\text{C}_8\text{H}_{18}\text{O}_2$).

Die Asbestfasern wurden dem Kunststoff beigemischt, um eine höhere Formstabilität des Materials bei Temperatureinwirkung zu erreichen. Dieser Faseranteil stellt eine „Bewehrung“ des Kunststoffes dar. Der Fugendichtstoff Morinol wurde hauptsächlich eingesetzt als äußerer Abschluss bei allen der Witterung ausgesetzten Fugen. Er hatte die Aufgabe, Feuchtigkeit und Wind vom Gebäudeinneren fernzuhalten und durch seine Dehnfähigkeit und Haftung die durch Schwindvorgänge und Temperatureinwirkung verursachten Längenänderungen der Elemente sowie Bewegungen der Bauteile aufzunehmen und auszugleichen.

Bild 19 und Bild 20 zeigen die Kunststoffmatrix mit eingebundenen Asbestfasern. Im Randbereich ragen die nadelförmigen Fasern aus dem Kunststoff heraus und können leicht gelöst und dabei freigesetzt werden.



Bild 19: Randbereich mit herausragenden Asbestfasern



Bild 20: Asbestfasern eingebettet in der Kunststoffmatrix

In der Tabelle 13 sind die verschiedenen Morinoltypen mit ihren Zusammensetzungen aufgeführt. Herstellerbetrieb war der ehemalige VEB Bauchemie Leipzig, Betriebsteil Böhlitz-Ehrenberg. Der Fugendichtstoff wurde ab 1963/64 bis 1984 produziert.

Tabelle 13: Zusammensetzung asbesthaltiger Fugendichtstoffe [16][17]

Asbesthaltiger Fugenkitt	Zusammensetzung	Anteil M.%	Produktionszeitraum
Typ GH	PVAC LE/40/60	25,5	bis 1984
	PVAC DP 46/7	42,5	
	Hexylacetat	5,0	
	Octandiol	6,2	
	Gemahlener Asbest	14,8	
	Rohasbest M 6/5	6,0	
Typ G 15/B	PVAC LE/40/60	25,5	bis 1984
	PVAC DP 50/H	42,5	
	Hexylacetat	5,0	
	Octandiol	6,2	
	Gemahlener Asbest	14,8	
	Rohasbest M 6/5	6,0	
Typ GH weiß	PVAC LE/40/60	25,0	bis 1984
	PVAC DP 46/7	41,5	
	Hexylacetat	1,6	
	Octandiol	6,2	
	Rohasbest M 6/5	5,0	
	Kreide	20,7	
Typ GH weiß Disp.	PVAC DP 39/20	68,6	bis 1981
	Octandiol	6,9	
	Rohasbest M 6/5	10,3	
	Kreide	14,2	
Typ F	PVAC LE/40/60	27,5	bis 1984
	PVAC DP 50/H	45,8	
	Hexylacetat	4,2	
	Octandiol	2,7	
	Gemahlener Asbest	9,1	
	Rohasbest M 6/5	5,7	
	nicht ausgewiesener Rest	5,0	
PVAC- Polyvinylacetat Gemahlener Asbest: übliche Bezeichnung SU-Mehl 7-450			

Die Dichtstofftypen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Konsistenz, die durch unterschiedliche PVAC-Arten und Asbestgehalte erzielt wurde. Durch Kreidezusätze erfolgte eine weiße Einfärbung.

Bei Gebäuden in Fertigteilbauweise wurde für Fugenbreiten von 20 bis 40 mm (Horizontal- und Vertikalfugen, Fugen Loggiabereich) der Fugendichtstoff Typ GH eingesetzt. Der Typ G15/B war für Fugen bis 20 mm Breite einschließlich der Sanierung von Altbauten entwickelt worden. Der Typ F mit sehr plastischer Konsistenz, aufgrund des niedrigen Asbestgehaltes, wurde für Fugen bis 10 mm Breite eingesetzt.

Von einer in Gera entnommenen Morinolprobe mit anhaftenden Betonresten wurde eine chemische Analyse und eine quantitative Phasenanalyse durchgeführt. Die Tabelle 14 und Tabelle 15 enthalten die Analysewerte.

Tabelle 14: Chemische Analyse Morinolprobe mit Betonresten [22]

Bestandteile	Anteil [%]
SiO ₂	16,78
Al ₂ O ₃	1,06
TiO ₂	0,17
Fe ₂ O ₃	2,58
CaO	0,86
MgO	12,99
K ₂ O	< 0,01
Na ₂ O	0,03
SO ₃	0,44
CO _{2carb.}	0,60
H ₂ O ⁺	3,82
Organ. Bestandteile	60,50
Summe	99,83
Mineralstoffanteil	39,50
Organikanteil	60,50

Tabelle 15: Quantitative Phasenanalyse Morinolprobe mit Betonresten[22]

Mineralphasen		Anteil [%]
Quarz	SiO ₂	1,5
Chrysotil	Mg ₃ Si ₂ O ₅ (OH) ₄	25,5
Talk	Mg ₃ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	4,5
Saponit	Mg ₃ (Si, Al) ₄ O ₁₀ (OH) ₂ · 4H ₂ O	4,0
Calcit	CaCO ₃	1,5
Rutil	TiO ₂	0,2
Fe-Oxihydrat	FeOOH	2,5
Organ. Bestandteile		60,5

Die Tabelle 14 weist als Ergebnis der chemischen Analyse einen Mineralstoffanteil von 39,5 % im Vergleich zu max. 25,7 % im Typ GH weiß (Tabelle 13) aus. Der hohe Mineralstoffanteil resultiert aus den anhaftenden Betonresten der Fugenflanken.

3.2.2 Eigenschaften

Eigenschaften bei der Verarbeitung

Nach Angaben des Herstellers [8] verfügte der Fugendichtstoff Morinol bei der Herstellung und Verarbeitung über die in der Tabelle 16 aufgeführten Eigenschaften.

Tabelle 16: Eigenschaften von Morinol nach Angaben des Herstellers

Eigenschaft	Kenngößen
Viskosität	- plastisch - bei Temperaturen bis -10 °C verarbeitbar
Dehnbarkeit	- nimmt im Durchschnitt bis 20 % der Fugenbreite an Dehnungen und Schwindungen der Bauelemente auf - ein Ablösen oder Reißen des Fugenkitts tritt nicht ein - Dehnbarkeit: +20°C/45%, -10°C/30%, -15°C/20%
Temperaturbeständigkeit	- temperaturbeständig zwischen -20 °C und +80 °C
Formbeständigkeit	- Formbeständigkeit gegeben - kein Ab- oder Auslaufen
Wasserundurchlässigkeit	- wasserundurchlässig
Abbindefähigkeit	- in Abhängigkeit von der Außentemperatur nach 4 bis 6 Stunden durch Filmbildung an der Oberfläche witterungsbeständig, wasserundurchlässig und dauerplastisch
Ultraviolettbeständigkeit	- gegen Ultraviolettbestrahlung widerstandsfähig, keine Veränderungen
Feuerbeständigkeit	- nicht brennbar
Chemikalienbeständigkeit	- resistent: Mineralöle, Benzin, Xylol, Pentan, Paraffin, Alkalilauge konzentriert (40 %), Alkalilauge verdünnt (10 %), Schwefelsäure verdünnt (45 %), Salzsäure verdünnt (20 %) - nicht resistent gegen: Benzol
Farbe	- dunkelgrau - kann mit PVA-Latexfarben und Ölfarben nachträglich überstrichen werden, Rißbildungen im Anstrich infolge der geringeren Plastizität können auftreten - Verwendung hochpigmentierter und gut deckender Farben, da der dunkle Kitt sonst durchschlägt
Verarbeitung	- satt unter Druck einbringen - Einbringen manuell oder mit Fugenverpressgerät
Reinigung von Arbeitsgeräten	- Einweichen in Trichloräthylen oder Nitroverdünnung
Gefährdung	- enthält keine gesundheitsschädlichen Lösungsmittel und kann auch in geschlossenen Räumen verarbeitet werden (Stand 1967)

Eigenschaften nach langjähriger Einwirkung der atmosphärischen Einflüsse

Die durchgeführten Fugenuntersuchungen zeigten, dass nach einer Nutzungsdauer von 20 bis 43 Jahren, entsprechend dem Baujahr des Gebäudes, die eingesetzten Morinol Fugendichtstoffe unterschiedlich starke Alterungserscheinungen aufweisen. Infolge der langjährigen Freibewitterung konnten folgende Eigenschaften festgestellt werden:

- die obere Schicht des Dichtstoffes ist stark versprödet und ausgehärtet,
- die untere Schicht ist plastisch.

Die Alterung des Kunststoffes ist in Abhängigkeit von der Fugengeometrie unterschiedlich stark ausgeprägt. Bei schmalen, konischen Fugen mit einer geringen Kontaktfläche zur Atmosphäre ist der Fugendichtstoff bis auf die oberflächliche Schicht noch sehr plastisch und haftet stark an den Fugenflanken. Im Gegensatz dazu ist der Dichtstoff bei breiten und flachen Fugen stark versprödet und löst sich teilweise von den Fugenflanken. Eine funktionstüchtige Fugendichtung ist hier nicht mehr gegeben.

Als Ursachen für die Alterung des asbesthaltigen Fugendichtstoffes auf der Basis von Polyvinylacetat sind folgende Einflussgrößen zu nennen:

- UV-Strahlung,
- Sauerstoff, Ozon,
- Temperaturwechselbeanspruchung,
- Luftfeuchtigkeit, Niederschläge,
- feste und gasförmige Verunreinigungen der Atmosphäre,
- innere und äußere Spannungen.

Insbesondere die UV-Strahlung und Beanspruchungen durch erhöhte Temperaturen sowie durch Sauerstoff/Ozon führen zum Abbau der Polymere und zur Verringerung der Molekularmasse, weiterhin kommt es zu einer Vernetzung der Polymere und Entstehung verzweigter und gitterartiger Makromoleküle. Diese Umstrukturierung äußert sich in einer Versprödung. Besonders an der Oberfläche entsteht eine spröde Schicht, die leicht aufbricht [18].

3.2.3 Identifizierung von Asbest in Morinol

Vor einem Ausbau des Fugendichtstoffes sollte abgeklärt werden, ob das Material Asbest enthält. Hinweise zum eingesetzten Fugendichtstoff sind ggf. in den Bauunterlagen, wie Detailzeichnungen der Fugenausbildungen, zu finden. Bei unbekanntem Objekt bzw. Fugendichtstoff kann der qualitative Nachweis von Asbest beispielsweise mit folgenden Analysemethoden durchgeführt werden:

- Lichtmikroskopie
- Röntgendiffraktometrie
- Rasterelektronenmikroskopie.

Unter dem Lichtmikroskop können die Asbestfasern im Fugendichtstoff identifiziert werden, siehe Bild 21. Typisch für Asbestfasern ist die Längsspaltung, sie ist ein Unterscheidungsmerkmal zu künstlichen Mineralfasern, die quer zur Achse brechen. Bei Asbest sind an den Faserenden die einzelnen Faserbündel deutlich sichtbar.

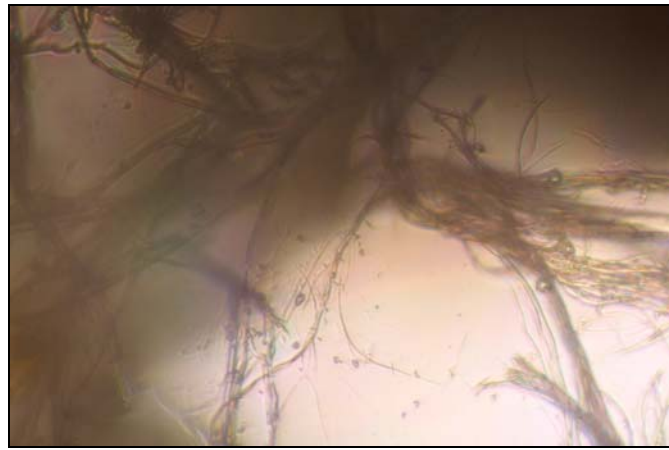


Bild 21: Lichtmikroskopische Untersuchung Morinol

Anhand des Röntgendiffraktogramms kann Asbest analysiert werden, siehe Bild 22. Die Morinolprobe enthält Asbest, wenn die Mineralphasen der Serpentinegruppe: z.B. Chrysotil, Antigorit, Amesit oder der Amphibolgruppe: z.B. Aktinolith, Tremolith, Riebeckit, nachgewiesen werden können.

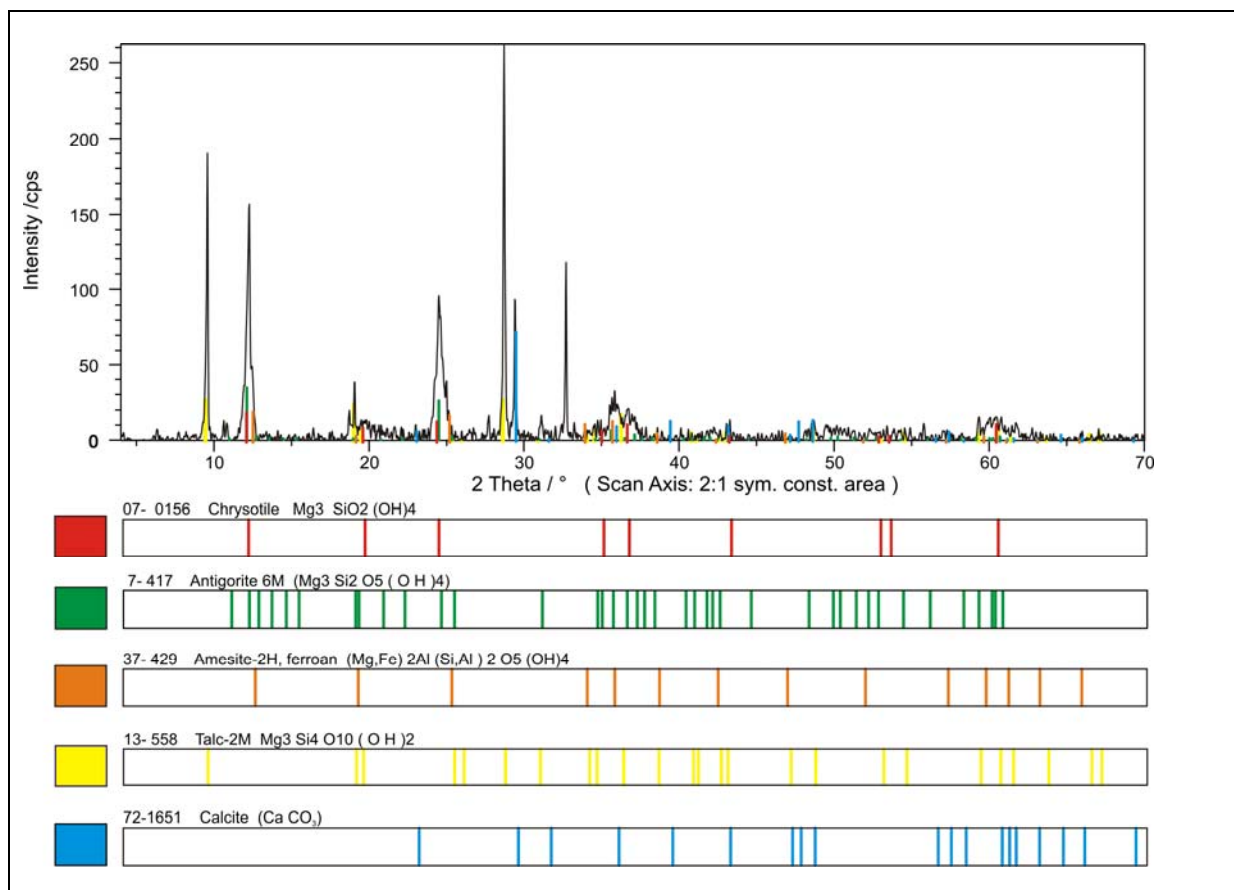


Bild 22: Röntgendiffraktometrische Untersuchung Morinol

Unter dem Rasterelektronenmikroskop sind die eingebetteten Asbestfasern gut sichtbar, siehe Bild 23. Wieder ist die Längsspaltung der Asbestfasern am Auffasern der Faserbündel deutlich erkennbar.

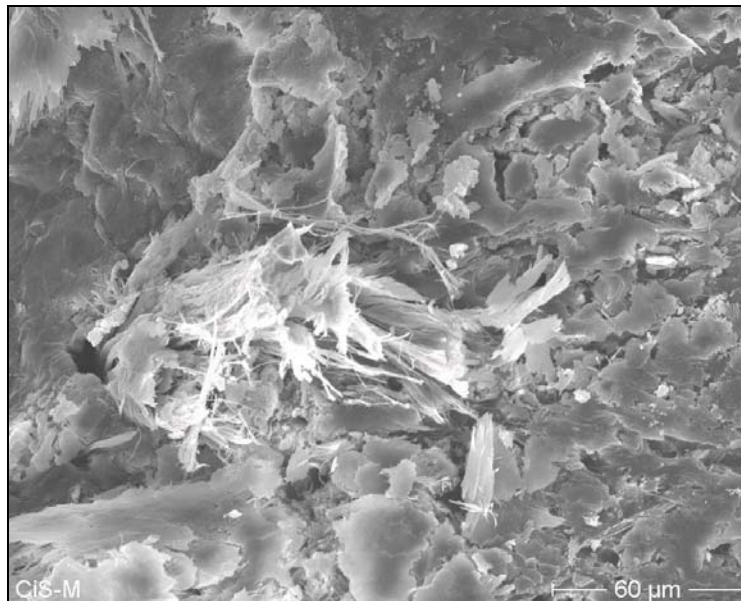


Bild 23: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung Morinol

3.3 Gefährdungspotential

Die Asbestzeugnisse werden entsprechend dem Gefährdungspotential in zwei Hauptgruppen eingeteilt, die sich hinsichtlich der Art der Fasereinbindung in das Bindemittel und der Rohdichte deutlich voneinander unterscheiden.

Danach wird unterschieden zwischen:

- schwach gebundene Asbestprodukte: Rohdichte von $< 1.000 \text{ kg/m}^3$
- fest gebundene Asbestprodukte: Rohdichte von $> 1.400 \text{ kg/m}^3$.

Der Bereich der Asbestprodukte mit einer Rohdichte zwischen 1.000 kg/m^3 und 1.400 kg/m^3 ist als Grenzbereich einzustufen. Für diesen Grenzbereich ist die Einbindung der Asbestfasern in das Bindemittel und damit die Gefahr einer Faserfreisetzung aus dem Produkt das entscheidende Kriterium für die Einordnung als schwach oder festgebundenes Asbestprodukt. Unbekannte Materialien sind hinsichtlich ihrer Eigenschaften (Bindemittel, Faserfreisetzung) zu untersuchen und zu bewerten.

Der asbesthaltige Fugendichtstoff Morinol kann aufgrund seiner festen Asbestfasereinbindung und seiner Rohdichte $> 1.000 \text{ kg/m}^3$ zu den fest gebundenen Asbestprodukten gezählt werden. Die Asbestfasern sind in der polymergebundenen Kunststoffmatrix fest eingeschlossen. Bei festgebundenen Asbestprodukten tritt im Ruhezustand keine oder nur eine geringfügige Faserfreisetzung auf.

Bei einer Verwendung des Fugendichtstoffes im Außenbereich erfolgte durch Umwelteinflüsse (Verwitterung) eine oberflächliche Versprödung. Durch die daraus resultierende nachlassende Bindekraft des Kunststoffes können bei Ausbauarbeiten

Asbestfasern freigesetzt werden. Asbesthaltige Fugendichtstoffe im Ruhezustand weisen keine bzw. nur eine äußerst geringe Faserfreisetzung auf.

Erfolgt der Ausbau des asbesthaltigen Fugendichtstoffes vorschriftsmäßig, besteht für die Bewohner des Gebäudes und Anwohner in unmittelbarer Umgebung keine Gesundheitsgefährdung durch Asbeststäube. Erfolgt der Ausbau im Rahmen einer Gebäudesanierung, im bewohnten Zustand der Gebäude, sind die Fenster und Türen geschlossen zu halten. Öffnungen und evtl. offene Fugen müssen abgeklebt werden. Die Anwohner sind über den Zeitraum der Arbeiten und die durchzuführenden Vorsichtsmaßnahmen (Fenster und Türen während der Arbeiten geschlossen halten, Beräumung von Fensterbänken und Balkonen) zu informieren.

Von den mit dem Ausbau des asbesthaltigen Fugendichtstoffes Beschäftigten sind grundsätzlich Atemschutzmaske P2 und Einweg-Schutzanzug gefordert. Die Fuge ist mit Faserbindemittel vor und nach der Dichtstoffentfernung zu behandeln. Der entstehende Staub ist sofort mit einem baumustergeprüften Industriestaubsauger abzusaugen.

3.4 Entsorgung

3.4.1 Herkömmliche Beseitigung

Asbesthaltige Abfälle müssen nach dem Stand der Technik so vorbehandelt, verpackt, transportiert und abgelagert werden, dass jede Staubbildung sicher verhindert wird. Der asbesthaltige Fugendichtstoff wird am Arbeitsplatz in Gewebe- und Kunststoffsäcke verpackt (Big-Bags), siehe Bild 24. Die Behälter sind mit dem Gefahrstoffaufkleber „Achtung enthält Asbest“ zu kennzeichnen. Die Kennzeichnungspflicht gilt für jede verpackte Einheit. Werden die Verpackungseinheiten in einem Container gesammelt, muss dieser ebenfalls gekennzeichnet werden.



Bild 24: Verschließbarer Baustellencontainer mit gekennzeichneten Kunststoffsäcken [19]



Bild 25: Gefahrstoff-Kennzeichnung

Der Transport der Gefahrstoffbehälter darf nur von Unternehmen mit einer Einsammel- und Transportgenehmigung unter Beachtung des Abfallrechts durchgeführt werden. Die Unternehmen müssen über den Nachweis der Sachkunde nach TRGS 519 verfügen. Das Bild 26 zeigt den ausgebauten asbesthaltigen Gefahrstoff Morinol.



Bild 26: Ausgebauter Fugendichtstoff Morinol

Asbesthaltiger Fugendichtstoff gehört nach dem LAGA Merkblatt (aktualisiert vom 10. Dezember 2001) zu folgendem Abfallschlüssel [51]:

- Abfallschlüssel: 06 13 04
- Bezeichnung: Abfälle aus der Asbestverarbeitung
- Abfallgruppe: asbesthaltige bauchemische Produkte
- Entsorgung: bei überwiegend organischen Bestandteilen thermische Behandlung, sonst gesonderte Ablagerung auf Monodeponien oder Deponien der Klasse I, II.

Asbesthaltige Fugendichtstoffe wurden bis zum 30.05.2005 nicht verwertet bzw. behandelt. Es erfolgte eine Ablagerung auf einer zugelassenen Deponie nach TRGS 519 Abschnitt 13. und LAGA Merkblatt „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ (Stand 1995).

Mit Ablauf der Übergangsfristen der Ablagerungsverordnung (ab dem 01.06.2005), sind fest gebundene, überwiegend organische, asbesthaltige Abfälle in geeigneten, zugelassenen Anlagen thermisch zu behandeln [51]. Nur Abfallstoffe, deren als Glühverlust bestimmte organische Anteile ≤ 10 Masse % betragen, dürfen weiterhin deponiert werden [52]. Die mögliche Entsorgungsart, Deponie oder thermische Behandlung, ist bei asbesthaltigen Fugendichtstoffen abhängig vom Grad der Verunreinigung durch anhaftenden Beton. Der Glühverlust der asbesthaltigen Fugendichtstoffe selbst ist abhängig vom Asbestgehalt und mineralischen Additiven und liegt generell > 70 Masse %, siehe Tabelle 17.

Tabelle 17: Organikanteil Morinoltypen

Asbesthaltiger Fugendichtstoff	Organikanteil [%] nach Herstellerangaben
Typ GH	79,2
Typ G 15/B	79,2
Typ GH weiß	74,3
Typ GH weiß Disp	75,5
Typ F	80,2

Für eine reine Morinolprobe ohne Verunreinigungen wurde der Glühverlust vergleichsweise bestimmt, er lag bei 75,6 Masse %.

Die Ablagerung von asbesthaltigem Fugendichtstoff mit hohem Betonanteil erfolgt auf Monodeponien oder Deponien der Klasse I, II, wenn hier die Ablagerung in einem Deponieabschnitt getrennt von anderen Abfällen erfolgt und die Faserausbreitung verhindert wird. Die Asbestmonodeponie in Caaschwitz bei Gera ist die erste Deponie in der Bundesrepublik Deutschland, die ausschließlich für asbesthaltige Abfälle eingerichtet wurde, siehe Bild 27.



Bild 27: Deponie für die Ablagerung asbesthaltiger Fugendichtstoffe
Die Entsorgungssäcke werden hier mit Schlacke abgedeckt [20]

Ein hoher Sicherheitsstandard und eine spezielle Einlagerungstechnologie gewährleisten, dass ein Entstehen und Freisetzen von asbesthaltigem Feinstaub ausgeschlossen wird. Die Asbestdeponie wurde in einem ausgeerzten Tagebaurestloch nach dem neuesten Stand der Technik angelegt. Sie erfüllt die Anforderungen der TA Siedlungsabfall. Ein hoher Sicherheitsstandard wird durch die Spezialisierung und Ausrichtung auf den Gefahrstoff Asbest und asbesthaltige Erzeugnisse garantiert.

3.4.2 Verwertungsmöglichkeit

Entsprechend dem umweltgerechten Grundsatz „Vermeiden vor Verwerten und Verwerten vor Beseitigen“ geht es darum, für den bei Rückbaumaßnahmen und bei der Sanierung von Plattenbauten anfallenden Fugendichtstoff Morinol alternative Verwertungskonzepte zu entwickeln. Die gegenwärtige Entsorgungspraxis besteht für den asbesthaltigen Fugendichtstoff in der Verbringung auf Deponien. Diese Vorgehensweise befriedigt somit nicht im Hinblick auf den eingangs genannten Grundsatz.

Morinol enthält einen Organikanteil zwischen 60-80 % der Gesamtmasse. Der Heizwert des Organikanteils im Morinol beträgt ca. 14-15 MJ/kg_{Morinol}. Damit entspricht

der Heizwert von Morinol in etwa dem von Altholz (14 MJ/kg) [21]. Es handelt sich somit um ein Material, welches als Sekundärbrennstoff zur energetischen Verwertung genutzt werden könnte. Dabei bietet sich eine Verwertung im Rahmen der Zementherstellung ebenso wie bei der Sondermüllverbrennung an.

Verwertung im Rahmen der Zementherstellung

Eine Verwertung von Morinol im Zementherstellungsprozess, und zwar in der Prozessstufe „Klinkerbrennen“, ist möglich, weil die Reaktionsbedingungen in der Hochtemperaturzone besonders bezüglich Temperatur ($> 1400\text{ °C}$) und Verweilzeit die Gewähr für eine quantitative Zerstörung der kanzerogen wirkenden Asbestfasern bieten. Durch Aufnahme in den Stoffbestand des Zementklinkers ist der Mineralanteil aus dem Morinol vollständig verwertet und unschädlich. Der Kunststoffanteil verbrennt. Aus wirtschaftlicher Sicht ist von Vorteil, dass die thermische Stufe für die stoffliche Modifizierung der Asbestkomponente mit der Ofenanlage bereits existiert; es ist lediglich ein Aufwand bei der Aufbereitung/Zerkleinerung des einzusetzenden Abfalls zu betreiben. Es ist sicherzustellen, dass keine Freisetzung von Asbestfasern erfolgt.

Erhöhte Sauberkeitsanforderungen sind bei einer Verwertung an den ausgebauten Fugendichtstoff zu stellen, d. h. die einzelnen Stücke dürfen nicht nennenswert mit Betonresten behaftet sein.

Zementrohmehl setzt sich aus den Komponenten Kalkstein, Ton und Sand zusammen. Die Hauptoxide der Ausgangsstoffe sind SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO und MgO . Ein Vergleich mit den anorganischen Bestandteilen von Morinol (siehe Tabelle 14) zeigt, dass die Hauptoxide SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 und MgO sind. Alle weiteren Oxide sind in sehr geringen Mengen vorhanden, die keine schädigende Wirkung im Zement verursachen können. Weiterhin ist die Zugabemenge von Morinol im Vergleich zur Zementproduktion sehr gering, so dass kein unerlaubt hoher MgO -Eintrag zu erwarten ist. Um den in den Normen verankerten Grenzwert für MgO im Zement mit Sicherheit zu unterschreiten, wird ein Gesamt- MgO -Gehalt, resultierend aus den Rohstoffen sowie der Morinolzugabe, von maximal 3 % vorgegeben. Bei einer Ofenanlage mit einem üblichen Durchsatz von 2000 ... 2500 t/d Klinker könnten bis 130 ... 160 t/d des Fugendichtstoffes verwertet werden. Diese Mengen werden deutlich unterschritten. Ein Plattenbau Typ P2, 5geschossig, 40 WE enthält ca. 1,93 t Morinol. Aus stofflicher Sicht ist eine Verwertung im Rahmen der Zementherstellung möglich.

Verwertung im Rahmen der Sondermüllverbrennung

Eine Verwertung von Morinol im Rahmen der Müllverbrennung ist möglich, wenn Temperaturen $> 1400\text{ °C}$ und entsprechenden Verweilzeiten des Aufgabegutes im Ofen erreicht werden, die eine Zerstörung der Asbestfasern gewährleisten. Die verbleibende Schlacke wird auf Deponien entsorgt. Die Anlieferung des Fugendichtstoffes hat so zu erfolgen, dass eine Freisetzung von Asbestfasern ausgeschlossen ist. Eine Aufbereitung ist nicht erforderlich, die Kunststoffsäcke könnten ohne Öffnen dem Ofen zugeführt werden. Zu beachten sind ebenfalls die Sauberkeitsanforderungen an den Fugendichtstoff, der nur einen geringen Anteil Beton enthalten darf.

4 Rechtliche und arbeitsschutzrechtliche Rahmenbedingungen für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtungen

Der Fugendichtstoff Morinol wird aufgrund seiner festen Asbestfasereinbindung in der Kunststoffmatrix und seiner Rohdichte $> 1.000 \text{ kg/m}^3$ zu den fest gebundenen Asbestprodukten gezählt. Entsprechend der Einstufung „fest gebunden“ sind verschiedene Verordnungen und Richtlinien beim Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtstoffen zu berücksichtigen.

4.1 Verordnungen und Richtlinien

4.1.1 EG-Richtlinien

Die EG-Richtlinien bilden die Grundlage für viele Formulierungen in den weiterführenden Vorschriften der Bundesrepublik Deutschland. Sie sind durch entsprechende Verordnungen und Richtlinien in nationales Recht umgesetzt worden.

Für den Umgang mit dem Fugendichtstoff Morinol ist die Richtlinie 83/477/EWG relevant. Sie wurde aktualisiert durch 91/382/EWG v. 25.06.1991, 98/24/EG v. 07.04.1998 und 2003/18/EG v. 15.04.2003.

83/477/EWG Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Asbest am Arbeitsplatz

Die Richtlinie beinhaltet speziell den Schutz der Arbeitnehmer gegen Asbest am Arbeitsplatz. Sie gilt für Tätigkeiten, bei denen die Arbeitnehmer bei ihrer Arbeit Asbeststaub oder Staub von asbesthaltigen Materialien ausgesetzt sind oder ausgesetzt sein können. Insbesondere enthält sie die Definition der so genannten kritischen Faser ($L > 5 \mu\text{m}$, $D < 3 \mu\text{m}$, $L:D \geq 3:1$). Diese Werte sind international festgeschrieben. Weiterhin enthält die Richtlinie die Forderung nach Messungen am Arbeitsplatz und die Forderung nach Einschränkung der Asbestfaserexposition:

- Die jeweils eingesetzte Asbestmenge ist auf die geringste in der Praxis vertretbare Menge zu beschränken. Die Anzahl der Arbeitnehmer, die Asbeststaub oder Staub von asbesthaltigen Materialien ausgesetzt sind oder sein können, ist so weit wie möglich einzuschränken.
- Die Arbeitsverfahren sind grundsätzlich so zu gestalten, dass kein Asbeststaub in die Luft freigesetzt wird. Ist dies in der Praxis mit vertretbaren Mitteln nicht erreichbar, so ist der Asbeststaub so nahe wie möglich an seiner Austrittsstelle zu beseitigen.
- Asbest ist in geeigneten, geschlossenen Behältern mit Kennzeichnung aufzubewahren und zu transportieren.

Bei einer Überschreitung festgelegter Grenzwerte sind Atemschutz, Schutzanzüge und andere Schutzmaßnahmen, wie z. B. Stiefel, Handschuhe etc. und das Aufstellen von Warnschildern vorgeschrieben. Die EG-Richtlinie enthält die Forderung für den Arbeitgeber, die Tätigkeiten der zuständigen Behörde des Mitgliedstaates mitzu-

teilen und bei Abbrucharbeiten oder Entfernen von asbesthaltigen Materialien einen Arbeitsplan aufzustellen. Für jede Tätigkeit sind abgegrenzte Arbeitsbereiche, Zutrittskontrollen und Rauch-, Ess- und Trinkverbote im Arbeitsbereich vorgeschrieben.

Durch die späteren Richtlinien von 1991 und 2003 wurden die Grenzwerte für die arbeitsbedingte Asbestexposition gesenkt (Tabelle 18). Der gegenwärtig gültige Grenzwert liegt bei 100.000 F/m³.

Tabelle 18: Entwicklung der Grenzwerte für Asbestfaserexposition nach den Vorgaben der EU

Jahr 1983 Richtlinie 83/477/EWG	Jahr 1991 Richtlinie 91/382/EWG	Jahr 2003 Richtlinie 2003/18/EG
Artikel 8 a) Konzentration von Asbestfasern, mit Ausnahme von Krokydololith, in der Luft am Arbeitsplatz: 1,00 Fasern je cm ³ , gemessen oder berechnet für eine Referenzzeit von 8 Stunden. (= 1.000.000 F/m ³) b) Konzentration von Krokydolithfasern in der Luft am Arbeitsplatz: 0,50 Fasern je cm ³ , gemessen oder berechnet für eine Referenzzeit von 8 Stunden. c) Konzentration von Asbestfasern in der Luft am Arbeitsplatz bei einer Mischung von Krokydololith mit anderen Asbestfasern: Der Grenzwert wird anhand der Grenzwerte nach den Buchstaben a) und b) ermittelt, wobei der Krokydolithanteil und der Anteil der übrigen Asbestarten in der Mischung berücksichtigt werden. [53]	Artikel 8 a) Konzentration von Chrysotil-Fasern in der Luft am Arbeitsplatz: 0,6 Fasern je cm ³ , gemessen oder berechnet für eine Referenzzeit von 8 Stunden. (= 600.000 F/m ³) b) Konzentration von Fasern aller sonstigen Asbestarten, allein oder in Gemischen einschließlich chrysotilhaltiger Gemische in der Luft am Arbeitsplatz: 0,3 Fasern je cm ³ , gemessen oder berechnet für eine Referenzzeit von 8 Stunden. [54]	Artikel 8 Der Arbeitgeber muss sicherstellen, dass kein Arbeitnehmer einer Asbestfaserkonzentration in der Luft von mehr als 0,1 Fasern pro cm ³ ausgesetzt wird, berechnet als gewichteter Mittelwert für einen Referenzzeitraum von 8 Stunden. [55] (=100.000 F/m ³)

In den Mitgliedsstaaten der EU besteht die Pflicht zur Umsetzung der Richtlinie 2003/18/EG zum 15.04.2006.

4.1.2 Nationale Verordnungen und Richtlinien

Im Artikel 2 des Grundgesetzes der Bundesrepublik Deutschland ist der Arbeitsschutz mit dem Grundrecht eines jeden Menschen auf Leben und körperliche Unversehrtheit verankert. Der Arbeitsschutz ist die Summe aller Maßnahmen zum Schutz von Leben und Gesundheit der Arbeitnehmer und zur Gewährleistung zeitgemäßer sozial-hygienischer Arbeitsverhältnisse [23][62].

4.1.2.1 Bauordnungsrecht

Ein Eigentümer von Wohngebäuden mit asbesthaltiger Fugendichtung ist als Bauherr grundsätzlich der Landesbauordnung verpflichtet. Nach § 3 der Musterbauordnung [56] sind als grundsätzliche Rechtspflicht die allgemeinen Anforderungen, die an bauliche Anlagen gestellt werden, zu erfüllen. Danach sind bauliche Anlagen so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instandzuhalten, dass die öffentliche Sicherheit oder Ordnung, insbesondere Leben, Gesundheit oder die natürlichen Lebensgrundlagen nicht gefährdet werden. Die Kontrolle des Gefährdungspotentials erfolgt durch die Bauaufsichtsbehörden.

Auf Basis des § 3 der Musterbauordnung erfolgte die bauaufsichtliche Einführung der Richtlinie für die Bewertung und Sanierung schwachgebundener Asbestprodukte in Gebäuden (Asbest-Richtlinie). Sie gilt als allgemein anerkannte Regel der Technik und ist für schwachgebundene Asbestprodukte anzuwenden. Festgebundene Asbestprodukte fallen nicht in den Geltungsbereich der Asbest-Richtlinie.

4.1.2.2 Gefahrstoffverordnung

Die Gefahrstoffverordnung basiert im Wesentlichen auf dem Chemikaliengesetz und soll sowohl den Menschen durch besondere Regelungen vor arbeitsbedingten und sonstigen Gesundheitsgefahren als auch die Umwelt vor stoffbedingten Schädigungen schützen [23]. Beim hierbei geregelten Verwendungsverbot für Asbestprodukte werden die Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten von Bauwerken sowie die Abfallentsorgung ausgenommen.

Die Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung –GefStoffV) vom 23. Dezember 2004 enthält Regelungen zum Umgang mit Asbest [57]. Die Gefährdung der Gesundheit und der Sicherheit der Beschäftigten bei Tätigkeiten mit Gefahrstoffen ist durch entsprechende Maßnahmen zu beseitigen oder auf ein Minimum zu reduzieren. Geeignete Arbeitsmethoden und Verfahren, welche die Gesundheit und Sicherheit der Beschäftigten nicht beeinträchtigen, einschließlich Vorkehrungen für die sichere Handhabung, Lagerung und Beförderung von Gefahrstoffen und von Abfällen, die Gefahrstoffe enthalten, sind anzuwenden. Maschinen und Geräte sind so auszuwählen, dass möglichst wenig Staub freigesetzt wird.

Bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, bei denen die Möglichkeit einer beträchtlichen Exposition der Beschäftigten durch krebserzeugende Gefahrstoffe der Kategorie 1 oder 2 vorherzusehen ist, müssen den Beschäftigten Schutzkleidung und Atemschutzgeräte zur Verfügung gestellt werden, die sie während der gesamten Dauer der erhöhten Exposition tragen müssen. Dies darf nur von

begrenzter Dauer sein und ist für jeden Beschäftigten auf das unbedingte Mindestmaß zu beschränken. Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten eine schriftliche Betriebsanweisung, die der Gefährdungsbeurteilung Rechnung trägt, zu erteilen. Zu den Gefahrstoffen der Kategorie 1 (K 1) gehören Gefahrstoffe, deren Kanzerogenität durch positive Befunde aus epidemiologischen Untersuchungen nachgewiesen wurde. In die Kategorie 2 (K 2) werden Gefahrstoffe eingeordnet, bei denen positive Befunde aus Inhalationsversuchen oder verschiedenen Verabreichungsformen vorliegen.

Der Ausschuss für Gefahrstoffe beim Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung legt den Arbeitsplatzgrenzwert fest. Durch die neue Gefahrstoffverordnung ist das MAK/TRK- Konzept (Maximale Arbeitsplatzkonzentration/Technische Richtkonzentration) außer Kraft gesetzt. Bis neue Arbeitsplatzgrenzwerte festgelegt worden sind, entsprechen die TRGS 519 für Asbest und die TRGS 521 für Faserstäube dem Stand der Technik und sind anzuwenden.

4.1.2.3 Technische Regeln für Gefahrstoffe (TRGS)

Die Technischen Regeln für Gefahrstoffe geben den Stand der sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen, hygienischen sowie arbeitswissenschaftlichen Anforderungen an Gefahrstoffe hinsichtlich Inverkehrbringen und Umgang wieder. Sie werden vom Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung, Ausschuss für Gefahrstoffe aufgestellt und von ihm dem Stand der Technik entsprechend angepasst. Für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtstoffen sind die folgenden Technischen Regeln für Gefahrstoffe anzuwenden:

- TRGS 519 Asbest
- TRGS 521 Faserstäube
- TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte
- TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe.

TRGS 519 Asbest

Die TRGS 519 Asbest [58] enthält besondere Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Asbest und asbesthaltigen Gefahrstoffen bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten (ASI-Arbeiten) und bei der Abfallentsorgung. Für ASI-Arbeiten werden alle Schutzmaßnahmen nach der Gefahrstoffverordnung gefordert. Weiterhin ist für den Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen der Nachweis der Sachkunde erforderlich. Ausnahmen werden zugelassen, wenn Ermittlungen ergeben haben, dass es sich um Arbeiten mit geringer Exposition oder um Arbeiten geringen Umfangs handelt. Diese Kriterien sind wie folgt definiert:

Arbeiten mit geringer Exposition:

Solche liegen dann vor, wenn die Asbestfaserkonzentration von 15.000 F/m³ Atemluft am Arbeitsplatz unterschritten wird. Wird dies nach vorgegebenen Kriterien nachgewiesen, können die Schutzmaßnahmen im Sinne einer Gefah-

renbaustelle entfallen. Der Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe zählt zu den Arbeiten mit geringer Fasereexposition.

Arbeiten geringen Umfangs:

Hierbei darf die Arbeitsdauer der Gesamtmaßnahme bei der Beschäftigung von nicht mehr als 2 Arbeitnehmern 4 Stunden nicht überschreiten, wobei eine Asbestfaserkonzentration von 150.000 F/m^3 unterschritten werden muss.

Der Unternehmer ist nach der TRGS 519 [58] verpflichtet, den Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen unverzüglich, spätestens 14 Tage vor Beginn der Arbeiten, anzuzeigen. Mit der Anzeige ist bei Abbruch- und Sanierungsmaßnahmen der Arbeitsplan vorzulegen. Den betroffenen Arbeitnehmern ist ein Abdruck der Anzeige zur Kenntnis zu geben. Der Arbeitgeber hat eine arbeitsbereichs- und stoffbezogene Betriebsanweisung zu erstellen, in der auf die mit dem Umgang mit Gefahrstoffen verbundenen Gefahren für Mensch und Umwelt hingewiesen wird sowie die erforderlichen Schutzmaßnahmen und Verhaltensregeln festgelegt werden. Jeder Betrieb, der Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten durchführt oder asbesthaltige Abfälle entsorgt, muss über einen sachkundigen Verantwortlichen verfügen und hat einen Aufsichtsführenden schriftlich zu beauftragen. Vor dem Beginn von Abbrucharbeiten sind asbesthaltige Produkte nach dem Stand der Technik zu entfernen und geordnet zu beseitigen. Bei Sanierungsarbeiten sind vor dem Beginn der Arbeiten asbesthaltige Produkte, soweit notwendig, zu entfernen sowie geordnet zu beseitigen. Das Arbeitsverfahren ist so zu gestalten, dass Asbestfasern nicht frei werden, soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist. Der Arbeitgeber hat wirksame und hinsichtlich ihrer Trageigenschaft geeignete persönliche Schutzausrüstungen zur Verfügung zu stellen und diese in gebrauchsfähigem, hygienisch einwandfreiem Zustand zu halten. Das Tragen von Atemschutz darf keine ständige Maßnahme sein (Tragzeitbegrenzung BGR 190).

Beim Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe sind neben der Asbestfaseremission Emissionen „Sonstiger anorganischer Fasern“ und Staubemissionen (Betonstaub) vorhanden. Die anorganischen Faserstäube sind in die Kategorie für krebserzeugende Stoffe eingruppiert. Es sind die Technischen Regeln für Gefahrstoffe TRGS 521 und TRGS 900 einzuhalten.

TRGS 521 Faserstäube

Die TRGS 521 Faserstäube enthält im Teil 1 Schutzmaßnahmen für den Umgang mit Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, die anorganische Faserstäube freisetzen können oder zu einer faserbedingten Einwirkung auf die Haut, die Augen und die oberen Atemwege führen können. Dieser Teil beschreibt die anzuwendenden Grundsätze der Arbeitshygiene sowie besondere Schutzmaßnahmen für krebserverdächtige (Kategorie 3) oder krebserzeugende (Kategorie 2) Faserstäube. Entsprechend Teil 1 der TRGS 521 sind Faserstäube Stäube, die künstliche oder natürliche anorganische Mineralfasern außer Asbest mit einer Länge größer $5 \mu\text{m}$, einem Durchmesser kleiner $3 \mu\text{m}$ und einem Länge-zu-Durchmesser-Verhältnis größer 3 zu 1 enthalten und damit als lungengängig angesehen werden (WHO-Fasern). Soweit dies nach dem Stand der Technik möglich ist, dürfen krebserverdächtige und krebserzeugende Faserstäube nicht freigesetzt werden. Insbesondere ist sicherzustellen,

dass Arbeitsverfahren sowie Geräte und Maschinen entsprechend ausgewählt und beschaffen sind. Die verwendeten Werkzeuge und Maschinen müssen eine staubarme Bearbeitung gewährleisten. Der Arbeitgeber hat geeignete Atemschutzgeräte und Schutzanzüge zur Verfügung zu stellen, wenn die Einhaltung der Luftgrenzwerte nach TRGS 900 nicht gewährleistet ist oder Tätigkeiten mit biopersistenten künstlichen Mineralfasern durchgeführt werden.

Der Teil 2 gilt für den Umgang mit Stoffen, Zubereitungen und Erzeugnissen, wenn organische Faserstäube entstehen oder freigesetzt werden. Er enthält allgemeine Grundsätze der Arbeitshygiene [59].

TRGS 900 Arbeitsplatzgrenzwerte

Nach der Gefahrstoffverordnung ist der Arbeitsplatzgrenzwert der Grenzwert für die zeitlich gewichtete durchschnittliche Konzentration eines Stoffes in der Luft am Arbeitsplatz in Bezug auf einen gegebenen Referenzzeitraum. Er gibt an, bei welcher Konzentration eines Stoffes akute oder chronische schädliche Auswirkungen auf die Gesundheit im Allgemeinen nicht zu erwarten sind. Arbeitsplatzgrenzwerte sind Schichtmittelwerte bei in der Regel täglich achtstündiger Exposition an 5 Tagen pro Woche während der Lebensarbeitszeit. Zur Beurteilung der Gesundheitsgefahren durch Schwebstoffe sind nicht nur die spezielle gefährliche Wirkung der einzelnen Stoffe, die Konzentration und die Expositionszeit, sondern auch die Partikelgestalt zu berücksichtigen.

Von den gesamten im Atembereich eines Beschäftigten vorhandenen Schwebstoffen wird lediglich ein Teil eingeatmet. Er wird als einatembarer Anteil bezeichnet und in der Grenzwertliste mit einem „E“ gekennzeichnet. Der alveolengängige Anteil des einatembaren Anteils wird messtechnisch als alveolengängige Fraktion erfasst. Arbeitsplatzgrenzwerte, die sich auf diese Fraktion beziehen, sind in der Grenzwertliste mit einem nachgestellten „A“ gekennzeichnet.

Der allgemeine Staubgrenzwert beträgt für die einatembare Fraktion 10 mg/m^3 und für die alveolengängige Fraktion 3 mg/m^3 [60].

TRGS 905 Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe

Diese TRGS enthält ein Verzeichnis von Stoffen, die auf der Grundlage gesicherter wissenschaftlicher Erkenntnisse als krebserzeugend, erbgutverändernd oder fortpflanzungsgefährdend der Kategorien 1, 2 oder 3 eingestuft wurden [61]. Sie gilt für anorganische Faserstäube (Glas, Stein, Schlacke, Keramik) entsprechend der WHO-Faser-Definition, ausgenommen Asbest.

Nach TRGS 905 Punkt 2.3, Absatz 1 (WHO-Fasern), und TRGS 900- Grenzwerte in der Luft am Arbeitsplatz „Luftgrenzwerte“, ergibt sich ein Grenzwert (TRK) von $250.000 \text{ Fasern/m}^3$. Dieser Grenzwert ist bis zu seiner Änderung als Stand der Technik anzusehen.

4.1.2.4 Regelwerke und Vorschriften der Berufsgenossenschaften

Vom Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften werden die Unfallverhütungsvorschriften (UVV) herausgegeben. Die Arbeitgeber sind zur Einhaltung der Unfallverhütungsvorschriften verpflichtet. Neben den Unfallverhütungsvorschriften gibt es weiterhin Merkblätter der Bauberufsgenossenschaften (ZH), herausgegeben von der Zentralstelle für Unfallverhütung und Arbeitsmedizin.

Die wichtigsten Unfallverhütungsvorschriften für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtstoffen sind:

- BGV A1 Allgemeine Vorschriften
- BGV C 22 Bauarbeiten
- BGV A 4 Arbeitsmedizinische Vorsorge
- BGV B 1 Umgang mit Gefahrstoffen
- BGV A 8 Sicherheits- u. Gesundheitsschutzkennzeichnung am Arbeitsplatz
- BGI 651 Umgang mit Mehrzweckleitern
- BGI 665 Abbrucharbeiten
- BGI 693 Zertifizierte Atemschutzgeräte
- BGR 189 Einsatz von Schutzkleidung
- BGR 190 Einsatz von Atemschutzgeräten
- BGR 191 Einsatz von Fußschutz
- BGR 195 Einsatz von Schutzhandschuhen.

4.2 Umsetzung der Arbeits- und Gesundheitsschutzanforderungen

4.2.1 Anforderungen an persönliche Schutzausrüstungen

Bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, verbunden mit dem Gefahrstoff Asbest, hat die „Persönliche Schutzausrüstung“ absolute Priorität. Aufgrund der Lungengängigkeit der Asbestfasern kommt dem Atemschutz als wichtigstem Schutzfaktor besondere Bedeutung zu. Vom Arbeitgeber ist die geeignete Schutzausrüstung zur Verfügung zu stellen und in gebrauchsfähigem Zustand zu halten. Folgende Atemschutzgeräte sind entsprechend der TRGS 519 [58] in Abhängigkeit der Asbestfaserkonzentration für die jeweiligen Arbeiten geeignet:

- bei Asbestfaserkonzentrationen im Arbeitsbereich bis zu 150.000 F/m^3 , Arbeiten geringen Umfangs, Probenahmen
 - Halb-/Viertelmasken mit P2-Filter,
 - partikelfiltrierende Halbmasken FFP2
 - Masken mit Gebläse und Partikelfilter TM1P
- bei Arbeiten mit höherer Faserkonzentration
 - Vollmasken mit Partikelfilter P3
 - nach Möglichkeit Masken TM3P mit Gebläseunterstützung
- bei Arbeiten mit Asbestfaserkonzentrationen größer als $6.000.000 \text{ F/m}^3$
 - Isoliergeräte mit Vollmaske und Mundstücksgarnitur.

Das Tragen von Atemschutz erfolgt in einem vorgeschriebenen Zeitregime von 2 Stunden Arbeitszeit und 0,5 Stunden Erholungszeit.

Der Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe zählt zu den Arbeiten mit geringer Faserexposition, die Asbestfaserkonzentration von 15.000 F/m³ Atemluft am Arbeitsplatz wird unterschritten (Messungen durch CIS-Institut [27]). Entsprechend dem Gefährdungsgrad ist die „Persönliche Schutzausrüstung“ auszuwählen. Sie beinhaltet für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe:

- Halb-/Viertelmasken mit P2-Filter
- Einweg- oder Mehrwegschutzanzug
- Kopfschutz
- Fußschutz
- ggf. Handschutz.



Bild 28: P2-Atemschutzmaske, Einwegschutzanzug

Das Bild 28 zeigt eine Arbeitskraft mit angelegtem Einwegschutzanzug und P2-Atemschutzmaske. Insbesondere ist auf den vorschriftsmäßigen Atemschutz zu achten.

4.2.2 Umsetzen der Gesetzlichen Vorschriften in Arbeitsanleitung

Nachfolgend wird für das gegenwärtig angewendete Verfahren „Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel“, anhand der gesetzlichen Vorschriften [16], [23], [42] und den vorliegenden Untersuchungsergebnissen, eine Arbeitsanleitung entwickelt. Die Tabelle 19 und Bild 29 geben einen Überblick über den erforderlichen Vorbereitungs- und Arbeitsablauf.

Tabelle 19: Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel

Arbeitsanleitung: Ausstemmen des Fugendichtstoffes	
Vorbereitende Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Nachweis der Sachkunde • Anzeige an das Gewerbeaufsichtsamt und die Berufsgenossenschaft • Aufstellen eines Arbeitsplanes, Festlegung des Bereiches zur Ablagerung • Erstellen einer Betriebsanweisung • Benennen eines sachkundigen Verantwortlichen für Leitung der Planung und Ausführung der Arbeiten • Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen • Durchführung einer Arbeitsschutzbelehrung mit Unterschriftsleistung
Vorbereitende Arbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Bereitstellen der Baustelleneinrichtung: Bauzaun, Beschilderung „Achtung Asbest“ und „Baustelle Betreten Verboten“, WC-Container, Büro/Material-Container, abschließbarer Container als Zwischenlager für asbesthaltigen Baustoff • Aufstellen und Prüfen des Baugerüsts bzw. Einrichten der Arbeitsbühne • Auslegen von Folien an den Außenwänden, zum Auffangen von Bruchstücken • Bereitstellen von Industriestaubsaugern für Asbest • Bereitstellen von Arbeitsmitteln zur Fugendemontage-Elektrohammer mit Breitmeißel, • Bereitstellen von verschließbaren Behältern, z.B. Gewebe- und Kunststoffsäcke zur Gefahrstoffverpackung, Industrieklebeband, Gefahrstoffaufkleber „Achtung enthält Asbest“ • Bereitstellen von Einweg- oder Mehrwegschutzanzug, Atemschutzmaske P2 für die Arbeitskräfte • Bereitstellen von Restfaserbindemittel mit Sprühgerät oder Pinsel • Bereitstellen von mit Spülmittel entspanntem Wasser
Hauptarbeiten	<ul style="list-style-type: none"> • Nässen des Fugendichtstoffes Morinol mit entspanntem Wasser • Herausarbeiten des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel durch Trennen des Dichtstoffes von der Betonhinterfüllung – von oben ausstemmen und aushebeln • Verpacken des Fugendichtstoffes sofort nach dem Entfernen in die auf der Rüstung bereitgestellten Gewebesäcke • Absaugen der Fugen und des unmittelbaren Arbeitsbereiches mit Industriesauger zur Entfernung der freigelegten Asbestfasern • Einsprühen des Fugenraumes mit Faserbindemittel • Verschließen der gefüllten Gewebesäcke und in Foliensäcke mit Kennzeichnung verpacken, mit Klebeband verschließen • Beräumen der Baustelle vor jeder Maskenpause von groben Bruchstücken • Ablagern von Arbeitsmitteln und Schutzkleidung beim Verlassen des Sanierungsbereiches innerhalb des Sanierungsbereiches • Reinigen des Arbeitsbereiches nach der täglichen Arbeitsbeendigung • Ablagern aller Arbeitsmittel und Asbestverpackungen in gesonderten Bereichen innerhalb des Sanierungsbereiches
Gefahrstoffentsorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Zwischenlagern der verpackten asbesthaltigen Baustoffe in separat abschließbaren Material- oder Sperrmüllcontainern • Übergeben der Gefahrstoffbehälter an zugelassene Entsorgungsunternehmen • Ablagern auf zugelassenen Deponien • Nachweis der Entsorgung durch Auftragnehmer - Begleitschein

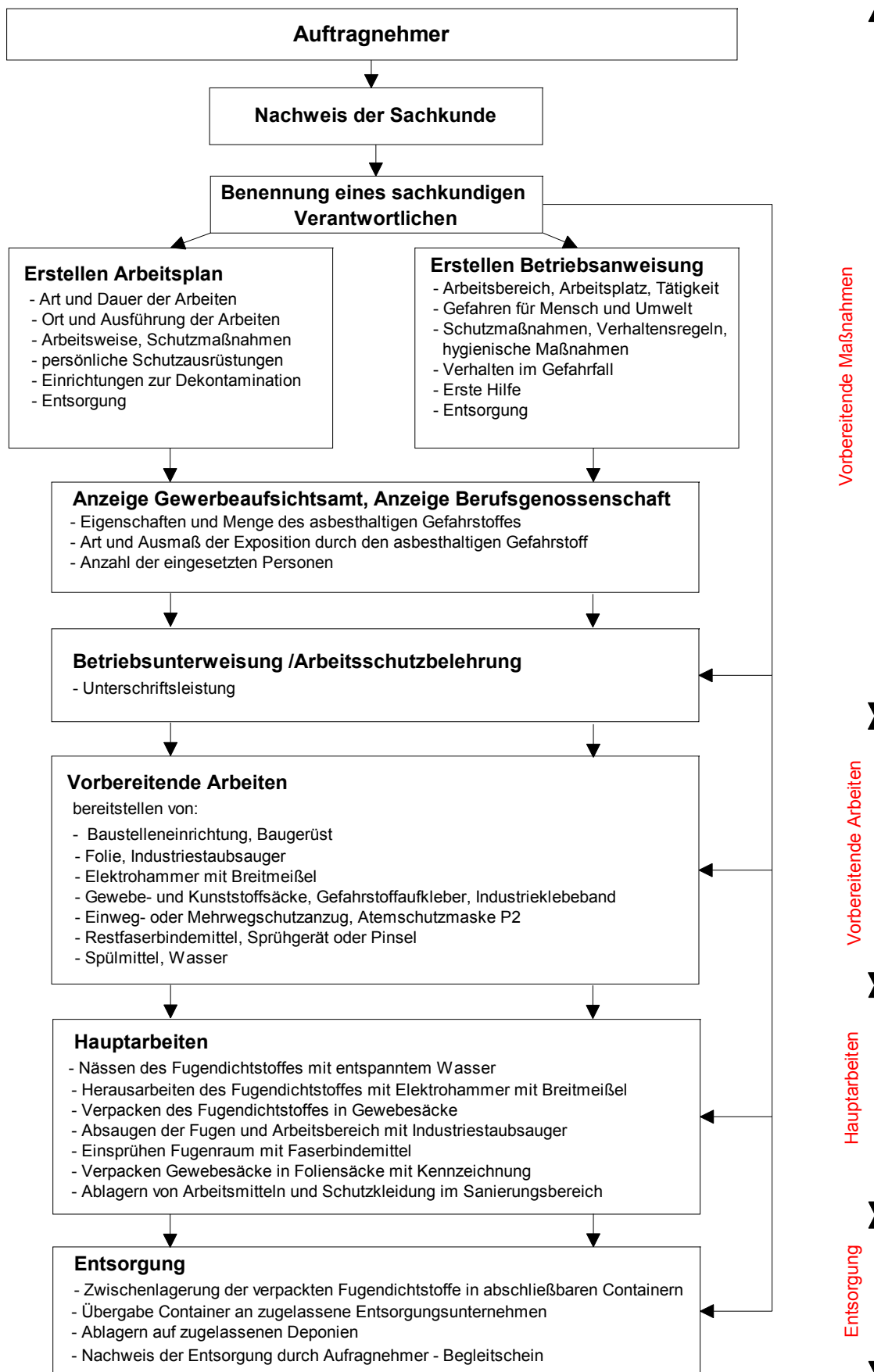


Bild 29: Ablaufschema Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe

Für die Arbeitsaufgabe „Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe“ sollten die Arbeiten analog dem Ablaufschema geplant und ausgeführt werden.

5 Gegenwärtig verfügbare Arbeitsverfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe

5.1 Untersuchung bestehender Techniken

Zur Erfassung der derzeit angewendeten Ausbautechniken für asbesthaltige Fugendichtstoffe wurden die Ausbauprozesse unterschiedlicher Unternehmen an mehreren Standorten in den Neuen Bundesländern untersucht. Einen Überblick gibt die Tabelle 20. Insgesamt wurden 25 Objekte, die von 8 Unternehmen bearbeitet wurden, hinsichtlich der Ausbautechniken analysiert.

Tabelle 20: Ausgewertete Unternehmen

Unternehmen	Objekt
KTW Kunststoff-Technik GmbH Weimar Magdalaer Str. 102 a 99441 Mellingen	<ul style="list-style-type: none"> - Nohra, LEG-Gelände Südhorst - Erfurt, Vilniuser Str. - Erfurt, Körner Str. - Erfurt, Alfred-Delph-Ring - Waltershausen, Clara-Zettkin-Str. - Berlin-Marzahn, Oberweißbacher Str. - Apolda, Ernst-Thälmann-Ring
Palme & Rätz Abbruch & Recycling Einsteinstr. 127 06785 Oranienbaum	<ul style="list-style-type: none"> - Dessau, Steenische Str.
SIS Sächsischer Industrieservice Scholz Robert-Seidel-Weg 28 08451 Crimmitschau	<ul style="list-style-type: none"> - Gera, Zeulsdorferstr. - Gera, Petzoldstr.
Naturhaus-Dervenich An den Linden 38a 99444 Blankenhain OT Niedersynderstedt	<ul style="list-style-type: none"> - Jena, Kastanien-Allee - Weimar, Staufenberg-Allee
Reimann Spezialentsorgung GmbH Schöne Aussicht 15 99869 Seebergen	<ul style="list-style-type: none"> - Jena, Kastanien-Allee - Jena, Erlanger-Allee - Weimar, Staufenberg Allee - Magdeburg, Herrenkrugstr.
CARUSO Umweltservice GmbH Hauptstraße 33 04463 Gropösna	<ul style="list-style-type: none"> - Erfurt, Körnerstr. - Erfurt, Györer Str. - Erfurt, Hanoier Str. - Gera, Weidenstr.
Brandt GmbH Mannstedter Str. 179 a 99628 Guthmannshausen	<ul style="list-style-type: none"> - Jena, Ebereschenstr.
ZERRENNER GmbH Ilmenauer Str. 99448 Kranichfeld	<ul style="list-style-type: none"> - Sömmerda, Mainzer Str. - Erfurt, Justus-Kaiser-Ring - Erfurt, Herrmann-Brill Str. - Dresden, Eugen-Hoffmann Str.

Bei der Untersuchung konnte im Ergebnis festgestellt werden, dass ausschließlich das Arbeitsverfahren "Ausstemmen" zum Ausbau der Fugendichtstoffe angewendet wird. Als Werkzeug werden Meißel in Verbindung mit geeigneten Schlagwerkzeugen eingesetzt. Die Palette der Kombinationen reicht vom Einsatz von Hammer und Meißel bis zur Verwendung von elektrisch bzw. elektropneumatisch betriebenen Bohrhämmern kombiniert mit unterschiedlichen Meißeln. Das hauptsächlich angewendete Verfahren ist das Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit

Breitmeißel. Bei diesen Maschinen steht der schlagende Energieeintrag in den Baustoff/Untergrund zum Lösen von Material im Vordergrund.

Bei den analysierten Ausbauverfahren wird der asbesthaltige Fugendichtstoff in Abhängigkeit der Fugenausführung von den Fugenflanken bzw. der Beton am Fugenrand abgestemmt, wobei grundsätzlich im Beton gestemmt wird. Bei geraden Fugenflanken und bei Fugenflanken mit Aussparungen ist das Abstemmen an der Fugenflanke möglich, bei konischen Fugenflanken und bei Fugen an Loggiaplatten muss der Beton abgestemmt werden. Parallel zum Stemmen wird der Kunststoff durch Zugkraft gelockert und aus der Fuge herausgehoben. Bei den am Gebäude vorhandenen Vertikalfugen wird immer von oben nach unten gearbeitet (Ausnutzung der Schwerkraft). Die entfernten Morinolstränge mit anhaftendem Beton einschließlich Dichtstrick werden in bereitgestellten Gewebe- und Kunststoffsäcken verpackt und auf einer zugelassenen Deponie entsorgt.

Bild 30 und Bild 31 zeigen das gegenwärtig bevorzugt angewendete Verfahren - Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel.



Bild 30: Ausstemmen des Fugendichtstoffes



Bild 31: Gemeinsamer Ausbau von Fugendichtstoff und Dichtstrick

5.2 Bewertung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faseremissionen, Lärmbelastung

5.2.1 Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeit des Gesamtverfahrens für den Rückbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe resultiert hauptsächlich aus folgenden Faktoren:

- Kosten für die technische Ausrüstung (Gerüst, Hängebühne, Hubbühne) zur Arbeitsplatzeinrichtung an der Gebäudefassade (Mietpreis, Kaufpreis, Aufstellzeit/Umsetzungszeit, Standzeit),
- Arbeitszeitaufwand zum Entfernen des Fugenkittes (Zeit/lfm Fuge) - abhängig von der Fugenbeschaffenheit und den Morinoleigenschaften, der Art des Arbeitsmittels, Routine der ausführenden Arbeitskraft,
- Deponiekosten für die Beseitigung des Gefahrstoffes.

Kosten der technischen Ausrüstung

Als technische Ausrüstungen im Fassadenbereich kommen von den ausführenden Unternehmen verschiedene Lösungen zum Einsatz wie:

- Einrüsten der kompletten Fassade
- Hängerüstungen
- Hubbühnen.

Die durchgeführten Untersuchungen haben gezeigt, dass die Kosten für die technischen Ausrüstungen zum Erreichen des Arbeitsplatzes „Außenfassade“ einen relativ großen Anteil der Gesamtkosten einnehmen.

Die Auswahl der technischen Ausrüstung und damit verbundene Kostenfaktoren sind abhängig von der jeweiligen Bauaufgabe und nach Tabelle 21 zu prüfen. Die technischen Ausrüstungen unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Aufnahmekapazität der Arbeitskräfte, Standzeit, Umsetzungszeit, Bodenfreiheit, Etagenwechsel, Ergonomie und der notwendigen Windsicherung.

Die Tabelle 22 zeigt die verschiedenen technischen Ausrüstungen im Praxiseinsatz.

Tabelle 21: Übersicht über Kosten und Leistungsfähigkeit technischer Ausrüstungen

Leistung	spez. Kosten (netto)	Vorteile	Nachteile
Arbeitsgerüst	3,00-4,50 €/m ² Fassade Mindeststandzeitkosten für 4 Wochen, Standzeitverlängerung 0,40 €/m ² / Woche	<ul style="list-style-type: none"> - paralleler Einsatz vieler Arbeitskräfte ist möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - nur wirtschaftlich, wenn lange Standzeit erforderlich ist bspw. für Fassaden-sanierung/ Wärmedämmung/ Farbgebung + zusätzlich Fugensanierung - Etagenwechsel notwendig, begrenzte Anzahl von Leitergängen vorhanden - ungünstige Ergonomie bei Arbeiten über Kopf und im Knien
Hängebühne	1,50-2,00 €/m ² Fassade	<ul style="list-style-type: none"> - Hängebühne ist unabhängig von der Befahrbarkeit der angrenzenden Flächen, wird auf dem Dach verfahren - Gebäudebefahrung mit wenig Bühnentechnik - günstige Ergonomie durch Anpassung der Arbeitshöhe - vorteilhaft, wenn das Gerüst nur für die Fugen benötigt wird 	<ul style="list-style-type: none"> - Aufnahme von max. 3 Arbeitskräften - Umsetzungszeiten erforderlich - bei Wind zusätzliche Sicherung durch Gerüstösen notwendig - zusätzliche Sicherung bei hohen Fassaden ab 75 m
Hubbühne	2,50-3,00 €/m ² Fassade	<ul style="list-style-type: none"> - vorteilhaft für kleine Flächen bspw. Giebel - günstige Ergonomie durch Anpassung der Arbeitshöhe 	<ul style="list-style-type: none"> - Arbeitskorb nur für die Aufnahme einer Arbeitskraft - nur einsetzbar bei freier Befahrbarkeit der angrenzenden Flächen - Arbeitshöhe über 6 Etagen deutlich teurer (Bühnentechnik)

Tabelle 22: Technische Ausrüstungen

Technische Ausrüstung



Arbeitsgerüst mit und ohne Schutzfolie



Hängebühne an der Hauseingangsseite



Hängebühne auf der Balkonseite



Hubbühne am Giebel



Anhand der in Tabelle 21 angegebenen spezifischen Kosten werden für einen Standardwohnblock, Typ P2, 5geschossig, 40 Wohneinheiten die Kosten für die technische Ausrüstung verglichen. Das Gebäude besitzt eine Länge von 48 m, eine Breite von 10,8 m + 1,58 m Balkon und eine Höhe von 14 m. Auf dem Bild 32 sind die Hauseingangsseite und die Balkonseite eines typischen P2 Wohnblockes dargestellt. Die Fassadenfläche des Beispielgebäudes beträgt 1.646 m² (ohne Balkonseitenflächen). Sie berechnet sich wie folgt:

$$\begin{aligned} \text{Längswände:} & \quad 48,0 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 2 & = & 1.344,0 \text{ m}^2 \\ \text{Giebelwände:} & \quad 10,8 \text{ m} \times 14 \text{ m} \times 2 & = & 302,4 \text{ m}^2 \\ \text{Fassadenfläche:} & \quad 1.344,0 \text{ m}^2 + 302,4 \text{ m}^2 & = & 1.646,4 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

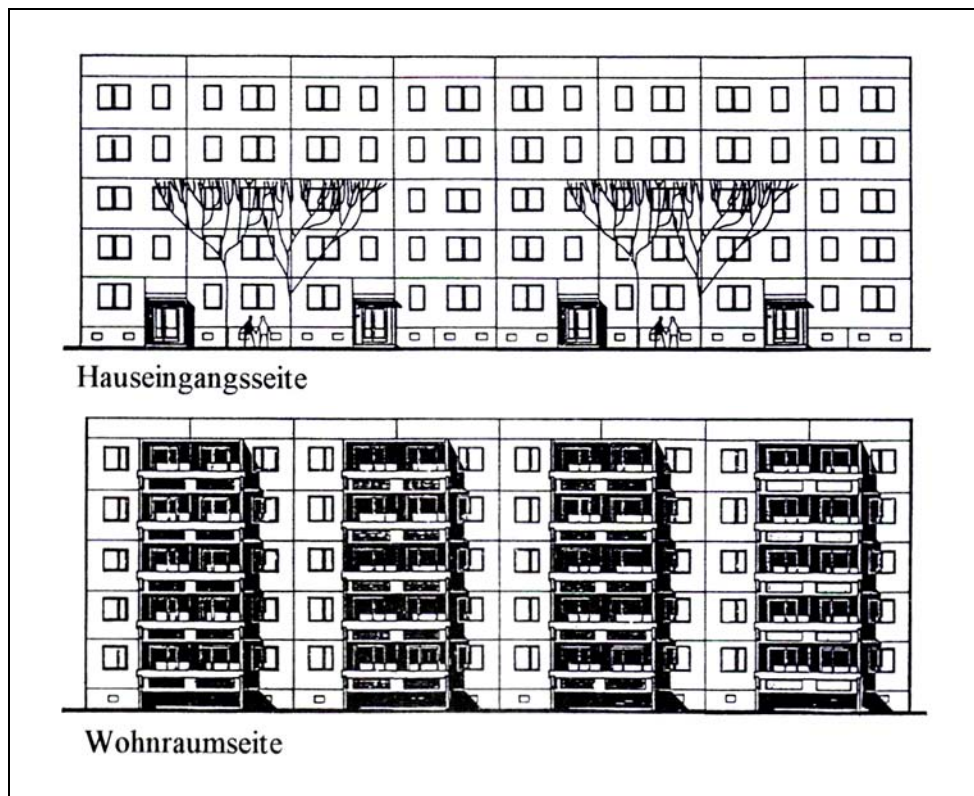


Bild 32: Ansichten Standardblock Typ P2, 5geschossig [6]

Die Tabelle 23 beinhaltet einen Kostenvergleich der technischen Ausrüstungen am Standardblock Typ P2, 5geschossig, 40 Wohneinheiten, mit den jeweiligen Minimal- und Maximalkosten.

Tabelle 23: Kosten für die technische Ausrüstung am Standardblock Typ P2, 5geschossig

Arbeitsgerüst	Hängebühne	Hubbühne
Fassadenfläche Standardblock Typ P2, 5geschossig: 1.646 m ²		
3,00-4,50 €/m ² Fassade Gesamtkosten: 4.938-7.407 €	1,50-2,00 €/m ² Fassade Gesamtkosten: 2.469-3292 €	2,50-3,00 €/m ² Fassade Gesamtkosten: 4.115-4.938 €

Ausbaukosten

Bei der Untersuchung des Arbeitsverfahrens „Ausstemmen“ konnte im Ergebnis festgestellt werden, dass sich der Fugendichtstoff bei den vorhandenen Fugentypen unterschiedlich gut ausstemmen lässt. Unter günstigen Bedingungen, wie breite Fugegeometrien und leicht lösbarer Fugendichtstoff, beträgt die Ausbaugeschwindigkeit ca. 15 m/h. Problematisch ist der Ausbau des Dichtstoffes bei folgenden Fugen:

- Fugen mit einer geringen Breite,
- Fugen mit konischem Fugenverlauf,
- Fugen mit tief in den Fugenraum reichenden Morinolmassen,
- Kreuzungsbereiche von Horizontal- und Vertikalfuge,
- Eckbereiche.

Bei diesen Fugen muss der Beton großflächig an den Fugenflanken abgestemmt werden, um den Dichtstoff vollständig entfernen zu können. Es werden Leistungen von 10 m/h erreicht. Die Ausbaugeschwindigkeit ist somit abhängig von der Fugenart, Fugenbreite und Fugentiefe. Auf der Basis der Ausbaugeschwindigkeit und der firmenabhängigen Ausbaukosten/m Fuge lassen sich die Ausbaukosten für ein Gebäude ermitteln.

Der Kosten für den Ausbau des Fugendichtstoffes bei einem Standardwohnblock sind in der Tabelle 24 zusammengestellt.

Tabelle 24: Ausbaukosten für Standardblock Typ P2, 5geschossig

Standardwohnblock, 5geschossig, 40 WE		
Fugenlänge	[m]	1.240
Ausbaugeschwindigkeit	[m/h]	10-15
Arbeitsstunden	[h]	80-124
kalkulierte Ausbaukosten der Unternehmen	[€/m]	4,00-8,00
Gesamtausbaukosten	[€]	4.960-9.920

Entsorgungskosten

Die Entsorgungskosten werden hier beispielhaft für einen betonfreien Ausbau des Fugendichtstoffes einerseits und für einen stark verunreinigten Ausbaustoff andererseits betrachtet. In der Praxis sind unterschiedliche Mengenanteile Beton in der Entsorgungsmenge enthalten. Die Tabelle 25 enthält die Entsorgungskosten für einen Standardblock Typ P2, 5geschossig.

Tabelle 25: Entsorgungskosten für Standardblock Typ P2, 5geschossig

Standardwohnblock, 5geschossig, 40 WE			
Entsorgungsmenge Morinol	[t]	1,93 6-7	ohne Beton mit Beton
Deponiekosten	[€/t]	120,00-220,00	
Entsorgungskosten	[€]	232-425 720-1.540	ohne Beton mit Beton

Die Gesamtkosten für den Rückbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe setzen sich aus den Kosten für die technische Ausrüstung (Tabelle 23), den Ausbaurückbaukosten (Tabelle 24) und den Entsorgungskosten (Tabelle 25) zusammen. Einsparpotentiale sind bei der Auswahl der technischen Ausrüstung, bei der Auswahl kostengünstiger Unternehmensangebote (kalkulierte Ausbaurückbaukosten/m) und bei der Separierung von Fugendichtstoff und Beton vorhanden.

5.2.2 Ergonomie

Die Entfernung des asbesthaltigen Fugendichtstoffes erfolgt hauptsächlich durch Ausstemmen mit einem Elektrohammer mit Meißel. Dabei sind die Belastungsreaktionen des Körpers abhängig von folgenden Faktoren:

- der Art und Größe der Belastung: Masse, Vibration, Beschleunigung,
- der Dauer der Belastung: Arbeitszeit, Pausen,
- Individuelle Körperhaltung: technische Ausrüstung/Gerüst, notwendige Zwangshaltungen,
- körperliche Konstitution des Bedieners: Muskelsubstanz, Größe.















Es handelt sich beim Ausstemmen um Haltearbeit, die durch Druck auf das Werkzeug ergänzt wird. Schwerere Geräte führen zu höherer Muskelbelastung und demzufolge zu einer schnelleren Ermüdung des Bedieners. Weiterhin können bei Überbeanspruchung Gelenke und Wirbelsäule geschädigt werden. Grundsätzlich ist festzustellen, dass die Stemmarbeit, als einseitige Tätigkeit über einen längeren Zeitraum verübt, mit hohen körperlichen Belastungen verbunden ist. Als gut für die Arbeitskräfte handhabbar hat sich ein Elektrohammer mittlerer Größe, mit einem Gewicht von ca. 5-6 kg, erwiesen. Die Pausenzeiten resultieren aus dem vorgeschriebenen Zeitregime für das Tragen von Atemschutz. Festgelegt sind 2 Stunden Arbeitszeit und 0,5 Erholungszeit.

Beim Arbeiten auf Arbeitsgerüsten ist der Aktionsradius der Arbeitskraft begrenzt. Um an die Fuge zu gelangen, muss die Arbeitshöhe durch verschiedene Körperhaltungen wie Knien und Recken, angepasst werden. Die Zwangshaltungen führen zu starken Beanspruchungen des Körpers, siehe Tabelle 26. Hinzu kommen notwendige Etagenwechsel auf dem Arbeitsgerüst, um eine tiefere oder höhere Arbeitshöhe erreichen zu können. Das Werkzeug ist über die Leitergänge zu transportieren.

Beim Einsatz von Hängebühnen und Hubbühnen können die Arbeitshöhen körpergerecht angepasst werden, so dass Zwangsbeanspruchungen und starke Muskelbelas-

tungen größtenteils vermieden werden können. Das Werkzeug wird konstant auf der Bühne mitgeführt. Aus ergonomischer Sicht sind Hängebühnen und Hubbühnen vorteilhafter für die ausführende Arbeitskraft zu bewerten, wie Arbeitsgerüste.

Tabelle 26: Beanspruchung bei verschiedenen Körperhaltungen [26]

Körperhaltung		Starke Muskelbelastung	+ begünstigt - beeinträchtigt
Stehen	normal 	-	+ Bewegungsraum + Bewegungswechsel - Stabilisierung - Beinbelastung
	gebeugt 	Rücken, Schenkel	wie „Stehen normal“ - statische Arbeit
	stark gebeugt 	Rücken, Schenkel	wie „Stehen normal“ - statische Arbeit
	Arme über Kopf 	Rücken, Schulter	wie „Stehen normal“ - statische Arbeit
Hocken	normal 	Waden, Schenkel	- Kniekehlen - Stabilisierung
	Arme über Kopf 	Schulter, Waden, Schenkel	- Kniekehlen - Stabilisierung - statische Arbeit
Knien	normal 	-	- Kniekehlen - Kreislauf
	gebeugt 	Rücken	- Kniekehlen - Kreislauf - statische Arbeit
	Arme über Kopf 	Rücken, Schulter	wie „Knien gebeugt“
Sitzen	normal 	-	+ Stabilisierung + Körpergewicht - Gesäßdurchblutung
	gebeugt 	Rücken	wie „Sitzen normal“ - Atmung - Magen
	Arme über Kopf 	Rücken, Schulter	wie „Sitzen normal“ - statische Arbeit
Liegen	Ruhelage 	-	+ Kreislauf - Bewegungsraum
	Arme über Kopf 	Hals, Nacken	+ Kreislauf - Bewegungsraum - statische Arbeit

5.2.3 Faseremission

Zur Bestimmung der Faseremissionen beim Ausbauverfahren „Ausstemmen mit Elektrohammer mit Breitmeißel“ wurden an folgenden Objekten Arbeitsplatz bezogene Faseremissionsmessungen durchgeführt:

1. Jena, Kastanien-Allee
2. Nohra, LEG-Gelände Südhorst
3. Erfurt, Vilniuser Str.
4. Erfurt, Körner Str.
5. Magdeburg, Herrenkrugstr.

Für die Probenahme wurden Probenahmepumpen zur Absaugung der Arbeitsluft und Kernporenfilter zum Zurückhalten der Fasern eingesetzt (Tabelle 27).

Tabelle 27: Probenahme

Objekte 1-4	Objekt 5
Probenahmepumpe PAS vom Typ GSA 3000	Probenahmepumpe PAS vom Typ GSA 5000
Kernporenfilter: 22 mm, 0,8 µm Porendurchmesser, wirksame Filterfläche 380 mm ²	Kernporenfilter: 37 mm, 0,4 µm Porendurchmesser, wirksame Filterfläche 702 mm ²

Der Messkopf befand sich während der Probenahme etwa in Atemhöhe der Beschäftigten und war mit der Probenahmepumpe über einen Schlauch verbunden. Messkopf und Probenahmepumpe wurden von den Beschäftigten mittels eines Tragegurt getragen, siehe Bild 33, Bild 34.



Bild 33: Probenahmepumpe PAS, Typ GSA 3000



Bild 34: Messkopf mit Kernporenfilter im Atembereich

Nach dem Verfahren zur getrennten Bestimmung von lungengängigen Asbestfasern und anderen anorganischen Fasern - Rasterelektronenmikroskopisches Verfahren nach BGI 505.46 [29], ergibt eine Probenahmedauer von 2-3 Stunden bei einer Filteranströmgeschwindigkeit von 5 cm/s eine auswertbare Filterbelegung. Bei hohen Staubkonzentrationen sind Probenahmezeiten von 10 Minuten und bei geringen Staubkonzentrationen Probenahmezeiten bis über 8 Stunden möglich. Bei einer hohen Staubbelastung muss die Probenahmedauer verkürzt werden, da sonst die Gefahr der Überbelegung und damit der Nichtauswertbarkeit des Messfilters besteht. Bei kurzer Probenahmedauer muss zum Erreichen der Nachweisgrenze die auszuwertende Filterfläche erhöht werden.

Die Durchführung der Messungen und Auswertung der Filterbelegung erfolgte durch das CiS Institut für Mikrosensorik gGmbH Erfurt (Objekte 1-4) und durch das Landesamt für Arbeitsschutz Sachsen-Anhalt (Objekt 5) nach dem Rasterelektronenmikroskopischen Verfahren (REM). Die Tabelle 28 enthält die Messdaten und die Größe der unter dem Mikroskop ausgewerteten Filterfläche. In der Tabelle 29 sind die gemessenen Faserzahlen und die daraus berechneten Konzentrationen zusammengefasst.

Tabelle 28: Parameter der Probenahme und Auswertung

Objekt	Daten zur Auswertung				
	Dauer	Luftdurchsatz	Wirksame Filterfläche	Mikroskopisch ausgewertete Filterfläche	Messbericht
	t [h]	V' [m ³ /h]	A [mm ²]	N x a [mm ²]	
Jena Kastanien-Allee	0,25	0,08	380	3,91	IFAB 7164
Nohra LEG-Gel. Südhorst	0,75	1,33	380	2,3	IFAB 7889
Erfurt Vilniuser Str.	0,5	1,96	380	3,51	IFAB 7890
Erfurt Körner Str.	0,5	1,96	380	3,51	IFAB 7890
Magdeburg Herrenkrugstr.	3,35	0,186	702	4,06	Landesmessstelle Dessau

N - Anzahl der ausgewerteten Zählfelder unter dem Mikroskop
a - Fläche eines Zählfeldes unter dem Mikroskop in mm²

Tabelle 29: Gemessene Faserzahlen und daraus berechnete Konzentrationen

Objekt	Fasergruppe i	ni ausgezählte Faserzahl	Konzentration in Fasern/m ³			
			C _i	L > 5µm		(OVG)
				(FÄ)	(NG)	
Jena Kastanien-Allee	Asbest	2,5	12148	4860	14578	35107
	Gips	3	14570			42585
	Sonst. Anorg.	54,5	264700			342235
Nohra LEG-Gel. Südhorst Kitt sehr locker!	Asbest	0	< 3660	3660	10990	10990
	Gips	0	< 3660			10990
	Sonst. Anorg.	15	54950			90640
Erfurt Vilniuser Str.	Asbest	2	7380	3690	11073	26700
	Gips	2	7380			26700
	Sonst. Anorg.	51	188240			248000
Erfurt Körner Str.	Asbest	1	3690	3690	11073	20600
	Gips	3	11070			32400
	Sonst. Anorg.	29	107040			154000
Magdeburg Herrenkrugstr.	Asbest	2	555	278	830	2006
	Gips	28	7775			11237
	Sonst. Anorg.	46	12773			17037

C_i - Faseranzahlkonzentration für die Fasergruppe i
FÄ - Faseräquivalent, d.h. die Konzentration, die einer gefundenen Faser entspricht
NG - Nachweisgrenze, Annahme 3 Fasern
OVG - Obere Vertrauensgrenze, berechnet, basierend auf einem Vertrauensintervall von 95% der Poisson Statistik

Die durchgeführten Messungen zur Ermittlung der Asbestfaserkonzentration in Stäuben beim Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe mittels Elektrohammer mit Breitmeißel haben bestätigt, dass bei dem herkömmlichen Verfahren eine geringe Faserfreisetzung erfolgt. Die ermittelten Messergebnisse für Asbestfasern unterschreiten den Wert von 15000 F/m³. Die Auswertung und Berechnung der Asbestfaserkonzentration im Arbeitsbereich erfolgt nach BGI 505.46 [29], siehe Tabelle 30. Die Beispielrechnung wurde für das Objekt Jena, Kastanien-Allee ausgeführt.

Tabelle 30: Berechnung der Asbestfaserkonzentration nach BGI 505.46

Gleichungen für die Berechnung		Beispielrechnung																											
C_i Faseranzahlkonzentration [Fasern/m ³]	$C_i = \frac{ni \times A}{N \times a \times V}$ $V = V' \times t$	$ni = 2,5$ $t = 0,25h$ $V' = 0,08m^3 / h$ $A = 380mm^2$ Ausgewertete Filterfläche: $N \times a = 3,91mm^2$ $V = 0,25h \times 0,08m^3 / h = 0,02m^3$ $C = \frac{2,5 \times 380mm^2}{3,91mm^2 \times 0,02m^3} = 12148,34F / m^3 \approx 12148F / m^3$																											
FÄ Faseräquivalent [Fasern/m ³]	$F\ddot{A} = \frac{1,00 \times A}{N \times a \times V}$	Konzentration $F\ddot{A} = \frac{1,00 \times 380mm^2}{3,91mm^2 \times 0,02m^3} = 4859,34F / m^3 \approx 4860F / m^3$																											
NG Nachweisgrenze [Fasern/m ³]	$NG = \frac{3,00 \times A}{N \times a \times V}$	$NG = \frac{3,0 \times 380mm^2}{3,91mm^2 \times 0,02m^3} = 14578F / m^3$																											
OVG Obere Vertrauensgrenze [Fasern/m ³]	$OVG = F\ddot{A} \times \lambda_o$	$OVG = 4860F / m^3 \times 7,2247 = 35107F / m^3$																											
<p> <i>C_i</i> - Faseranzahlkonzentration für die Fasergruppe i in Fasern/m³ <i>ni</i> - nach den Zählregeln ermittelte gewichtete Faserzahl für die Fasergruppe i <i>A</i> - wirksame Filterfläche in mm² <i>N</i> - Anzahl der ausgewerteten Zählfelder <i>a</i> - Fläche eines Zählfeldes in mm² <i>V</i> - Probeluftvolumen in m³ <i>V'</i> - Probeluftvolumenstrom in m³/h <i>t</i> - Probenahmedauer in h <i>λ_u</i> - untere Grenze des 95%-Vertrauensintervalls eines Zählergebnisses bei Anwendung der Poisson Statistik <i>λ_o</i> - obere Grenze des 95%-Vertrauensintervalls eines Zählergebnisses bei Anwendung der Poisson Statistik </p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Faserzahl</th> <th colspan="2">0</th> <th colspan="2">1</th> <th colspan="2">2</th> <th colspan="2">3</th> </tr> <tr> <td></td> <th>λ_u</th> <th>λ_o</th> <th>λ_u</th> <th>λ_o</th> <th>λ_u</th> <th>λ_o</th> <th>λ_u</th> <th>λ_o</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0</td> <td>0</td> <td>3</td> <td>0,0253</td> <td>5,5716</td> <td>0,2422</td> <td>7,2247</td> <td>0,6187</td> <td>8,7635</td> </tr> </tbody> </table>			Faserzahl	0		1		2		3			λ _u	λ _o	λ _u	λ _o	λ _u	λ _o	λ _u	λ _o	0	0	3	0,0253	5,5716	0,2422	7,2247	0,6187	8,7635
Faserzahl	0		1		2		3																						
	λ _u	λ _o	λ _u	λ _o	λ _u	λ _o	λ _u	λ _o																					
0	0	3	0,0253	5,5716	0,2422	7,2247	0,6187	8,7635																					

Neben den Asbestfasern sind aus der Stoffgruppe „Künstliche Mineralfasern“ noch „Sonstige anorganische Fasern“ vorhanden. „Sonstige anorganische Fasern“ unbekannter Herkunft sind als „Faserstäube“ in die Kategorie für krebserzeugende Stoffe eingruppiert. Auch für „Sonstige anorganische Fasern“ gilt analog Asbest die kritische Faserabmessung für lungengängige Fasern von der Länge $L > 5 \mu\text{m}$, dem Durchmesser $D < 3 \mu\text{m}$ und dem Verhältnis von Länge zu Durchmesser von $L:D \geq 3$. Zu den „Sonstigen anorganischen Fasern“ zählen beispielsweise Glasfasern, Glaswollefasern, Steinwollefasern, Basaltwollefasern, Schlackenwollefasern, Feuerfestfasern, Mullit-Fasern, Wollastonitfasern, Hillebranditfasern, Xonolitfasern. Fasern mit dem Spektrum CaSi können bei der Bearbeitung von Beton, Porenbeton, Kalksandstein und Zement freigesetzt werden. Bei Stemmarbeiten im Beton ist hier die Quelle für „Sonstigen anorganischen Fasern“ eindeutig zu identifizieren.

Das Messergebnis für „Sonstige anorganische Fasern“ unterschreitet den derzeit noch als Stand der Technik zu wertenden TRK-Wert von 250.000 F/m^3 . Die Messergebnisse zeigen, dass die Emission „Sonstiger anorganischer Fasern“ im Vergleich zu Asbest wesentlich höher ist. Sie beträgt das 14-25 fache der Asbestfaserkonzentration. Da diese Fasergruppe zu den krebserzeugenden Stoffen gehört, ist sie ebenfalls maßgebend hinsichtlich Arbeits- und Gesundheitsschutz und sollte durch die Auswahl eines geeigneten Arbeitsverfahrens deutlich reduziert werden.

In den Stäuben wurden als weitere Faserart Gipsfasern identifiziert. Gipsfasern gehören aufgrund ihrer guten Löslichkeit nicht zu den krebserzeugenden Stoffen.

5.2.4 Lärmemission

Bei der Benutzung von Elektrohämmern mit Breitmeißeln für Stemmarbeiten entsteht Lärm, ein Geräusch, welches in Abhängigkeit seiner Intensität zu Gehörschäden führt. Die Höhe der Lärmemission ist abhängig von der Gerätemasse des verwendeten Elektrohammers.

Durchgeführte Lärmemissionsmessungen beim Verfahren „Ausstemmen“ mit Elektrohämmer ergaben Lärmbelastungen von $L_T = 95$ dB (A). Ein Vergleich mit den Werkzeugkatalogen von Bosch, Makita und Hilti ergab für die mittelschweren Elektrohämmer (5-6 kg) Lärmemissionen im Bereich von $L_T = 88$ dB (A) bis 108 dB (A) [32][33][34]. Die gemessenen Werte liegen im Bereich der Katalogangaben.

Die Beurteilung der Lärmeinwirkung auf den Menschen erfolgt durch den Beurteilungspegel L_T nach DIN 45645 [48] – es ist der über eine typische 8-stündige Arbeitsschicht gemittelte Schalldruckpegel. Der Beurteilungspegel ist das Maß für die durchschnittliche Geräuschemission während der Beurteilungszeit und als äquivalenter Dauerschalldruckpegel die arbeitshygienische Beurteilungsgröße. In der EU-Richtlinie 86/188 EWG [65] und der UVV „Lärm“ (BGI B 3) [66] wurde der Beurteilungspegel 85 dB (A) als Grenzwert zum Lärmbereich festgelegt. Werden Personen in Lärmbereichen beschäftigt, ist grundsätzlich die Gefahr einer Gehörschädigung gegeben. Während bei Beurteilungspegeln von 85 dB (A) bis 89 dB (A) Gehörschäden nur bei lang dauernder Lärmbelastung auftreten können, nimmt bei Beurteilungspegeln von 90 dB (A) und mehr die Schädigungsgefahr deutlich zu. Eine Lärmgefährdung im Sinne einer Gehörgefährdung kann aber auch gegeben sein bei Beurteilungspegeln im Grenzbereich unter 85 dB (A) mit hoher Impulshaltigkeit der Geräusche [66].

Bei der Untersuchung des Arbeitsverfahrens „Ausstemmen des Fugendichtstoffes mit Bohrhammer“ konnte festgestellt werden, dass der Grenzwert von 85 dB (A) mit den gemessenen 95 dB (A) deutlich überschritten wird.

Wird bei den Arbeiten der personenbezogene Beurteilungspegel von 85 dB (A) erreicht oder überschritten, sind für die Arbeitskräfte geeignete Gehörschutzmittel zur Verfügung zu stellen und von den betroffenen Personen zu benutzen, siehe Bild 35.



Bild 35: Stemmarbeiten mit Gehörschutz [16]

5.2.5 Vibration

Die Gefährdung der Gesundheit durch Vibrationsbelastung ist abhängig von:

- der Einleitungsstelle in den Organismus,
- der Größe der Vibrationseinwirkung,
- der Dauer der Vibrationseinwirkung,
- der Wiederholung der Vibrationseinwirkung.

Elektrohämmer sind Elektrowerkzeuge, die Vibrationen verursachen. Beim Arbeiten mit dem Elektrohammer entstehen Teilkörpervibrationen, die über das Hand-Arm-System in den menschlichen Körper eingeleitet werden. Durch die Übertragung der Schwingungen in die Hände des Bedieners können Schädigungen am Knochen- und Gelenksystem sowie Durchblutungs- und Nervenstörungen hervorgerufen werden. Besonders betroffen sind Knochen und Gelenke, die unmittelbar am Andruck des Gerätes auf die Oberfläche beteiligt sind (Ellenbogengelenk, Handgelenk, Schultergelenk, Handwurzelknochen).

Die Richtlinie 2002/44/EG [63] enthält Expositionsgrenzwerte für Hand-Arm-Vibrationen. Für Hand-Arm-Vibrationen beträgt der zulässige Expositionswert für einen Zeitraum von 8 Stunden $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ [63].

Bei den zum Fugenausbau eingesetzten mittelschweren Bohrhämmern liegt die bewertete Beschleunigung a_{hw} bei $7\text{-}12 \text{ m/s}^2$, siehe Herstellerkataloge [32][33][34]. Entsprechend der EG Maschinenrichtlinie 98/37/EG besteht für Geräte mit bewerteter Beschleunigung $a_{hw} > 2,5 \text{ m/s}^2$ Kennzeichnungspflicht [64].

Für Vibrationsbelastungen, die oberhalb $a_{hv(8)} = 2,5 \text{ m/s}^2$ liegen, werden Präventionsmaßnahmen empfohlen (z. B. Antivibrations-Handschuhe).

Die Tages-Schwingungsbelastung (Tagesdosis, $A(8) = a_{hv(8)}$) wird aus dem Schwingungsgesamtwert a_{hv} und der täglichen Einwirkungsdauer, wie in Tabelle 31 dargestellt, berechnet.

Umgekehrt kann auch die zulässige tägliche Einwirkungsdauer berechnet werden, wenn ein bestimmter Schwingungsgesamtwert nicht überschritten werden soll. Als Ergebnis der Berechnungen kann festgehalten werden, dass bei einer täglichen Einwirkungsdauer einer Beschleunigung von 7 m/s^2 über 7 h eine Tages-Schwingungsbelastung von $7,86 \text{ m/s}^2$ resultiert.

Tabelle 31: Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung (VDI 2057-2) [30]

Gleichungen für die Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung	
$a_{hv} = c \times a_{hw}$ <p>c - Korrekturfaktor bei schlagenden Maschinen Meißelhämmer, Aufbruchhämmer, Abbauhämmer: 1,2</p> <p>a_{hw} - frequenzbewertete Beschleunigung</p>	
<p>Tages-Schwingungsbelastung $A(8) = a_{hv(8)}$:</p> $a_{hv(8)} = a_{hw} \times \sqrt{\frac{Te}{To}}$ <p>a_{hw} - Schwingungsgesamtwert Te - tägliche Einwirkungsdauer – reine Arbeitszeit ohne Pausen To - Bezugseinwirkungsdauer $To = 8h$</p>	
<p>Beispielrechnung für tatsächlichen Expositionswert:</p> <p>Elektrohämmer</p> $a_{hw} = 7m / s^2$ $a_{hv} = 1,2 \times 7m / s^2 = 8,4m / s^2$ $A(8) = a_{hv(8)} = 8,4m / s^2 \times \sqrt{\frac{7h}{8h}} = 7,86m / s^2$ <p>Expositionswert für 8 Stunden bei Hand-Arm-Vibration $A(8) = a_{hv(8)} = 5m / s^2$</p> $Te = To \times \left(\frac{a_{hv(8)}}{a_{hc}} \right)^2$ $Te = 8h \times \left(\frac{5m / s^2}{8,4m / s^2} \right)^2 = 2,83h \approx 3h$	

Zum anderen ergibt sich, dass bei den verwendeten Elektrohämmern bei folgender Einwirkungsdauer der Expositionswert von $A(8) = 5 \text{ m/s}^2$ bereits erreicht wird:

- bewertete Beschleunigung $a_{hw} 7 \text{ m/s}^2$: 3 h Expositionszeit
- bewertete Beschleunigung $a_{hw} 12 \text{ m/s}^2$: 1 h Expositionszeit.

Durch physikalische Einwirkungen können Berufskrankheiten verursacht werden. Hand-Arm-Vibrationen können zur Berufskrankheit BK 2104 - Vibrationsbedingte Durchblutungsstörungen an den Händen führen.

Beim Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe wird bei den Stemmarbeiten der tägliche Expositionswert überschritten, da die Stemmzeit pro Arbeitsschicht mehr als 1-3 Stunden in Abhängigkeit des Maschinentyps beträgt. Sollte ein Bediener kontinuierlich mit der Arbeitsaufgabe „Stemmen“ beschäftigt werden, kann davon ausgegan-

gen werden, dass er gesundheitliche Schäden durch die Schwingungsbelastung der Maschine erleidet. Es sollten grundsätzlich Maschinen mit einer niedrigen, bewerteten Beschleunigung ausgewählt werden.

5.3 Zusammenfassung zu den gegenwärtig verfügbaren Arbeitsverfahren

Das gegenwärtig angewendete Verfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe ist das „Ausstemmen mittels Elektrohammer mit Breitmeißel“.

Für einen Standardwohnblock, Typ P2, 5geschossig, 40 Wohneinheiten sind folgende Kosten für den Ausbau des asbesthaltigen Fugendichtstoffes ermittelt worden:

- Technische Ausrüstung: 2.536 - 7.608 €
- Ausbau : 4.960 - 9.920 €
- Entsorgungskosten: 232 € ohne Betonanhaftung
1.540 € mit Betonanhaftung.

Bei der Ausführung der Stemmarbeiten wirken auf das Personal folgende Belastungen:

- Faseremissionen mit Messergebnissen für Asbestfasern unterhalb dem Wert von 15000 F/m^3 und für „Sonstige anorganische Fasern“ unterhalb dem derzeit noch als Stand der Technik zu wertenden TRK-Wert von 250.000 F/m^3
- Lärmemissionen mit Beurteilungspegeln von 95 dB (A)
- Hand-Arm-Vibration mit bewerteter Beschleunigung von $a_{hw} 7 \text{ m/s}^2$ - 12 m/s^2 in Abhängigkeit vom Maschinentyp infolge des Einsatzes von Elektrohammern mittlerer Größe mit einer Masse von ca. 5-6 kg.

Weitere Belastungen resultieren aus notwendigen Zwangshaltungen, da die Arbeitshöhe durch verschiedene Körperhaltungen angepasst werden muss. Ebenfalls belastend auf die Arbeitskraft wirken hohe Umgebungstemperaturen.

6 Konzept für die Entwicklung neuer Verfahrenslösungen

6.1 Anforderungen an das zu entwickelnde Verfahren

Ziel der Entwicklung ist es, eine bessere maschinentechnische Lösung zum bisher bekannten Ausstemmen der asbesthaltigen Fugendichtstoffe an der Fassade von Plattenbauten zu finden.

Das herkömmliche Verfahren besitzt wesentliche Nachteile, wie Faser- und Staubemissionen (Asbest, anorg. Fasermaterial, Betonstaub), starke körperliche Belastung für den Bediener durch Zwangshaltungen, starke Muskelbeanspruchungen, Lärmemissionen und Vibrationen. Zum Schutz gegen Faserstäube sind eine P2-Atmenschutzmaske und ein Einweg-Schutzanzug zu tragen, die im Sommer bei hohen Temperaturen zu einer zusätzlichen Belastung führen. Ein weiterer Nachteil ist

die am Fugendichtstoff anhaftende Betonmenge, die somit als Sonderabfall zu beseitigen ist.

Zur Eingrenzung des Entwicklungsziels werden die Anforderungen an das neue Verfahren definiert. Oberste Priorität hat dabei die Minimierung der Faserfreisetzung, die während der gesamten Prozesskette zu gewährleisten ist. Die weiteren Anforderungen beziehen sich auf das Gesamtverfahren, das möglichst in allen Teilprozessen verbessert werden soll. Somit sind folgende Teilprozesse zu betrachten:

- Platzierung der technischen Ausrüstung bzw. des Werkzeugs und des Bedieners an der Außenfassade,
- Ausbau des Fugendichtstoffes aus der Horizontal- und Vertikalfuge,
- Entnahme des Fugendichtstoffes und Verpackung,
- Transport des verpackten Dichtstoffes auf den Boden in Sammelbehälter.

Die Hauptforderungen an die technische Entwicklung und die zu berücksichtigen Randbedingungen sind in den folgenden Tabelle 32 und 33 zusammengefasst.

Tabelle 32: Anforderungskatalog

Anforderungskatalog für Verfahrensentwicklung	
Verbesserter Arbeits- und Gesundheitsschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Asbestfaser- und Staubemissionen - Reduzierung der Lärmemissionen - Reduzierung der körperlichen Belastung - Verbesserung der Ergonomie - Reduzierung der Vibrationen
Optimierte Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - einfache Handhabbarkeit - gute Baustelleneignung - keine Beschädigung der Fugenflanken bei Sanierung - alle Bewegungsrichtungen realisierbar - unabhängig von Klimaeinflüssen anwendbar
Höhere Wirtschaftlichkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Leistungssteigerung beim Ausbau - Geringere Kosten bei der Baustelleneinrichtung
Verbesserter Umweltschutz	<ul style="list-style-type: none"> - Separierung des asbesthaltigen Fugendichtstoffes vom Beton - Reduzierung der Abfallmenge

Tabelle 33: Randbedingungen beim Fugenausbau

Randbedingungen beim Fugenausbau	
Arbeitsort	<ul style="list-style-type: none"> - Außenfassade bis 50 m über Erdboden (Gebäude 4geschossig bis 17geschossig) - Arbeitsebene horizontal und vertikal
Arbeitsgegenstand	<ul style="list-style-type: none"> - Morinolstrang in Horizontal- und Vertikalfugen sowie in Kreuzungspunkten der Fugen - schwankende Fugenbreiten von 15 mm bis 150 mm - Fugentiefe bis 150 mm - unterschiedliche Konsistenz des Fugendichtstoffes von plastisch, klebrig bis versprödet - Masse des Fugendichtstoffes bis zu 6 kg/m
Fugenflanken	<ul style="list-style-type: none"> - Betonfertigteile, Beton B 25 - teilweise Waschbetonoberfläche

Anforderungen und Randbedingungen schränken die Verfahrensauswahl zunächst nicht ein. Neben mechanischen Verfahren wurden deshalb auch andere denkbare Vorgehensweisen in die Entwicklung einbezogen.

Bild 36 gibt eine Übersicht über die Verfahrensarten und die Einschätzung einer verfahrenstechnischen Realisierbarkeit der Arbeitsaufgabe „Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe“.

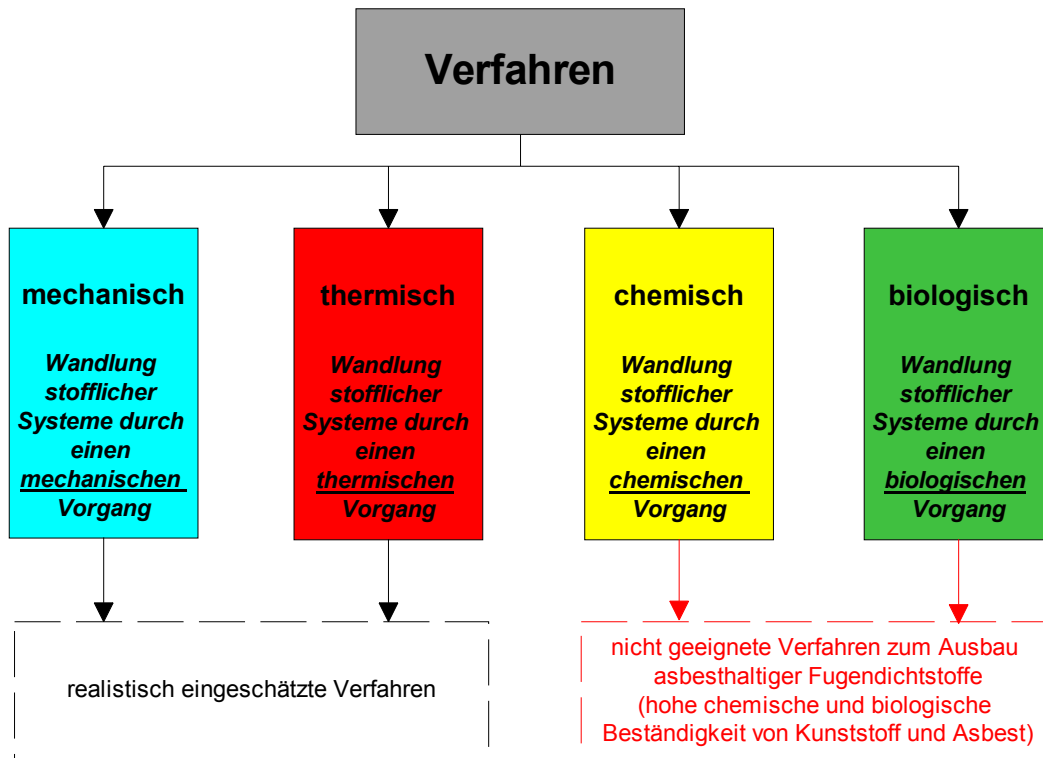


Bild 36: Verfahrensarten nach [38]

Morinol ist resistent gegen Mineralöle, Benzin, Xylol, Pentan, Paraffin, Alkalilauge konzentriert (40 %), Schwefelsäure verdünnt (45 %), Salzsäure verdünnt (20 %) sowie gegen Mikroben (Pilze, Bakterien). Der Dichtstoff ist nicht beständig gegen Benzol, Trichloräthylen, Lösemittelgemische aus Estern, Aromaten, Ketonen und Alkoholen (Nitroverdünnung). Mit diesen Chemikalien wäre also ein Herauslösen des Fugendichtstoffes denkbar. Dem steht gegenüber, dass beim Einsatz dieser Chemikalien gesundheitsschädliche Lösemitteldämpfe entstehenden. Unbeabsichtigtes „Kleckern“ ist kaum zu verhindern.

Aufgrund der hohen chemischen und biologischen Beständigkeit des Kunststoffes werden das chemische und biologische Verfahren als nicht geeignet für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe eingeschätzt. Dementsprechend erfolgen die weiteren Untersuchungen und Entwicklungen auf dem Gebiet mechanischer und thermischer Verfahren, die als realistische Verfahren bewertet wurden.

6.2 Thermische Verfahren

Für die Entwicklung eines thermischen Verfahrens zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe kommen verschiedene Möglichkeiten in Betracht:

- Erweichung des Fugendichtstoffes durch Wärmebehandlung,
- Versprödung des Fugendichtstoffes durch Kältebehandlung,
- In-Situ-Verbrennung des Fugendichtstoffes.

Die anvisierten Verfahrenslösungen werden hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit untersucht und bewertet.

6.2.1 Erweichung des Fugendichtstoffes durch Wärmebehandlung

Der Lösungsansatz besteht darin, den Fugendichtstoff durch Wärmebehandlung zu erweichen, um ihn in einen plastischen Zustand zu versetzen, der eine leichtere Entfernung des Materials aus den Fugen ermöglicht. Das Erweichungsverhalten des asbesthaltigen Fugendichtstoffes wurde durch Temperaturbelastung im Laborofen untersucht und anschließend bewertet.

Die Morinolprobe durchlief im Ofen ein Temperaturintervall von 23 °C Raumtemperatur bis 260 °C Ofentemperatur, die Aufheizzeit im Ofen betrug 1 h. Das Bild 37 zeigt die Morinolprobe im Ausgangszustand bei Raumtemperatur. Auf Bild 38 ist die Morinolprobe nach der Aufheizung auf 260°C Ofentemperatur zu sehen. Es ist ersichtlich, dass die Probe nach der Wärmebehandlung verformt ist. Das Probematerial wurde während des Aufheizens visuell und mechanisch beurteilt (Tabelle 34). Im Ausgangszustand ist der Fugendichtstoff zäh, bei 150 °C Proben-Kerntemperatur ist das Material sehr weich und beginnt sich mit Rauchentwicklung zu verfärben.

Tabelle 34: Temperaturverhalten von Morinol

Ofen-temperatur [°C]	Proben-Kerntemperatur [°C]	Visuelle Beobachtung
23	23	hart, nicht brechbar (zäh), Kern weicher als Außenbereich
100	50	dehnbar, nicht knetbar
150	80	weich, knetbar, Geruchsentwicklung
180	110	sehr weich, sehr starker Geruch
260	150	sehr weich (kein Schmelzen), sichtbare Rauchentwicklung, Verfärbung



Bild 37: Morinolprobe bei einer Temperatur von 23 °C



Bild 38: Morinolprobe nach Aufheizung auf 150 °C Proben-Kerntemperatur

Um eine ausreichende Erweichung des Dichtstoffes zu erreichen, ist eine Erwärmung auf eine Probenkerntemperatur von ca. 110 °C notwendig. Die spezifische Wärmekapazität von Morinol beträgt 1,5 kJ/kg K. Um ein Kilogramm Morinol auf eine Temperatur von 110 °C zu erwärmen sind ca. 130 kJ erforderlich.

Die heiße plastische Fugenmasse muss nach der Erwärmung aus den Fugen geschabt werden. An den Fugenflanken wird ein Teil des klebrigen Dichtungsstoffes haften bleiben, der nachträglich entfernt werden muss.

Hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes besteht die Gefahr der Verbrennung an der heißen Dichtungsmasse.

Das thermische Verfahren „Erweichung des Fugendichtstoffes durch Wärmebehandlung“ wird aus folgenden Gründen als nicht geeignet eingeschätzt:

- Erwärmung des Fugendichtstoffes in der Fuge ist schwierig, da nur eine Fläche zur Wärmebeaufschlagung genutzt werden kann,
- höherer Energieaufwand als beim herkömmlichen Ausstemmen muss erwartet werden,
- höhere Anzahl an Verfahrensschritten als beim herkömmlichen Ausstemmen,
- Verbrennungsgefahr für die Ausführenden,
- anhaftende Dichtstoffreste an den Fugenflanken.

6.2.2 Versprödung des Fugendichtstoffes durch Kältebehandlung


Beim Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe konnte festgestellt werden, dass der Kunststoff im Winter bei niedrigen Temperaturen sehr spröde und hart ist und nur wenig an den Fugenflanken haften bleibt. Daraus wurde der Lösungsansatz abgeleitet, den Fugendichtstoff gezielt durch Kältebehandlung zu verspröden, um ihn aus der Fuge herausbrechen zu können.

Für die Bewertung der Realisierbarkeit des Verfahrens wurde der asbesthaltige Fugendichtstoff hinsichtlich seines Temperaturverhaltens bei einer stufenweisen Kältebehandlung untersucht. Dazu wurde durch die Ostthüringische Materialprüfgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH der Kugelfalltest durchgeführt [35].

Die Ermittlung des Werkstoffverhaltens erfolgte durch den Kugelfalltest in temperierter Luft, siehe Tabelle 35. Der Probekörper wurde zunächst im Klimaschrank auf die gewünschte Temperatur abgekühlt.

Tabelle 35: Beschreibung Kugelfalltest

Kugelfalltest	
Prüfgeräte:	Kugelfallgerät Klimaschrank Kugel $\varnothing = 50 \pm 1$ mm, $m = 510 \pm 1$ g
Fallhöhe:	700 mm (entspricht einer Energie von 3,5 J)
Probekörper:	2 Morinol Prüfkörper (ca. 100 x 100 x 30 mm) je Temperatur
Lagertemperatur:	24 h bei 23 °C 24 h bei -5 °C 24 h bei -20 °C 24 h bei -40 °C



Kugelfallgerät

Die Kugelfallprüfung erfolgt sofort nach der Entnahme der Probekörper aus dem Klimaschrank. Der Kugelfall aus der entsprechenden Fallhöhe wurde durch Wegziehen der Kugelhalterung ausgelöst. Es erfolgte eine visuelle Beurteilung der Probekörper, siehe Tabelle 36.

Tabelle 36: Visuelle Beurteilung der Probekörper

Proben- temperatur [°C]	Visuelle Beurteilung
23	Nach dem Aufprall der Kugel lagen die Probekörper unverändert vor, d. h. es waren keine Brüche, Risse, Eindrücke oder Abplatzungen kleiner Stücke zu erkennen.
- 5	Beim Aufprall der Kugel platzten kleine Stücke ab. Brüche, Risse oder Eindrücke waren jedoch nicht zu erkennen.
- 20	Die Kugel hinterließ einen Abdruck im Probekörper. Es platzten wieder kleine Stücke ab. Risse und Brüche waren jedoch nicht zu erkennen.
- 40	Es zeigte sich wieder ein Kugelabdruck im Probekörper. Risse und Brüche waren nicht zu erkennen.

Bei der Abkühlung des Materials kommt es zu einer spürbaren Versprödung des Materials. Diese reicht jedoch nicht aus, um Material mit Wandstärken bis 30 mm zum Zerplatzen zu bringen. Ab einer Temperatur von - 20 °C zeigen die Probekörper nach dem Aufprall der Kugel Abdrücke, was auf eine Abnahme der Elastizität des Materials schließen lässt. Bei Fugen mit oberflächlich liegendem Fugendichtstoff könnte durch Kältebehandlung die Flankenhaftung und somit die beim Ausbau am Beton anhaftende Restmenge reduziert werden.

Für konisch verlaufende Fugen mit tief liegendem Fugendichtstoff ist dieses Verfahren ungeeignet, da der „gehärtete Dichtstoff“ nicht durch die sich nach oben verjüngende Fuge gedrückt werden kann.

Eine mögliche Abkühlung des Fugendichtstoffes bis zu Temperaturen von $< -40\text{ °C}$, mit dem Ziel der Versprödung, könnte durch Behandlung des Materials mit tiefkalt verflüssigtem Stickstoff (LIN-liquid nitrogen) erfolgen. Tiefkalt verflüssigter Stickstoff hat eine Temperatur von ca. -196 °C (Siedepunkt bei einem Umgebungsdruck von 1 bar absolut). Er wird in ortsbeweglichen Kryobehältern transportiert und gelagert. Das sind sowohl verschließbare, für inneren Überdruck geeignete Druckgasbehälter wie auch offene, drucklos betriebene Dewardgefäße. Nach der erfolgten Versprödung könnte der Dichtstoff an der Betonflanke abgestemmt werden. Hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes besteht die Gefahr der Erfrierungen, wenn die tiefkalte Flüssigkeit auf die menschliche Haut trifft.

Der asbesthaltige Fugendichtstoff besitzt aufgrund seiner Materialzusammensetzung eine niedrige Wärmeleitfähigkeit, die sich nachteilig auf die notwendige Abkühlzeit auswirkt. Für Morinol kann eine Wärmeleitfähigkeit von $0,16\text{--}0,23\text{ W/mK}$ angenommen werden, im Vergleich der Wärmeleitfähigkeiten besitzen Beton $2,1\text{ W/mK}$ und Stahl 60 W/mK .

Das thermische Verfahren „Versprödung des Fugendichtstoffes durch Kältebehandlung“ wird aus folgenden Gründen als nicht geeignet eingeschätzt:

- hoher technischer Aufwand beim Abkühlen mit Flüssigstickstoff,
- Abkühlung des Fugendichtstoffes in der Fuge ist schwierig, da nur eine Fläche zur Kältebeaufschlagung genutzt werden kann,
- höhere Anzahl an Verfahrensschritten als beim herkömmlichen Ausstemmen,
- Gefahr der Erfrierungen für die Ausführenden,
- Gefahr der Asbestfaserfreisetzung bleibt bestehen,
- nicht für konische Fugen geeignet.

6.2.3 Verbrennung des Kunststoffes

Dieser Lösungsansatz beinhaltet die Verbrennung des Organikanteils des Fugendichtstoffes bei gleichzeitiger struktureller Umwandlung der Asbestminerale. Das Gefährdungspotential von Asbest könnte dabei durch die Mineralumwandlung ausgeschaltet werden.

Für die Untersuchung des Materialverhaltens bei Beflammung wurde die Morinolprobe mit einer Gasflamme (Propan) von ca. 1925 °C (Flammentemperatur in Luft, siehe technische Eigenschaften von Propan [37]), behandelt. Der Fugendichtstoff brannte mit sehr starker Rauch- und Geruchsentwicklung und verkohlte (siehe Bild 39, Bild 40, Bild 41). Während der Aufheizung und des Brennprozesses wurde die Materialprobe nicht flüssig, sie blieb bis zur Verkohlung formstabil. Der Kernbereich lag am Versuchsende noch unverbrannt vor (Bild 42).



Bild 39: Beflammung der Morinolprobe



Bild 40: Morinolprobe brennt



Bild 41: Verkohlung mit starker Rauch- u. Geruchsentwicklung



Bild 42: Verkohlter Morinolrückstand, Kernbereich unverbrannt

Der Versuch führte zu dem Ergebnis, dass der Fugendichtstoff nur oberflächlich verbrennt und der Innenbereich nicht verändert wird. Übertragen auf die Fugen könnte nur der Fugendichtstoff unmittelbar an der Oberfläche verbrannt werden, der Kernbereich der Fuge bliebe unverändert. Anschließend müsste der verbleibende Dichtstoffrest aus der Fuge geschabt werden bzw. bei konischem Fugenverlauf müssten die Fugenflanken beidseitig abgestemmt werden.

Beim Verbrennen des Fugendichtstoffes kommt es zu einer starken Geruchs- und Rußentwicklung. Für die Verbrennung wurde Propangas eingesetzt, dieses Gas verbrennt selbst mit rußender Flamme zu CO_2 und H_2O .

Hinsichtlich des Arbeits- und Gesundheitsschutzes besteht die Gefahr der Verbrennung an der extrem heißen Dichtungsmasse.

Das thermische Verfahren „Verbrennung des Kunststoffes und gleichzeitige mineralische Umsetzung der Asbestfasern durch Hochtemperaturbehandlung“ wird aus folgenden Gründen als nicht geeignet eingeschätzt:

- hoher technischer Aufwand beim Verbrennen mit Flüssiggas,
- Verbrennung des Dichtstoffes erfolgt nur oberflächlich, also ist auch keine vollständige Umsetzung von Asbest zu erwarten,
- höhere Anzahl an Verfahrensschritten als beim herkömmlichen Ausstemmen,
- Gefahr der Verbrennungen für die Ausführenden,
- Entstehung gesundheitsschädlicher Dämpfe,
- starke Entwicklung von Ruß, der Asbestfasern enthalten kann.

6.2.4 Emissionen bei Erwärmung

Zur Ermittlung der Emissionen bei der Erwärmung wurde der asbesthaltige Fugendichtstoff hinsichtlich seines Emissionsverhaltens beim stufenweisen thermischen Aufheizen untersucht. Durch die Ostthüringische Materialprüfgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH wurden die Untersuchungen im Auftrag durchgeführt [36].

Der Dichtstoff wurde von 25 °C mit einer Aufheizrate von 10 K/min bis auf 1050°C aufgeheizt. Die Temperatur von 1050 °C wurde 30 min konstant gehalten. Die Analyse der emittierten Substanzen erfolgte mittels Thermogravimetrie/IR-Spektrometrie-Kopplung.

Bei der thermischen Belastung von Morinol kommt es zur Emission gasförmiger Substanzen (siehe Tabelle 32).

Tabelle 37: Emissionen beim Aufheizen

Temperaturintervall [°C]	Bestandteil	Masse-%
25-125	Wasser, Kohlendioxid	1,1
125-285	Hexylacetat	10,0
285-370	Essigsäure	35,4
370-395	Essigsäure, Kohlendioxid	2,8
395-535	Kohlendioxid, Kohlenwasserstoffe	12,2
535-1050	Kohlendioxid, Wasser, Kohlenwasserstoff	6,4
1050	Verbrennungsprodukte	4,5
	Rückstand	27,6

Insgesamt werden während der Aufheizung der Probe bis zur Temperatur von 1050°C 72,4 Ma-% des Probematerials emittiert. Die Masseabnahme lässt sich verschiedenen Temperaturbereichen zuordnen. Das Material ist bis ca. 125 °C stabil, d. h. es gibt keine Bestandteile oder Zersetzungsprodukte ab. Die Masseabnahme ist auf Feuchtigkeitsabgabe zurückzuführen, der Kohlendioxidgehalt des Gases ist im Vergleich mit dem Wassergehalt in diesem Bereich sehr klein.

Im Bereich 125-285 °C erfolgt die Abgabe von Hexylacetatdämpfen. Hexylacetatdämpfe, oder auch Essigsäurehexylester genannt, sind eine charakteristisch nach Klebstoff riechende Substanz. Sie ist ungiftig. Hexylacetat entsteht durch die Veresterung von Essigsäure mit Hexanol. Hexylacetat wird als Lösungs- und Verdünnungsmittel für Harze, Lacke und Kunststoffe verwendet. Der Stoff ist brennbar, im Brandfall ist die Entstehung gefährlicher Brandgase oder Dämpfe möglich. Die Dämpfe sind schwerer als Luft und die Bildung explosionsfähiger Gemische ist möglich. Dämpfe/Aerosole dürfen nicht eingeatmet werden. Hexylacetat gehört zur Wassergefährdungsklasse 1 (schwach wassergefährdende Stoffe).

Im Bereich 285-395 °C wird der Hauptanteil der Gase abgegeben, insgesamt werden dort ca. 60 Ma-% des Materials emittiert. Die höchste Emissionsrate wurde bei einer Temperatur von 334 °C festgestellt. Bei dieser Temperatur werden fast ausschließlich Essigsäuredämpfe emittiert. Essigsäuredämpfe sind stechend riechende Dämpfe

(C₂H₄O₂). Sie wirken auf Augen, Haut und Schleimhäute stark ätzend. Diese Verbindung ist als Gefahrstoff entsprechend der Grenzwertliste der BG Chemie eingestuft. Der MAK-Wert wurde mit 25 mg/m³ (Überschreitungsfaktor 1) festgelegt. Übertragen auf den Fugendichtstoff reichen bereits ca. 50 mg Material aus, um den Grenzwert für 1 m³ Luft zu erreichen. Bei einem Raumvolumen von 50 m³ ohne Luftwechsel würde die thermische Zersetzung von 2,6 g Fugendichtstoff zum Erreichen des Grenzwertes genügen.

Im Bereich oberhalb 395 °C emittieren Kohlendioxid, Wasserdampf und Kohlenwasserstoff.

Neben den oben angeführten Substanzen können noch weitere Verbindungen im Spurenbereich emittiert werden, die mit der gewählten Methode nicht zu erfassen sind. Jedoch konnte an Hand der Masseverlustkurve das Emissionsverhalten des Fugendichtstoffes weitgehend geklärt werden und mittels IR-Analyse die hauptsächlich emittierten Gase analysiert werden [36].

Die Untersuchung führte zu dem Ergebnis, dass bei der Erwärmung von Morinol ab ca. 125 °C Gase emittiert werden. Hauptsächlich wird Essigsäure emittiert, welche als Gefahrstoff entsprechend der Grenzwertliste der BG Chemie eingestuft ist. Bei einer Erwärmung würde neben dem vorhandenen Gefahrstoff Asbest ein zusätzlicher gasförmiger Gefahrstoff entstehen, so dass thermische Verfahren als nicht geeignetes Ausbauverfahren eingestuft werden.

6.3 Mechanische Verfahren

Der Ausbau des asbesthaltigen Fugendichtstoffes erfolgt bisher mittels des trennenden mechanischen Verfahrens „Meißeln“, ausgeführt mit Elektrohammer mit Breitmeißel. Zielstellung ist die Entwicklung und Praxiseinführung eines neuartigen effizienten arbeits- und umweltschutzgerechten Verfahrens für den Ausbau von gefahrstoffhaltigen Fugendichtstoffen.

Die allgemeine Systematik der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 [50] gibt einen Überblick über die möglichen Verfahren und soll für die Lösungsfindung genutzt werden.

Bezogen auf den Fugenausbau ist als zu bearbeitendes „Werkstück“ der Beton der Fugenflanken und der dazwischen klebende Dichtstoff anzusehen. Das gewünschte Fertigungsergebnis ist der rückstandsfrei ausgebaute Fugendichtstoff und die dementsprechend saubere Fugenflanke der Betonelemente.

Auf dem Gebiet der mechanischen Verfahren kommt als mögliches Ausbauverfahren das „Trennen“ mit den Untergruppen „Zerteilen“, „Spanen mit geometrisch bestimmten Schneiden“ und „Zerlegen“ in Betracht. Das Trennen als favorisierte Verfahrensgruppe für den Fugenausbau gliedert sich entsprechend der DIN 8580 in folgende sechs Gruppen mit den jeweiligen Untergruppen (siehe Bild 43):

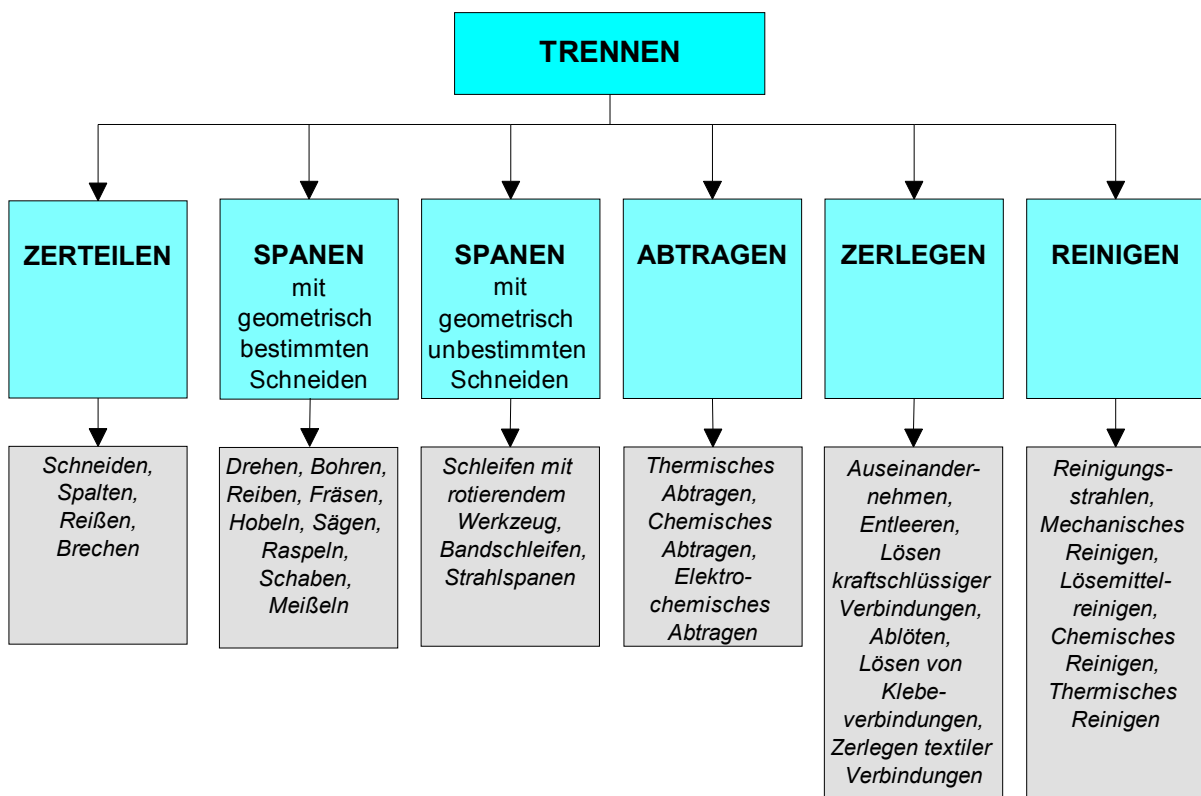


Bild 43: Unterteilung der Hauptgruppe Trennen nach DIN 8580 [50]

Unter Trennen versteht man das Fertigen durch Aufheben des Zusammenhaltens von Körpern, wobei der Zusammenhalt teilweise oder im Ganzen vermindert wird [50]. Das Zerlegen zusammengesetzter (gefügter) Körper wird dem Trennen zugeordnet [38].

Im Rahmen der Entwicklung eines mechanischen Trennverfahrens zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe wurden verschiedene Möglichkeiten untersucht und bewertet:

1. Einsatz neuer Meißeltypen
2. Sägeverfahren
3. Zugverfahren
4. Ausdrückverfahren.

Nachfolgend sind die Untersuchungsergebnisse dargestellt.

6.3.1 Einsatz neuer Meißeltypen

Eine Weiterentwicklung des bisherigen Verfahrens „Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel“ stellt eine kostengünstige und in einem kurzen Zeitraum zu realisierende Alternative zu einer kompletten technischen Neuentwicklung dar. Als Basismaschine für die Entwicklung von neuen Meißeltypen wurde ein handelsüblicher Schlaghammer mit SDS-Aufnahme verwendet. Die entsprechenden Werkzeuge für den Elektrohammer lassen sich unkompliziert austauschen.

Grundlage für die Modifizierung und Neuentwicklung von Meißeln bildete die Zielstellung, für jeden Fugentyp (Geometrie, Morinolkonsistenz) das optimale Werkzeug hinsichtlich der jeweiligen spezifischen Ausbaubedingungen zu finden.

In Voruntersuchungen (siehe Punkt 2) sind die Gebäudetypen und die entsprechenden Fugenausbildungen als Grundlage für die Modifizierung und Entwicklung der Meißel analysiert worden. Auf Basis dieser Analysen wurden sieben verschiedene Meißeltypen für die entsprechenden Fugen entwickelt und von der Fa. Herwig Bohrtechnik Schmalkalden GmbH gefertigt [39].

Die verschiedenen Meißeltypen sind in ihrer Konstruktion auf eine Bearbeitung des Fugendichtstoffes abgestimmt, d.h. ein Herausarbeiten des Materials aus der Fuge. Beim herkömmlichen Ausbaurverfahren wird die Betonflanke unmittelbar neben dem Dichtstoff abgestemmt. Für die Erprobung der Neuentwicklungen wurden am Schlaghammer die herkömmlichen Breitmeißel durch die Versuchswerkzeuge ersetzt. Die Meißeltypen können in folgende Gruppierungen unterteilt werden:

- Spatmeißel
- Spitzmeißel
- Schmalmeißel.

In der folgenden Tabelle 38 werden die Meißeltypen charakterisiert und dargestellt.

Tabelle 38: Übersicht über die Meißeltypen


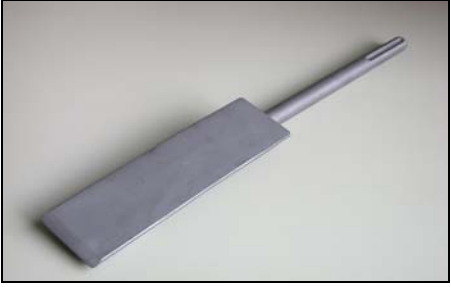





Typ	Meißel - Kurzcharakteristik	
1	<p>Spatmeißel Grundtyp</p> <p>Breite: 50 mm Länge: 60 mm Schaftlänge: 250 mm</p>	
2	<p>Spatmeißel mit Langblech</p> <p>Breite: 55 mm Länge: 195 mm Schaftlänge: 155 mm</p>	
3	<p>Spatmeißel mit Breitblech</p> <p>Breite: 95 mm Länge: 130 mm Schaftlänge: 90 mm</p>	
4	<p>Spatmeißel mit kurzem gebogenen Abführblech</p> <p>Breite: 55 mm Länge: 65 mm Schaftlänge: 150 mm</p>	

Tabelle 38: Übersicht über die Meißeltypen (Fortsetzung)

Typ	Meißel - Kurzcharakteristik	
<p>5</p>	<p>Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Langblech</p> <p>Breite: 50 mm Länge: 100 mm Schaftlänge: 75 mm</p>	
<p>6</p>	<p>Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Kurzblech</p> <p>Breite: 40 mm Länge: 60 mm Schaftlänge: 115 mm</p>	
<p>7</p>	<p>Schmalmeißel mit Krümmung</p> <p>Breite: 8 mm Länge: 120 mm Schaftlänge: 90 mm</p>	
<p>8</p>	<p>Schmalmeißel mit Rollenlagerung: Rollen Gummi</p> <p>Breite: 6 mm Länge: 80 mm Schaftlänge: 70 mm</p>	
	<p>Schmalmeißel mit Rollenlagerung: Rollen Stahl</p> <p>Breite: 6 mm Länge: 80 mm Schaftlänge: 70 mm</p>	

Die Erprobung der Meißel Typ 2 bis 8 führte zu dem Ergebnis, dass kein Meißeltyp die Zielstellung erreichte und sich besser als die herkömmliche Technik (Typ 1) darstellte. Bei Fugen mit geraden Fugenflanken und mit Fugenflanken mit Aussparungen konnten keine Vorteile der speziell entwickelten Meißel gegenüber dem herkömmlichen Meißel festgestellt werden. Mit dem Meißelgrundtyp 1 und den Typen 2, 3 und 4 kann der Fugendichtstoff von der Betonflanke abgestemmt werden.

Bei Fugen mit konischen Fugenflanken und bei tiefen Fugen erwiesen sich die Meißel Typ 2-7, aufgrund ihrer Breite, als ungeeignet, ein Herausschälen des Dichtstoffes war nicht möglich. Die Meißeltypen 5 und 6 zeigten nach dem Einsatz starke Verformungen am Blech, bedingt durch die Spitze, die eine ungleichmäßige Kraffteinleitung bewirkte.

Für die konischen Fugen wurde der Meißel Typ 8 entwickelt. Durch seine schmale und keilförmige Gestalt sollte beim Vortrieb ein gleichzeitiges Herausschälen des Dichtstoffes aus der Fuge erfolgen. Die Rollenlagerung wurde zur Führung des als Hebel wirkenden Meißels eingesetzt. Bei der Erprobung führte der Kontakt mit dem Fugendichtstoff zum Verkleben des Meißels und die Bewegung wurde unterbunden. Bedingt durch die Konsistenz des Dichtstoffes und die Fugentiefe war ein Heraushebeln des Meißels nicht möglich.

Im Ergebnis der Erprobung konnte festgestellt werden:

- die neuen Meißelformen weisen bei geraden Fugenflanken und bei Fugenflanken mit Aussparungen keine Vorteile gegenüber den herkömmlich verwendeten Meißeln auf,
- ein Herausschälen des Fugendichtstoffes aus konischen Fugen mittels Meißel ist durch das sofortige Verkleben nicht möglich,
- eine Trennung von Beton und Dichtstoff an der Fugenflanke ist nur möglich, wenn der Fugendichtstoff nicht tief im Fugenraum liegt und eine spröde Konsistenz aufweist.

In der Tabelle 39 ist die Erprobung der Meißeltypen 1-8 dokumentiert. Die Erprobung erfolgte von den Meißeltypen Grundtyp, Spatmeißel mit Langblech, Spatmeißel mit Breitblech, Spatmeißel mit kurzem gebogenem Abführblech, Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Langblech, Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Kurzblech, Schmalmeißel mit Krümmung und Schmalmeißel mit Rollenlagerung.

Tabelle 39: Ergebnisse der Erprobung der Meißeltypen










Typ	Erprobung	
1	<p>Grundtyp</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei gerade verlaufenden Fugenflanken und oberflächlich liegendem Fugenkitt lässt sich der Fugendichtstoff vom Beton abstemmen - bei konischen Fugen oder tief liegendem Fugenkitt lässt sich die Betonflanke abstemmen 	
2	<p>Spatmeißel mit Langblech</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei gerade verlaufenden Fugenflanken keine Verbesserung zum Grundtyp, vergleichbares Ergebnis - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich 	
3	<p>Spatmeißel mit Breitblech</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei gerade verlaufenden Fugenflanken keine Verbesserung zum Grundtyp, vergleichbares Ergebnis - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich 	
4	<p>Spatmeißel mit kurzem gebogenen Abführblech</p> <ul style="list-style-type: none"> - bei gerade verlaufenden Fugenflanken keine Verbesserung zum Grundtyp, vergleichbares Ergebnis - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich 	

Tabelle 39: Ergebnisse der Erprobung der Meißeltypen (Fortsetzung)

Typ	Erprobung	
<p>5</p>	<p>Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Langblech</p> <ul style="list-style-type: none"> - für gerade verlaufende Fugenflanken nicht geeignet - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich - nach dem Einsatz starke Verformungen am Blech 	
<p>6</p>	<p>Spitzmeißel mit aufgeschweißtem Kurzblech</p> <ul style="list-style-type: none"> - für gerade verlaufende Fugenflanken nicht geeignet - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich - nach dem Einsatz starke Verformungen am Blech 	
<p>7</p>	<p>Schmalmeißel mit Krümmung</p> <ul style="list-style-type: none"> - für gerade verlaufende Fugenflanken nicht geeignet - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich 	
<p>8</p>	<p>Schmalmeißel mit Rollenlagerung: Rollen Gummi Rollen Stahl</p> <ul style="list-style-type: none"> - für gerade verlaufende Fugenflanken nicht geeignet - für konische Fugen und tief liegenden Fugendichtstoff nicht geeignet, ein Herausschälen des Fugendichtstoffes ist nicht möglich - nach dem Eindringen in den Fugendichtstoff zeigte sich ein Verkleben des Meißels - Rollen erwiesen sich bei der Handhabung als hinderlich 	 
<p>Erprobungsobjekte: Jena - Ebereschenstr., Erfurt - Alfred-Delph-Ring, Gera - Petzoldstr.</p>		

6.3.2 Sägeverfahren

6.3.2.1 Sägen im Beton

Für Fugensanierungen im Tiefbau stellt das Diamantsägen eine Standardlösung dar. Die Ränder der Fugen werden beidseitig nachgeschnitten, um evtl. anhaftende Dichtstoffreste zu entfernen, eine saubere Schnittkante zu erhalten und eine ausreichende Fugenbreite zu gewährleisten. Diamantsägen ist aufgrund der Beanspruchung der Sägeblätter ein teures Verfahren und mit Staub- und Lärmemissionen verbunden.



Das Sägeverfahren bzw. ein kombiniertes Verfahren aus Sägen (Schlitzen) und Stemmen wurde hinsichtlich seiner Eignung für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe untersucht. Für die Erprobung des Verfahrens wurden handelsübliche Technik, ein Winkelschleifer mit Diamantsägeblatt und ein Meißelhammer der Masse 5,5 kg eingesetzt (Tabelle 40).

Tabelle 40: Elektrowerkzeuge für Erprobung

Verfahren	Gerätetyp
Schlitzen	Winkelschleifer Masse 1,8 kg 
Stemmen	Meißelhammer Masse 5,5 kg 

Die Untersuchungen wurden an zwei verschiedenen Gebäuden durchgeführt, um variierende Einsatzbedingungen berücksichtigen zu können. Für einen objektiven Vergleich von herkömmlichem und neuem Verfahren wurden beide Möglichkeiten erprobt (siehe Tabelle 41).

Tabelle 41: Ergebnisse der Erprobung des Sägens im Beton

Erprobung Sägen im Beton	
<p>1. Arbeitsschritt: Sägen eines Schlitzes mit Winkelschleifer beidseitig der Fugen, 1-2 cm tief.</p> <p>2. Arbeitsschritt: Abstemmen der Betonflanken mit dem Meißelhammer entlang des Schlitzes, bis in die Tiefe des Dichtungsstrickes.</p> <p>Ausbauzeit für 1 m Fugendichtstoff [39]: 2 m Schlitz sägen: 3 min Abstemmen: 6 min</p> <p>Schalldruckmessungen [39]: Schlitzen 101dB(A) Stemmen 97-99 dB(A)</p> <p>Faser-/Staubemission: hohe Staubentwicklung beim Sägen im Beton, Freisetzung silikatischer Stäube Ausstemmen: Asbestfaseremissionen, Emissionen sonstiger anorg. Fasern, Emission silikatischer Stäube</p>	 
Erprobungsobjekte: Erfurt – Körnerstraße, Nohra - LEG-Gelände Südhorst	

Die starke Staubentwicklung beim Sägen im Beton ist deutlich auf den Bildern in Tabelle 41 sichtbar, es handelt sich dabei um Betonstaub mit silikatischem Anteil.

Die Anschaffungskosten für die Diamantsägetechnik (Säge, Versorgungszubehör, 6 m Schiene) liegen zwischen 11.000 - 24.500 €. Hinzu kommen die laufenden Kosten durch den Verschleiß der Sägeblätter ca. 2,45 €/lfm [39].

Für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe scheidet das „Sägeverfahren“ aus folgenden Gründen aus:

- zusätzlicher Verfahrensschritt zum „Ausstemmen“,
- niedrigere Arbeitsleistung, hoher Zeitaufwand durch Schnitte beidseitig der Fuge,
- hohe Staub- und Lärmemissionen,
- hohe Anschaffungskosten für Diamantsägetechnik, d.h. kostenintensiv,
- hoher Kostenaufwand für Schnitte im Beton durch Verschleiß der Sägeblätter,
- Risiko der Asbestfaserfreisetzung bleibt bestehen.

6.3.2.2 Sägen an der Fugenflanke im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton

Da sich das Sägen des Betons im Flankenbereich der Fugen als nicht praktikabel erwiesen hat, wird bei diesem Verfahren versucht, den Fugendichtstoff direkt an der Fugenflanke mittels einer langsam laufenden Säge abzutrennen.

Um die Machbarkeit des Verfahrens beurteilen zu können, wurde ein Sägeblatt durch einen handelsüblichen Bohrschrauber mit geringer Geschwindigkeit angetrieben. Die Erprobung führte zu folgendem Ergebnis (siehe Tabelle 42):

Tabelle 42: Erprobung des Sägens an der Fugenflanke im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton

Erprobung Sägen an der Fugenflanke im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton
<ul style="list-style-type: none">- Sägeblatt wird im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton angesetzt- durch die Bewegung des Sägeblattes im Morinol erwärmte sich der Fugendichtstoff und führte zum Verkleben des Sägeblattes- es erfolgte keine Materialtrennung, die Sägezähne waren zugesetzt und dementsprechend wirkungslos- der Kunststoff haftete so stark am Sägeblatt, dass er nicht entfernt werden konnte und das Sägeblatt in kurzer Zeit unbrauchbar war- der Versuch wurde mit negativem Ergebnis beendet
Erprobungsobjekt: Jena - Ebereschenstraße

Bild 44 bis Bild 47 zeigen das Sägeverfahren während der Erprobung. Deutlich ist das verklebte Sägeblatt erkennbar.

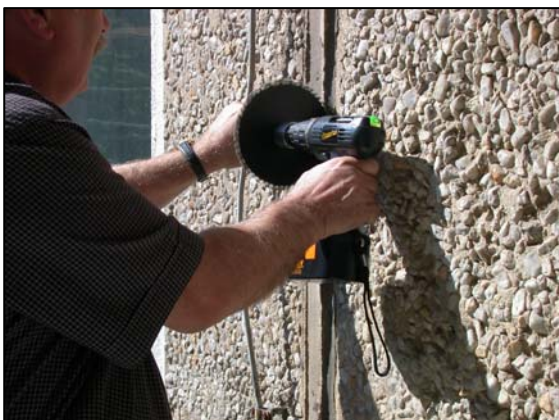


Bild 44: Säge im Einsatz



Bild 45: Fuge nach der Bearbeitung



Bild 46: Verklebtes Sägeblatt



Bild 47: Sägezahn mit Fugendichtstoff

Für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe scheidet das Sägeverfahren im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton aus folgenden Gründen aus:

- die Bewegung des Sägeblattes führt zu einer Erwärmung des Fugendichtstoffes, die Konsistenz wird plastisch,
- das Sägeblatt verklebt beim Kontakt mit dem Fugendichtstoff und verliert damit seine Funktionstüchtigkeit,
- eine Trennung von Fugendichtstoff und Beton im Grenzbereich ist mit langsam laufenden Sägen nicht möglich,
- die Gefahr der Asbestfaserfreisetzung bleibt bestehen.

6.3.3 Seil-Zugverfahren

Diesem Lösungsansatz liegt der Gedanke zu Grunde, den Fugendichtstoff durch Zugkraft aus der Fuge herauszulösen. Der Fugenkitt liegt als quasi Endlos-Strang vor und könnte durch ein kontinuierliches Lösen von der Fugenflanke im „Stück“ ausgebaut werden. Ein entsprechendes Werkzeug müsste am unteren Fugenanfang zwischen Dichtungsstrick und Fugendichtstoff bzw. unter dem Dichtungsstrick ansetzen und in dieser Fugentiefe horizontal oder vertikal vorangetrieben werden. Je nach Konsistenz des Dichtstoffes und der damit verbundenen Haftung von Morinolresten am Beton kann ein nachträgliches Säubern der Betonflanken erforderlich werden.

Für die Realisierung der Aufgabe wurde eine Seil-Zugvorrichtung mit einem zahnartigen Werkzeug konstruiert, siehe Prinzipskizze Bild 48. Die Zugvorrichtung ist auf Rollen gelagert und wird mit einem Seil durch die Fuge gezogen. Mit Hilfe einer Winde wird das Seil aufgewickelt und die Vorrichtung bewegt sich in Zugrichtung. Die Führung des Werkzeugs in der Fuge wird vom Bediener über den Griff vorgenommen. Durch die Bewegung des Werkzeugs in der Fuge wird der Fugendichtstoff kontinuierlich herausgedrückt. In der Tabelle 43 ist die Charakteristik der Zugvorrichtung dargestellt.

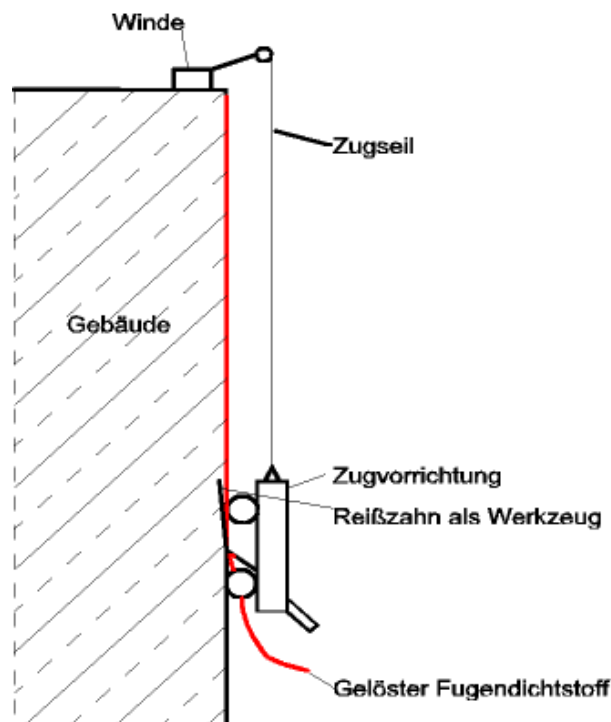
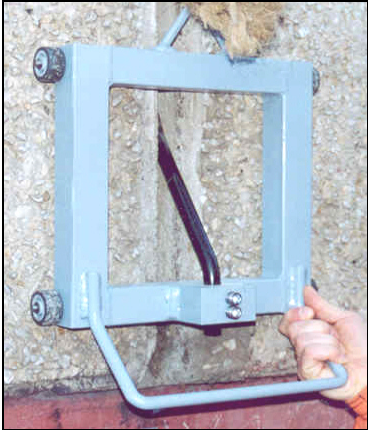





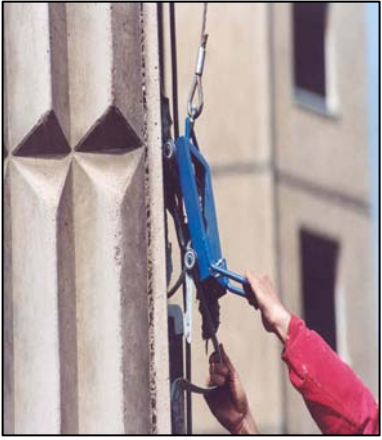
Bild 48: Prinzipskizze der Zugvorrichtung

Tabelle 43: Zugvorrichtung

Typ	Zugvorrichtung Kurzcharakteristik
<p>1</p>	<p>Aufbau Werkzeugträger: Material: Vierkanthohlprofil 40 x 40 mm, 2 mm Dicke Rahmengröße: Seitenlänge 300 x 300 mm</p> <p>Werkzeug (Reißzahn): Material: Rundstahl (gehärtet), Ø 18 mm Werkzeuglänge: 410 mm, gebogen, stumpfe Spitze</p> <p>Öse, Bügel: Rundstahl, Ø 12 mm Rollenlagerung, Ø 40 mm</p> 
<p>2</p>	<p>Aufbau Werkzeugträger: Material: Vierkantstahl (Vollprofil) 35 x 35 mm Rahmengröße: Trapez Seitenlänge 250 mm Vorderbreite: 200 mm Hinterbreite: 130 mm</p> <p>Werkzeug (Reißzahn): Material: Rundstahl (gehärtet), Ø 18 mm Werkzeuglänge: 410 mm, gebogen, stumpfe Spitze</p> <p>Öse , Bügel: Rundstahl, Ø 12 mm Rollenlagerung, Ø 40 mm</p> 

Die Erprobung der Zugvorrichtungen Typ 1 und Typ 2 erfolgte an Vertikalfugen. Mittels einer Seilwinde (Seil geführt über Hebebühnenausleger TIRAK) wurde das Werkzeug nach oben bewegt. Bei der Erprobung konnten folgende Ergebnisse erzielt werden (Tabelle 44):

Tabelle 44: Ergebnisse der Erprobung der Seil-Zugvorrichtung

Typ	Erprobung
<p>1</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Fugendichtstoff konnte durch die einwirkende Zugkraft gelöst und aus der Fuge befördert werden. - Die Zugvorrichtung muss permanent geführt werden, somit ist ein Ausbau vom Gerüst schwierig. - Bei der Erprobung blockierte das Werkzeug nach ca. 1,5 m an einer Stelle, wo der Morinol kitt eine größere Materialstärke besaß und die Fuge tiefer ausfüllte. - Die einwirkenden Zugkräfte (ca. 3.000 N) am Werkzeug führten dazu, dass der Werkzeugträger vom Vierkanthohlprofil abriss. (Die Wandung des Vierkanthohlprofils wurde zerstört, die Schweißverbindungen und das Werkzeug hielten der Belastung stand; zul. Spannung in den Schweißnähten ca. 113 N/mm² nach DIN 15018T1.) <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div data-bbox="954 293 1331 786">  </div> <div data-bbox="995 801 1295 833" data-label="Caption"> <p>Lösen des Dichtstoffes</p> </div> <div data-bbox="954 853 1331 1200">  </div> <div data-bbox="1011 1216 1264 1247" data-label="Caption"> <p>Zerstörter Rahmen</p> </div> </div>
<p>2</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Der Fugendichtstoff konnte durch die einwirkende Zugkraft gelöst und aus der Fuge befördert werden. - Problematisch zeigten sich Schwankungen in der Fugenbreite, hier blockierte das Werkzeug. - Die Zugvorrichtung muss permanent geführt werden, somit ist ein Ausbau vom Gerüst schwierig. <div style="display: flex; justify-content: center; align-items: center;"> <div data-bbox="959 1346 1342 1783">  </div> </div>

Erprobungsobjekte: Nohra – Kaserne Südhorst, Erfurt – Alfred-Delph-Ring

Aufgrund der schwankenden Fugengeometrien und der dementsprechend diskontinuierlichen Dichtstoffdicken treten beim Einsatz der Seil-Zugvorrichtung Blockierungen auf, die zum Freisetzen hoher unkontrollierter Kräfte führen. Aus Sicherheits-

gründen sollte sich am Zugseil ein Hubkraftbegrenzer befinden, der die Motorwinde beim Erreichen einer maximal zulässigen Kraft abschaltet.

Das Verfahren wird aus folgenden Gründen nicht favorisiert:

- Auftreten von Blockierungen bei Schwankungen der Fugentiefe und Fugenbreite,
- Motorwinde mit Hebebühnenausleger muss aufwendig platziert werden (Dach, Eckbereiche),
- höherer technischer Aufwand als beim herkömmlichen Verfahren,
- ein Ausbau der Vertikalfugen vom Gerüst aus ist problematisch, da die Zugvorrichtung geführt werden muss und nur eine bestimmte Reichweite des Bedieners vorhanden ist (Etagenwechsel notwendig).

6.3.4 Ausdrückverfahren

Diese Ausbaulösung basiert auf der Grundidee, den Fugendichtstoff aus der Fuge zwischen den Betonelementen herauszudrücken. Ein entsprechendes Werkzeug müsste am unteren Fugenanfang zwischen Dichtungsstrick und Fugendichtstoff bzw. unter dem Dichtungsstrick ansetzen und in dieser Fugentiefe horizontal oder vertikal vorangetrieben werden. Je nach Konsistenz des Dichtstoffes und der damit verbundenen Haftung von Morinolresten am Beton kann ein nachträgliches Säubern der Betonflanken erforderlich werden.

Für die Erprobung des Verfahrens wurde eine handbetriebene hydraulische Spreizschere verwendet. Es handelte sich um ein gebrauchtes Gerät der Firma Herwig Bohrtechnik Schmalkalden GmbH. Durch eine Spreizbewegung der Werkzeugteile wird der Dichtstoffstrang herausgehoben. Ein gabelförmiges Scherenteil liegt dabei auf den Betonflanken auf und ein mittig angeordnetes Scherenteil drückt beim Öffnen der Schere den Fugendichtstoff aus der Fuge heraus, siehe Prinzipskizze Bild 49. Bei dem eingesetzten Versuchsgerät wurde der Öldruck über eine Handpumpe aufgebaut. Die Tabelle 45 enthält die Charakteristik der Spreizschere.

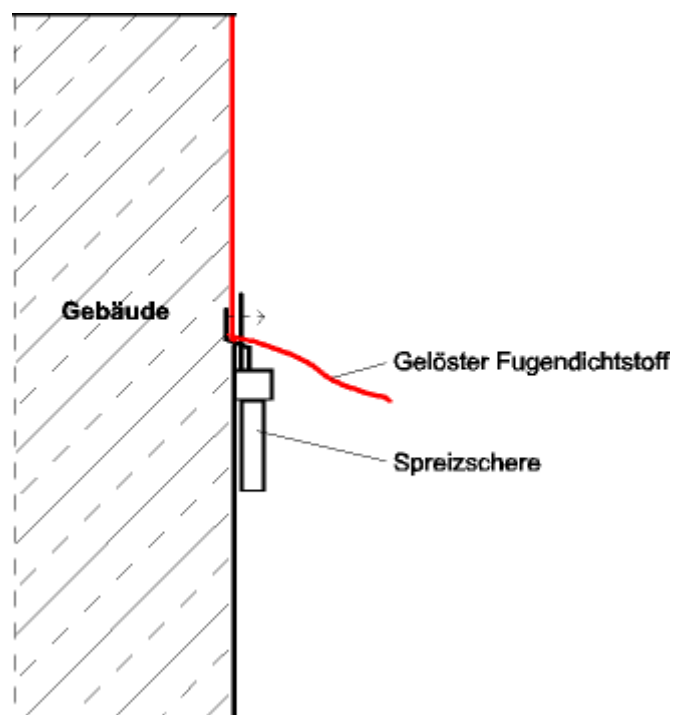


Bild 49: Prinzipskizze der Spreizschere

Tabelle 45: Spreizschere

Typ	Kurzcharakteristik Spreizschere
<p>1</p>	<p>Aufbau Spreizschere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hydraulikzylinder mit zwei Scherenteilen - unterer Scherenteil: Rundstahl Ø 22 mm, gabelförmig, liegt an den beiden Fugenseiten auf - oberer Scherenteil: Rundstahl Ø 22 mm, hakenförmig gebogen <p>Antrieb:</p> <ul style="list-style-type: none"> - elektrisch- oder benzinbetriebenes Hydraulikaggregat - Versuchsgerät: Handpumpe <p>Arbeitsweise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Der obere Scherenteil greift unter den Fugendichtstoff + Hinterfüllmaterial. - Durch das Öffnen der Schere wird der Fugendichtstoff langsam aus der Fuge herausgerückt. - Der Antrieb des Drückwerkzeugs erfolgt hydraulisch über den Kolbenhub des Hydraulikzylinders. - Nach dem Spreizen der Scherenschenkel und dem Herausdrücken des Morinolstranges werden die Schenkel wieder in ihre Ausgangslage zurück gefahren. - Schere wird vom Bediener in der Fuge in Vortriebsrichtung versetzt, womit der Zyklus Spreizen-Schließen von vorn beginnt.




Hydraulische Spreizschere



Spreizschere mit Handpumpe

Die Erprobung des Ausdrückverfahrens wurde an einer Vertikalfuge durchgeführt. In der Tabelle 46 sind die Erprobungsergebnisse dokumentiert.

Tabelle 46: Ergebnisse der Erprobung der Spreizschere

Typ	Erprobung
1	<ul style="list-style-type: none"> - Um die Spreizschere unter dem Dichtstoffstrang ansetzen zu können, musste der Fugenanfang aufgestemmt werden. - In der geöffneten Fuge wurde der obere Schenkel (Dorn) unter den Dichtstoff geschoben und der gabelförmige Scherenteil auf die Betonelemente beidseitig der Fuge aufgesetzt. - Durch das Betätigen der handbetriebenen Hydraulikpumpe und dem entsprechenden Druckaufbau wurden die Scherenschenkel gespreizt. - Der obere Schenkel wurde aus der Fuge nach oben bewegt und drückte dabei den Dichtstoffstrang heraus. - Der hakenförmige Rundstahl zeigte nach dem Einsatz eine Deformation <div data-bbox="948 349 1337 837" style="text-align: right;">  </div>
Erprobungsobjekt: Nohra – Kaserne Südhorst	

Im Ergebnis der Erprobung konnte festgestellt werden, dass der verwendete Rundstahl des Scherenkopfes zu gering dimensioniert war, dadurch traten Verformungen des hakenförmigen Dornes auf. Aufgrund der definierten Fugenbreiten (15-40 mm) ist eine Vergrößerung des Werkzeugquerschnitts zur Erhöhung der Biegesteifigkeit nur über eine Änderung des Materialquerschnitts, d.h. Wahl eines Vierkantvollprofils, möglich. Weiterhin müssen die Hebelverhältnisse an den Schenkeln der Schere optimiert werden, durch kürzere Hebel können höhere Kräfte eingetragen werden. Die Arbeitsleistung ist in starkem Maße von der Leistung des Hydraulikaggregates abhängig, je größer und schneller der mögliche Volumenstrom ist desto schneller sind auch die Arbeitszyklen des Werkzeuges. Ein Hydraulikaggregat mit einer entsprechenden Leistung, z.B. betrieben mit Benzinmotor 2,6 kW oder mit E-Motor 1,3 kW, ist für den Praxiseinsatz auszuwählen.

Die Erprobung des Ausdrückverfahrens mittels Spreizschere zeigte, dass dieses Verfahren grundsätzlich für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe geeignet ist. Das Werkzeug ist hinsichtlich der Materialdimensionierung und der Hebelverhältnisse weiterzuentwickeln und zu optimieren.

Folgende Kriterien favorisieren das Ausdrückverfahren:

- keine unmittelbare Bearbeitung des Dichtstoffes, dadurch Reduzierung der Faserfreisetzungsfahr,
- keine Staubemission,
- keine aufwendige Technik notwendig,
- keine Vibrationen,
- geringe Lärmemissionen durch elektrisch- oder benzinbetriebenes Hydraulikaggregat,

- in geringem Maß anhaftender Beton, dadurch Reduzierung der Abfallmenge,
- saubere Fugenflanken ohne Dichtstoffanhaftungen.

6.3.5 Vergleichende Bewertung der untersuchten Verfahren

Für die Entwicklung neuer Verfahrenslösungen zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe wurden thermische und mechanische Verfahren hinsichtlich ihrer Eignung untersucht und bewertet. Die Untersuchungen beinhalteten folgende Verfahren:

Thermische Verfahren

- Erweichung des Fugendichtstoffes
- Versprödung des Fugendichtstoffes
- Verbrennung des Fugendichtstoffes

Mechanische Verfahren

- Modifizierte Meißeltypen
- Sägen im Beton
- Sägen an der Fugenflanke
- Seil-Zugverfahren
- Ausdrückverfahren.

Im Ergebnis der Untersuchungen wurde festgestellt, dass thermische Verfahren aufgrund des hohen technischen Aufwands zum Erwärmen bzw. Abkühlen des Fugendichtstoffes und der höheren Anzahl an Verfahrensschritten im Vergleich zum herkömmlichen Ausstemmen, als nicht geeignet einzustufen sind.

Bei den mechanischen Verfahren erwiesen sich die Sägeverfahren als ungeeignet, da beim Sägen im Beton ein zusätzlicher Arbeitsschritt im Vergleich zum herkömmlichen Ausstemmen notwendig ist und die Diamantsägetechnik kostenintensiv ist. Das Sägen an der Fugenflanke führte sofort zum Verkleben des Sägeblattes, so dass die Säge funktionsuntüchtig wurde.

Die modifizierten Meißeltypen zeigten keine Verbesserung zum derzeit verwendeten Grundtyp. Beim Seil-Zugverfahren führten auftretende Blockierungen bei Schwankungen der Fugentiefe und Fugenbreite und die aufwendige technische Ausrüstung zur negativen Bewertung des Verfahrens.

Mit positivem Untersuchungsergebnis wurde das Ausdrückverfahren bewertet. Für das Verfahren ist keine aufwendige Technik notwendig, der Dichtstoff wird nicht unmittelbar bearbeitet, sondern aus der Fuge gedrückt, so dass Faseremissionen, Staubemissionen, Lärmemissionen und Vibrationen deutlich reduziert werden können. Die Fugenflanken liegen nach dem Ausbau des Fugendichtstoffes ohne Restanhaftungen vor. Das Ausdrückverfahren dient als Basis für die weitere technische Entwicklung.

In der Tabelle 47 ist die Bewertung der untersuchten Verfahren zusammengefasst dokumentiert.

Tabelle 47: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Verfahren

Bewertungs-kriterien	Thermische Verfahren			Mechanische Verfahren				
	Erweichung	Versprödung	Verbrennung	Modifizierte Meißeltypen	Sägen im Beton	Sägen an der Fugenflanke	Seil-Zugverfahren	Ausdrück-verfahren
Arbeits- und Gesundheits-schutz	<ul style="list-style-type: none"> - Verbrennungs-gefahr - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahr der Erfrierungen - Asbestfaser-emissionen - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Verbrennungs-gefahr - gesundheits-schädliche Dämpfe - Rußbildung - Asbestfaser-emissionen - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Asbestfaser-emissionen - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Asbestfaser-emissionen - Emission silika-tischer Stäube - Lärmemissionen - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Asbestfaser-emissionen - Vibrationen 	<ul style="list-style-type: none"> - Gefahr der Verletzung bei Blockierungen 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Asbestfa-seremissionen - keine Lärm-emissionen - keine Vibratio-nen - keine Staub-emissionen
Technologie	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Anzahl an Verfahrensschritten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Erwärmen 2. Ausschaben 3. Flanken-abstemmen - hoher techni-scher Aufwand beim Erwärmen 	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Anzahl an Verfahrensschritten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Abkühlen 2. Ausstemmen - hoher techni-scher Aufwand beim Abkühlen 	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Anzahl an Verfahrensschritten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Verbrennung 2. Ausschaben 3. Flanken-abstemmen - hoher techni-scher Aufwand beim Verbrennen 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Vorteile gegenüber herkömmlichen Meißeln - Herausschälen des Morinols aus konischen Fugen ist nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - höhere Anzahl an Verfahrensschritten: <ol style="list-style-type: none"> 1. Schneiden 2. Abstemmen - hoher techni-scher Aufwand für Sägetechnik 	<ul style="list-style-type: none"> - eine Trennung von Morinol und Beton ist durch Sägen an der Fugenflanke nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - hoher techni-scher Aufwand - Motorwinde mit Bühnenausleger muss aufwendig platziert werden - Ausbau vom Gerüst nicht möglich - Blockierungen bei Schwankungen der Fugentiefe u. Fugenbreite 	<ul style="list-style-type: none"> - technischer Aufwand ver-gleichbar mit technischer Ausrüstung für Stemmarbeiten - Verfahrensschritte: <ol style="list-style-type: none"> 1. Aufstemmen Fugenanfang 2. Dichtstoff heraus-drücken
Effizienz	<ul style="list-style-type: none"> - zusätzlicher Energieaufwand - höhere Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> - nicht für koni-sche Fugen geeignet - zusätzlicher Energieaufwand - höhere Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> - zusätzlicher Energieaufwand - höhere Kosten 	<ul style="list-style-type: none"> - bei geraden Fugenflanken analog her-kömm. Ausstemmen - Aubau koni-scher Fugen nicht möglich 	<ul style="list-style-type: none"> - niedrige Arbeits-leistung - hohe Anschaf-fungskosten 		<ul style="list-style-type: none"> - durchgängiges Arbeiten nicht möglich – konstante Fugengeometrie erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Abfall-menge - Ausbauleistung vergleichbar mit Ausstemmen
Eignung	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	ja

7 Darstellung einer anwendungsreifen Lösung

7.1 Verfahrensbeschreibung

Die durchgeführten Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass sich das Ausdrückverfahren als zu favorisierendes Verfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe darstellt.

Bei dem Ausdrückverfahren wird der Fugendichtstoff mit einem hydraulischen Fugenausdrückgerät aus den Fugen zwischen den Betonelementen herausgedrückt. Das Fugenausdrückgerät ist eine Weiterentwicklung der in den Vorversuchen verwendeten Spreizschere und beruht auf dem gleichen Wirkprinzip. Der Fugendichtstoff wird in Form eines zusammenhängenden Stranges ausgebaut. Durch diese Arbeitsweise soll das Entstehen und die Freisetzung von Faseremissionen aus dem asbesthaltigen Material unterbunden werden.

Die Entwicklung wurde patentrechtlich geschützt unter dem amtlichen Kennzeichen DE 10360820, „Gerät zum Entfernen von Fugendichtstoffen“ [40].

In den Bildern 50-52 ist das Fugenausdrückgerät als Prinzipskizze dargestellt. Es besteht aus einem Hydraulikzylinder (1) mit Werkzeugkopf (2). Dieser setzt sich abtriebsseitig aus zwei Scherenteilen (5, 6) und antriebsseitig aus einem am Hydraulikzylinder angelenkten Hebelantrieb (3, 4) zusammen. Infolge der ausgeführten Hebelankopplung mit dem Hydraulikzylinder führen die Scherenteile eine Öffnungs- und Schließbewegung aus. Der untere Scherenteil (6) ist gabelförmig mit zwei Stützzinken (6.1, 6.2) ausgebildet und ist dazu bestimmt, den Werkzeugkopf des Gerätes an der Fassade, jeweils seitlich neben einer Fuge abzustützen. Der obere mittig angeordnete Scherenteil (5) ist als schmaler hakenförmiger Greiffinger zum Hintergreifen der Fugenmasse ausgebildet. Durch das Öffnen der Schere wird der Fugendichtstoff langsam aus der Fuge herausgerückt. Der Antrieb des Drückwerkzeugs erfolgt hydraulisch über ein Steuerventil mit Totmannschaltung, der Druckaufbau erfolgt mit elektrisch- oder benzinbetriebenem Hydraulikaggregat.

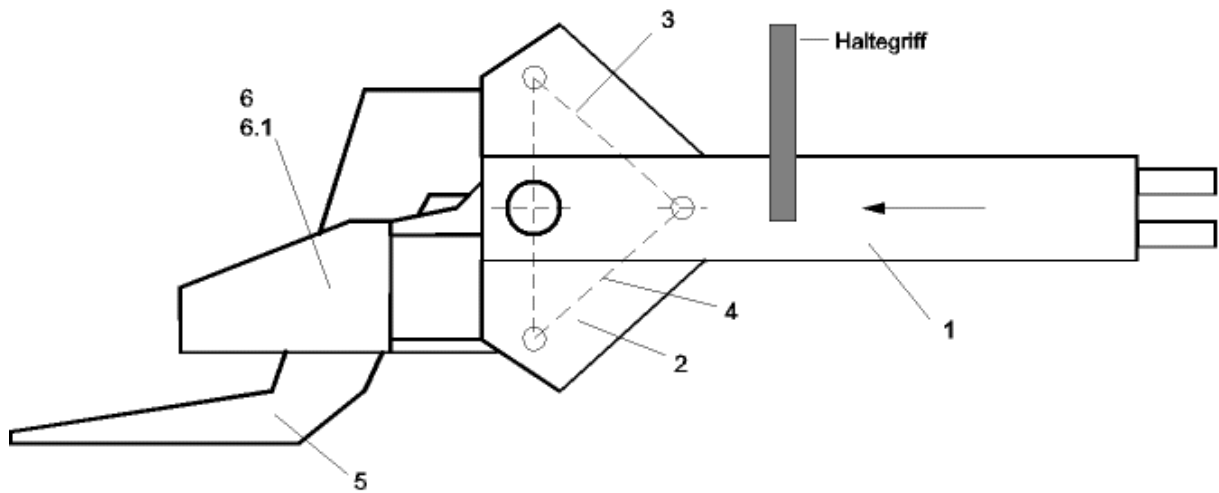


Bild 50: Darstellung Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder in Ruhelage

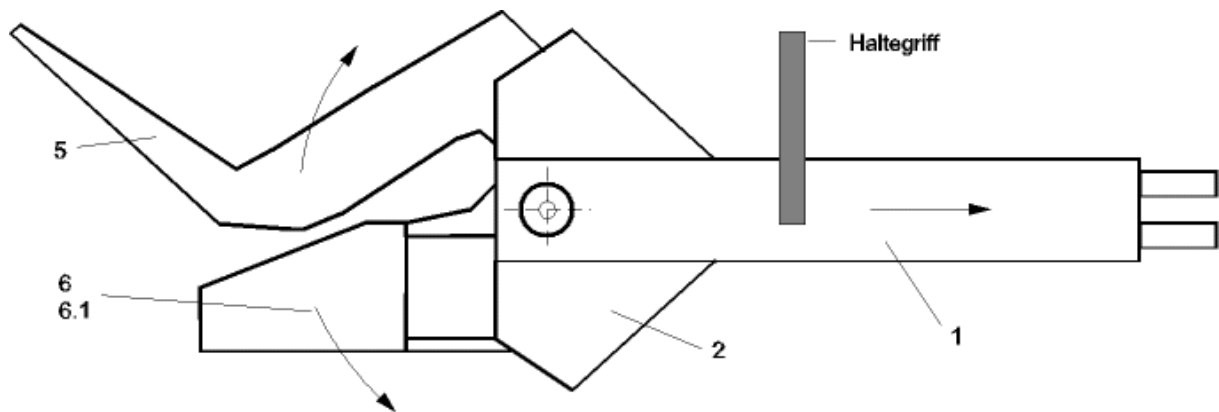


Bild 51: Darstellung Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder in Wirklage

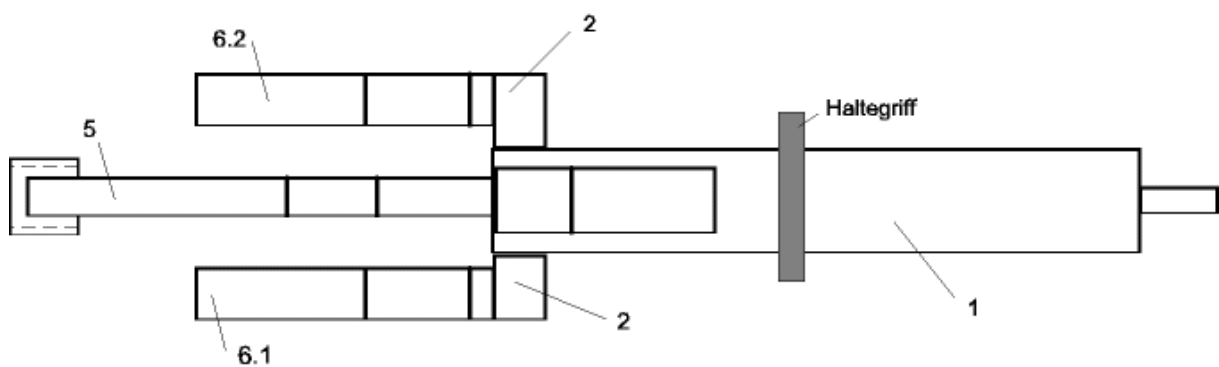


Bild 52: Draufsicht Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder

- 1. Hydraulikzylinder
- 2. Werkzeugkopf bestehend aus: Hebelantrieb 3, 4
Scherenteile: Greiffinger 5, Stützzinken 6.1, 6.2

Der Dichtstoffstrang wird nach einer Ausbaulänge von ca. 1,0-1,5 m mittels Beilschlag abgetrennt und in die bereitgestellten Kunststoffsäcke entsprechend der TRGS 519 verpackt und entsorgt.

Zusätzliche Stemmarbeiten sind für das Öffnen der Fugenanfänge und für geringe Fugenbreiten < 1,5 cm erforderlich, da hier der Greiffinger aufgrund seiner Mindestdicke nicht eingesetzt werden kann. Das Fugenausdrückgerät ist aufgrund der Ausbildung des Werkzeugkopfes nicht geeignet zum Ausbau des Dichtstoffes an Loggiaplatten, da hier die Betonelemente im 90° Winkel zueinander stehen und der Dichtstoff sich im Winkel befindet. Den Schwerpunkt der Ausbauarbeiten stellen die Horizontal- und Vertikalfugen dar, für die das Ausbaurverfahren konzipiert wurde.

Die folgende Tabelle 48 enthält die Arbeitsanleitung für das hydraulische Fugenausdrückverfahren mit den notwendigen organisatorischen Maßnahmen, der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitsausführung und der Entsorgung, entsprechend der TRGS 519. Die Arbeitsanleitung wurde unter Berücksichtigung der Forderungen der BGI 664 [42] „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“ entwickelt.

Tabelle 48: Arbeitsanleitung für das hydraulische Fugenausdrückverfahren

Hydraulisches Fugenausdrückverfahren	
Anwendungsbereich	Ausbau von asbesthaltigem Fugendichtstoff (Morinol) in den Außenwandfugen (Horizontal- und Vertikalfuge) von Plattenbauten.
Organisatorische Maßnahmen	<ul style="list-style-type: none"> • Durch einen sachkundigen Verantwortlichen, nach TRGS 519 2.7, ist die Planung und Ausführung der Arbeiten zu leiten • Nach der TRGS 519 3.2 muss vor Beginn der Arbeiten eine unternehmensbezogene Anzeige an das Gewerbeaufsichtsamt und die Berufsgenossenschaft erfolgen • Die ausführende Firma muss einen Arbeitsplan entsprechend der TRGS 519 5.3 aufstellen und eine Betriebsanweisung gemäß TRGS 519 5.2 durchführen • Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen • Eine Arbeitsschutzbelehrung mit Eingliederung der Betriebsanweisung und des Arbeitsplanes sowie Unterschriftsleistung aller für den Sanierungsbereich vorgesehenen Arbeitnehmer ist durchzuführen
Arbeitsvorbereitung	<p>Bereitzustellen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsplatzabspernung/Schilder mit Zutrittsverbotskennzeichnung nach Anlage 2 TRGS 519 • Baustromversorgung • Arbeitsmittel zur Fugendemontage-hydraulisches Fugenausdrückgerät mit Hydraulikaggregat • Hängebühne oder Hubbühne • Verschießbare Behälter, z.B. Gewebe- und Kunststoffsäcke zur Gefahrstoffverpackung, Industrieklebeband, Gefahrstoffaufkleber „Achtung enthält Asbest“ gemäß TRGS 519 9.3 • Atemschutzmaske P2, Schutzanzug • Geeignetes Restfaserbindemittel mit Auftragsvorrichtung (Pinsel, Sprühgerät)
Arbeitsausführung	<ul style="list-style-type: none"> • Unbefugte haben den betroffenen Bereich zu verlassen • Baustelle einrichten mit Bauzaun, Beschilderung „Achtung Asbest“ und „Baustelle Betreten Verboten“, abschließbarer Container als Zwischenlager für asbesthaltigen Baustoff • Einrichten der Hängebühne oder der Hubbühne, Hydraulikaggregat positionieren • Hydraulikschläuche am Fugenausdrückgerät anschließen • Hydraulisches Ausdrücken des Fugendichtstoffes aus den Betonfugen (Vertikalfugen von oben nach unten), Abtrennen Dichtstoffstrang mittels Beilschlag • Fugendichtstoff nach dem Abtrennen in die bereitgestellten Gewebesäcke verpacken • Fugenraum mit Restfaserbindemittel benetzen • Gefüllte Gewebesäcke verschließen, in reißfeste PE-Foliensäcke mit Kennzeichnung verpacken und mit Klebeband verschließen • Nach Abschluss der Arbeiten Fugenausdrückgerät mit feuchtem Lappen reinigen, diesen anschließend staubdicht verpacken und beseitigen
Entsorgung	<ul style="list-style-type: none"> • Zwischenlagerung der nach TRGS 519 9.3 verpackten asbesthaltigen Baustoffe in separat abschließbaren Material- oder Sperrmüllcontainern • Übergabe der Gefahrstoffbehälter an zugelassene Entsorgungsunternehmen nach TRGS 519 13.2 • Abfallablagerungen auf zugelassenen Deponien nach TRGS 519 13. • Der Auftragnehmer hat sich die Entsorgung schriftlich nachweisen zu lassen-Begleitschein

7.2 Bewertung hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faseremissionen und Lärmbelastung

Wirtschaftlichkeit

Das hydraulische Fugenausbauverfahren ist besonders geeignet für tief liegende Fugendichtstoffe und konische Fugengeometrien, die mit dem Breitmeißel problematisch zu entfernen sind, da die Betonflanken beidseitig der Fuge abgestemmt werden müssen. Beim Einsatz des hydraulischen Fugenausdruckgerätes wird der Dichtstoffstrang ohne Betonanhaftungen aus der Fuge herausgedrückt, die zu beseitigende Sonderabfallmenge kann somit im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren stark reduziert werden. Bei den derzeitigen Deponiekosten von 120 - 220 €/t für die Gefahrstoffentsorgung ist hier ein erhebliches Einsparpotential vorhanden.

Die Ausbauleistung des Fugenausdruckgerätes liegt ohne Nebenzeiten, bei konischen Fugentypen mit tief liegendem Dichtstoff, bei ca. 15-20 m/h (gemessene Ausbauleistungen in Gera, Dessau, Erfurt, Jena). Die Plattenränder werden bei dem hydraulischen Fugenausbauverfahren nicht beschädigt, im Sanierungsfall sind somit aufwendige Betoninstandsetzungen nicht notwendig. Beim herkömmlichen Ausbauprodukt werden bei konischen Fugentypen mit tief liegendem Dichtstoff Ausbauleistungen von 10-15 m/h erreicht. Ausgestemmter Beton mit anhaftendem Fugendichtstoff wird als Gefahrstoff entsorgt.

Für oberflächlich liegende Fugendichtstoffe mit geringer Haftungsintensität am Beton ist ein Lockern mit dem Breitmeißel und anschließendes händisches Abziehen des Dichtstoffstranges ausreichend, hier ist der Einsatz des Fugenausdruckgerätes nicht sinnvoll. Bei diesen „einfachen“ Fugen können mit Breitmeißel und Armkraft Ausbauleistungen von 30 m/h erzielt werden.

Die Anschaffungskosten für das hydraulische Fugenausdruckgerät betragen:

Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder:	1.400 €
Hydraulikaggregat mit Elektromotor 230V, Verlängerungsschlauchpaar:	5.600 €

Mit einem Hydraulikaggregat können gleichzeitig bis zu vier Werkzeugköpfe betrieben werden.

Beim herkömmlichen Verfahren „Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohämmer mit Breitmeißel“ kann mit einer Maschine jeweils nur ein Werkzeug betrieben werden.

Ergonomie

Das hydraulische Fugenausbauverfahren ist besonders geeignet für den Einsatz von der Hängebühne oder dem Gelenksteiger aus, da hier die Arbeitshöhen optimal eingestellt werden können und somit Zwangshaltungen vermieden werden. Der Werkzeugkopf besitzt ein Gewicht von 8 kg und ist somit hinsichtlich der erforderlichen Haltearbeit vergleichbar mit einem mittelschweren Bohrhämmer. Körperliche Belastungen treten beim Transportieren der schweren Hydraulikaggregate auf, die Geräte sind daher von zwei Personen zu tragen. Die Tabelle 49 enthält die technischen Daten der verwendeten Hydraulikaggregate.

Tabelle 49: Technische Daten der Hydraulikaggregate [41]

Hydraulikaggregat	benzinbetrieben	elektrischbetrieben
Bezeichnung	V 50 T	E 50 T
Motor	4-Takt Benzinmotor 2,6 kW	E-Motor 230 V 50 Hz 1,3 kW
Betriebsdruck	630/700 bar	630/700 bar
Ölvolumen	4 l	4 l
Gewicht	39 kg	44 kg

Bei der Durchführung des Fugenausbaus von einem Gerüst müssen spezielle auf die Fassadenlänge abgestimmte Hydraulikschläuche verwendet werden, um die Anzahl der notwendigen Umsetzungen des Hydraulikaggregates zu reduzieren. Für Umsetzungen des Hydraulikaggregates in eine andere Gerüstebene, sind zur Herabsetzung der körperlichen Belastung Seilwinden oder Bauaufzüge einzusetzen.

Bei dem hydraulischen Fugenausbauverfahren entstehen keine schädlichen Vibrationen, wie sie vergleichsweise bei den herkömmlichen Stemmarbeiten auftreten.

Faseremissionen

Zur Bestimmung der Faseremissionen beim hydraulischen Fugenausdruckverfahren wurden an folgenden Objekten Arbeitsplatz bezogene Faseremissionsmessungen durchgeführt:

1. Erfurt, Alfred-Delph-Ring 1
2. Erfurt, Alfred-Delph-Ring 9
3. Erfurt, Alfred-Delph-Ring 9
4. Gera, Weidenstraße 1-3

Die Durchführung der Messungen und Auswertung der Filterbelegung erfolgte durch das CiS Institut für Mikrosensorik gGmbH Erfurt, analog der Fasermessungen beim herkömmlichen Stemmverfahren. Die Tabelle 50 enthält die Parameter der Probe- nahme und Auswertung. In der Tabelle 51 sind die gemessenen Faserzahlen und die daraus berechneten Konzentrationen zusammengefasst.

Tabelle 50: Parameter der Probenahme und Auswertung

Objekt	Daten zur Auswertung				
	Dauer	Luftdurchsatz	Wirksame Filterfläche	Mikroskopisch ausgewertete Filterfläche	Messbericht
	t [h]	V' [m ³ /h]	A [mm ²]	N x a [mm ²]	
Erfurt Alfred-Delph-Ring 1	0,88	0,06	380	1,911	IFAP 7969
Erfurt Alfred-Delph-Ring 9	1,18	0,06	380	1,44	IFAP 8012
Erfurt Alfred-Delph-Ring 9	1,067	0,0596	380	1,602	IFAP 8013
Gera Weidenstr. 1-3	1,35	0,06	380	1,003	IFAP 8359
N - Anzahl der ausgewerteten Zählfelder unter dem Mikroskop a - Fläche eines Zählfeldes unter dem Mikroskop in mm ²					

Tabelle 51: Gemessene Faserzahlen und daraus berechnete Konzentrationen

Objekt	Fasergruppe i	ni ausgezählte Faserzahl	Konzentration in Fasern/m ³			
			L > 5µm			
			C _i	(FÄ)	(NG)	(OVG)
Erfurt Alfred-Delph-Ring 1 Herr Färber	Asbest	0	UNG	3750	11250	11250
	Gips	4	15000			38400
	Sonst. Anorg.	13	48800			83400
Erfurt Alfred-Delph-Ring 9 Herr Färber	Asbest	0	UNG	3700	11000	11000
	Gips	1	3700			21000
	Sonst. Anorg.	10	37000			68000
Erfurt Alfred-Delph-Ring 9 Herr Erhardt	Asbest	0	UNG	3700	11000	11000
	Gips	2	7500			27000
	Sonst. Anorg.	6	22000			49000
Gera Weidenstraße 1-3 Herr Liebezeit	Asbest	0	UNG	4680	14800	14000
	Gips	0	UNG			14000
	Sonst. Anorg.	6,5	30400			64000
C _i - Faseranzahlkonzentration für die Fasergruppe i FÄ - Faseräquivalent, d.h. die Konzentration, die einer gefundenen Faser entspricht NG - Nachweisgrenze, Annahme 3 Fasern OVG - Obere Vertrauensgrenze, berechnet, basierend auf einem Vertrauensintervall von 95% der Poisson Statistik						

Bei den durchgeführten Untersuchungen wurden keine Asbestfasern nachgewiesen, siehe Tabelle 51. Die entstehenden Emissionen an „Sonstigen anorganischen Fasern“ sind auf 1/5 bis 1/10 reduziert im Vergleich zum herkömmlichen Ausstemmen, da der Fugendichtstoff langsam aus der Fuge herausgedrückt wird und dabei keine Bearbeitung des asbesthaltigen Materials und des angrenzenden Betons erfolgt.

Aufgrund der geringen Staubemissionen und der Herabsetzung der Faserfreisetzungsgefahr kann das Tragen des Schutanzuges entfallen und das Tragen der Atemschutzmaske sich auf partielle Tätigkeiten, wie Freistimmen des Fugenanfangs und Einpacken des Gefahrstoffes in die speziellen Behälter, beschränken. Für das Verfahren wurde deshalb ein Antrag zur Aufnahme in das „BIA-Verzeichnis geprüfter Arbeitsverfahren mit geringer Exposition bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhal-

tungsarbeiten“, beim Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit (BIA) in Sankt Augustin, gestellt.

Lärmemission

Das hydraulische Fugenausdrückverfahren zeichnet sich durch niedrige Lärmemissionen aus. Beim Ausbau des Dichtstoffes mit dem entsprechend konzipierten Werkzeugkopf entstehen keine Lärmbelastungen, der Morinolstrang wird geräuschlos aus der Fuge herausgedrückt.

Lärmemissionen entstehen durch die Motoren der Hydraulikaggregate (siehe Tabelle 52).

Tabelle 52: Lärmemissionen der Hydraulikaggregate [41]

Hydraulikaggregat	benzinbetrieben	elektrischbetrieben
Bezeichnung	V 50 T	E 50 T
Lärmemission	74-84(Vollgas) dB (A)	67 dB (A)

Die Lärmemissionen der verwendeten Hydraulikaggregate V 50 T und E 50 T liegen unterhalb des Grenzwertes zum Lärmbereich von 85 dB (A).

Vibration

Beim Arbeiten mit dem Fugenausdrückgerät entstehen keine schädlichen Vibrationen.

7.3 Technische Umsetzung der Vorzugslösung

Die Fertigung des Hydraulischen Fugenausdrückgerätes erfolgte durch die Firma Herwig Bohrtechnik Schmalkalden GmbH. Vom Unternehmen WEBER-HYDRAULIK GmbH wurden als Zulieferkomponenten der Hydraulikzylinder als Sonderanfertigung für den Antrieb des Werkzeugkopfes, das Hydraulikaggregat und die Hydraulikschläuche bezogen. Das Bild 53 zeigt den Hydraulikzylinder mit Werkzeugkopf, Bild 54 das verwendete Hydraulikaggregat V 50 T.



Bild 53: Hydraulikzylinder mit Werkzeugkopf



Bild 54: Hydraulikaggregat V 50 T

Die nachfolgenden Bilder (Bild 55 und Bild 56) zeigen die Erprobung des Hydraulischen Fugenausdrückgerätes an Horizontal- und Vertikalfugen. Der Dichtstoff wird zusammen mit dem Hinterfüllmaterial aus der Fuge gedrückt. Die Fuge liegt sauber ohne Dichtstoffreste vor, siehe Bild 57 und Bild 58.



Bild 55: Erprobung - Horizontalfuge



Bild 56: Erprobung - Vertikalfuge



Bild 57: Fuge ohne Dichtstoffreste



Bild 58: Morinol und Hinterfüllmaterial

Die Erprobung erfolgte unter Nutzung verschiedener technischer Ausrüstungen, die im Praxiseinsatz relevant sind, wie Gerüst, Hängerüstung und Hubbühne, siehe Bild 59 und Bild 60.



Bild 59: Erprobung vom Gerüst



Bild 60: Erprobung von der Hängerüstung

Die Erprobung des hydraulischen Fugenausdruckverfahrens wurde an Objekten in Jena, Erfurt, Dessau, Wolfen, Gera und Waltershausen erfolgreich durchgeführt. Das Fugenausdruckgerät wurde dabei von den Arbeitskräften verschiedenen Unternehmen bedient, die am jeweiligen Gebäude den Fugenausbau vornahmen. Nach dem Gerätetest wurden die Bediener hinsichtlich der Handhabbarkeit und der Praxiseignung des Fugenausdruckgerätes befragt. Die Bewertung erfolgte einheitlich sehr positiv. Die erzielte Ausbauleistung betrug bei konischen Fugen und tief liegendem Fugenkitt 15-20 m/h und ist damit vergleichbar bzw. partiell besser wie das herkömmliche Ausstemmen. Vorteilhaft ist die reduzierte Abfallmenge. In Abhängigkeit der Fugengeometrie kann der Sonderabfall bis auf 1/3 der Entsorgungsmenge, im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren, vermindert werden.

Die Vorteile des hydraulischen Fugenausdruckverfahrens können wie folgt zusammengefasst werden:

- höhere bzw. vergleichbare Arbeitsleistung in Abhängigkeit der Fugengeometrie,
- Fugendichtstoff wird ohne Betonanhaftung aus der Fuge herausgedrückt,
- keine Zerstörung der Plattenränder,
- saubere Fugenflanke ohne Dichtstoffreste,
- geringe Sonderabfallmenge,
- Reduzierung der Zwangshaltungen beim Arbeiten von der Hängerüstung oder Hubbühne,
- keine Asbestfaserfreisetzung,
- geringe Staubemissionen,
- niedrige Lärmemissionen,
- keine schädlichen Vibrationen,
- Tragen des Schutzanzuges kann entfallen,
- Tragen der Atemschutzmaske nur für Teilarbeiten notwendig (Einpacken Gefahrstoff, Freistimmen Fugenanfang).

8 Fugensanierung

Der Ausbau der alten Fugendichtstoffe kann entweder als Vorbereitung eines nachfolgenden Abbruchs oder einer Sanierung erfolgen. Im Fall einer Sanierung wird nach dem Ausbau und ggf. einer Betonreprofilierung eine erneute Fugenabdichtung vorgenommen. Für das Abdichten der Außenwandfugen werden in Abhängigkeit der Fugegeometrie spritzbare Fugendichtstoffe, Elastomer-Fugenbänder oder vorkomprimierte Dichtbänder eingesetzt.

8.1 Spritzbare Fugendichtstoffe

Einsatzbereich

Für das Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen gilt die DIN 18540. Die Norm gilt nicht für Bauwerkstrennfugen (Setzungsfugen), Fugen die mit Erdreich in Berührung kommen und Fugen zwischen Bauteilen aus Poren- oder Schaumbeton. Für den Einsatz von Fugendichtstoffen müssen die Fugenflanken 30 mm [7] oder bis zu einer Tiefe der doppelten Fugenbreite parallel verlaufen. Entsprechend Tabelle 53 müssen die Fugenbreiten in Abhängigkeit vom Fugenabstand (Elementgröße) und Dichtstoffart (Elastizität des Materials) eine bestimmte Mindestbreite haben.

Tabelle 53: Fugen und Fugenabdichtung, Maße nach DIN 18540 [48]

Fugenabstand [m]	Fugenbreite		Dicke des Fugendichtstoffes ³⁾	
	Nennmaß ¹⁾ b [mm]	Mindestmaß ²⁾ b _{min} [mm]	d [mm]	Grenzabmaße [mm]
bis 2	15	10	8	± 2
über 2 bis 3,5	20	15	10	± 2
über 3,5 bis 5	25	20	12	± 2
über 5 bis 6,5	30	25	15	± 3
über 6,5 bis 8	35 ⁴⁾	30	15	± 3

¹⁾ Nennmaß für die Planung.

²⁾ Mindestmaß zum Zeitpunkt der Fugenabdichtung.

³⁾ Die angegebenen Werte gelten für den Endzustand, dabei ist auch die Volumenänderung des Fugendichtstoffes zu berücksichtigen.

⁴⁾ Bei größeren Fugenbreiten sind die Anweisungen des Dichtstoffherstellers zu beachten

Für die Instandsetzung der Gebäude in Fertigteilbauweise wird auf Grund der stark schwankenden Fugenbreiten eine Instandsetzung mit Fugendichtstoffen entsprechend der DIN 18540 nicht empfohlen [7]. Der Einsatz von Elastomer-Fugenbändern ermöglicht die Kaschierung von Schwankungen in der Fugenbreite.

Einbau

Zum Abdichtungssystem gehören Primer bzw. Sperrgrund, mit dem die Fugenflanken vorbehandelt werden müssen. Die Fuge wird mit Hinterfüllmaterial (Schaumstoffstreifen) ausgestopft und anschließend mit dem entsprechenden Dichtstoff ausgespritzt und ggf. nachgeglättet (siehe Bild 7). Es ist darauf zu achten, dass die Fuge

nicht durch alte Dichtstoffreste und Anstriche verschmutzt ist. Diese sind vor der Erneuerung zu entfernen.

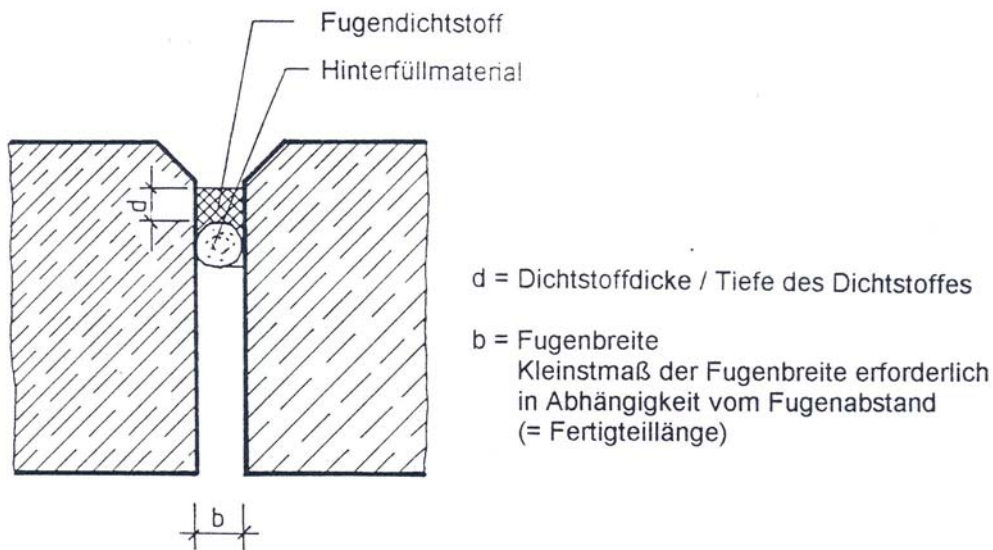


Bild 61: Außenwandfugen-Abdichtung mit spritzbaren Dichtstoffen nach DIN 18540 [44]

Material

Folgende Dichtstoffarten können entsprechend DIN 18 540 eingesetzt werden [44]:

Tabelle 54: Einsetzbare Dichtstoffe nach DIN 18 540 [44]

Dichtstoff	lösemittel-frei	lösemittel-haltig	elastisch	mit Feuchte reagierend	mit Härter reagierend	zul. Gesamt-verformung (%)
Polyurethan 1-komponentig	X	X	X	X		25
Polyurethan ¹⁾ 2-komponentig	X		X		X	25
Polysulfid 1-komponentig	X		X	X		25
Polysulfid ²⁾ 2-komponentig	X		X		X	25
Silicon (1-K), neutral vernetzt ³⁾	X		X	X		25
Silicon (1-K), alkalisch vernetzt ⁴⁾	X		X	X		25
MS-Polymer ⁵⁾	X		X	X		25

¹⁾ Lieferform: Zwei Komponenten in getrennten Gebinden

²⁾ Lieferform: In Kartuschen mit getrennten Komponenten oder in Einer-Pack-Gebinden

³⁾ Benzamid-, Alkoxi-, Alkohol- oder Oxim-Systeme

⁴⁾ Amin-Systeme, Amin-Oxim-Systeme

⁵⁾ Hybrid-Polymer

Die Tabelle 55 enthält die chemische Charakteristik der Fugendichtstoffe.

Tabelle 55: Charakteristik Fugendichtstoffe

Charakteristik Fugendichtstoffe			
Polyurethan	Polysulfid	Silicon	MS-Polymer
Polyurethane sind Polymere, die durch Polyaddition aus zwei oder höherwertigen Alkoholen und Isocyanaten entstehen.	Polysulfide sind Polykondensate aus organischen Dihalogeniden und Alkali-polysulfiden	Silicone sind Polydiorganosiloxane die durch Kondensation von SiOH-Gruppen vernetzen.	MS-Polymere sind Polymere aus Polyurethanen und Siliconen.

8.2 Elastomer-Fugenbänder

Einsatzbereich

Elastomer-Fugenbänder werden eingesetzt für Fugen, die nicht der DIN 18540 entsprechen, z.B. bei Gebäudetrennfugen, sehr schmalen Fugen, bei schwankenden Fugenbreiten und starkem Fugenversatz. Weiterhin sind sie anzuwenden bei geringer Festigkeit und Oberflächenschäden im Flankenbereich der Fugen, da eine richtige Haftung von spritzbaren Dichtstoffen hier nicht gewährleistet werden kann. Das Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Elastomer-Fugenbändern unter Verwendung von Klebstoffen erfolgt entsprechend IVD-Merkblatt Nr.4 vom Industrieverband Dichtstoffe [45]. Bei Fugenbändern handelt es sich um vorgefertigte elastische Kunststoffbänder.

Einbau

Zum Abdichtungssystem können Primer bzw. Sperrgrund gehören. Die Fuge wird mit dem Elastomer-Fugenband überdeckt. Voraussetzung beim Einsatz von Elastomer-Fugenbändern ist eine ausreichende Qualität der Betonoberfläche in der Klebezone. Im Bild 62 ist eine Fugenabdichtung mit geklebtem Elastomer-Fugenband dargestellt.

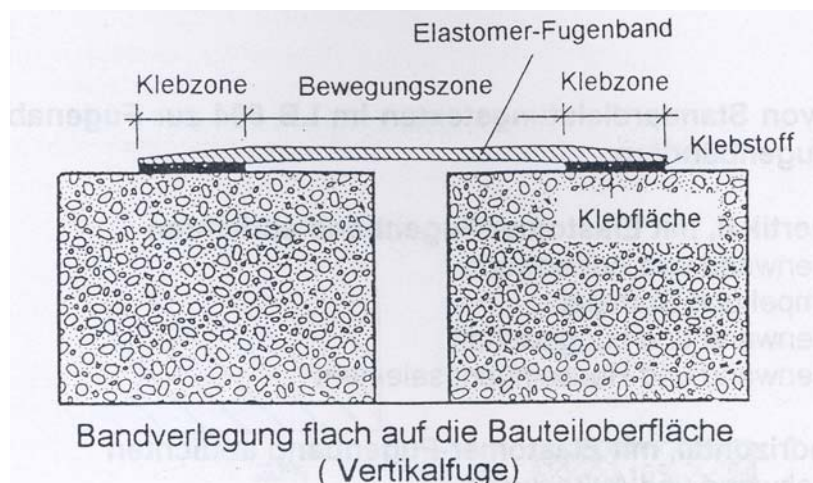


Bild 62: Abdichten mit Elastomer-Fugenband unter Verwendung von Klebstoffen [44]

Das Fugenband darf grundsätzlich nicht überstrichen werden, wenn die Systemverträglichkeit nicht nachgewiesen ist.

Material

Elastomer-Fugenbänder werden auf Polysulfid-, Polyurethan- oder Silikonbasis hergestellt. Sie werden unter Verwendung von Ein- oder Mehrkomponentenklebern eingebaut.

8.3 Vorkomprimierte Dichtbänder

Einsatzbereich

Vorkomprimierte Dichtungsbänder können zur Fugenabdichtung zwischen massiven Bauteilen, d.h. zur Abdichtung von Konstruktionsfugen, Bewegungsfugen und Setzungsfugen eingesetzt werden. Bei keilförmig verlaufenden Fugenflanken ist die Anwendung von vorkomprimierten Fugenbändern nicht möglich. Vorkomprimierte Dichtbänder sind bis auf ca. 15% der Ausgangsdicke vorkomprimiert. Nach dem Aufkleben auf eine Fugenflanke dekomprimiert das Band, d.h. es entwickelt eine Rückstellkraft, die gegen die Fugenflanken drückt und dadurch die Fuge abdichtet. Bei vorkomprimierten Dichtungsbändern handelt es sich um ein diffusionsoffenes Abdichtungssystem. In der DIN 18542 sind vorkomprimierte Dichtbänder genormt. Die Tabelle 56 enthält die Banddimensionsempfehlungen nach DIN 18540

Tabelle 56: Banddimensionsempfehlungen bezogen auf die Fugenbreiten nach DIN 18540 [46]

Fugenabstand [m]	Fugenbreite		Vorkomprimiertes Dichtungsband Banddimension Fugentiefe/Fugenbreite [mm] [mm]
	Nennmaß b [mm]	Mindestmaß b _{min} [mm]	
bis 2	15	10	25/10 - 18
über 2 bis 3,5	20	15	30/13 - 24
über 3,5 bis 5	25	20	35/17 - 32
über 5 bis 6,5	30	25	40/24 - 40
über 6,5 bis 8	35	30	50/31 - 48

Bei der Banddimension werden die Schwankungen in der Fugenbreite zwischen Sommer und Winter berücksichtigt, beispielsweise 10 mm Fugenbreite im Sommer und 18 mm Fugenbreite im Winter ergibt die Banddimension 25/10-18, bei 25 mm Fugentiefe.

Vorkomprimierten Fugenbändern können zum Abdichten von Außenwandfugen an Fertigteilgebäuden angewendet werden, wenn parallele Fugenflanken und ausreichende Fugenbreiten (siehe Tabelle 56) vorliegen.

Einbau

Das Abdichten der Fugen mit vorkomprimierten Dichtbändern erfolgt entsprechend Informationsblatt I 001 des Zentralverbandes des Deutschen Baugewerbes (siehe Bild 63). Vor dem Einbau sind alte Fugendichtstoffe zu entfernen.

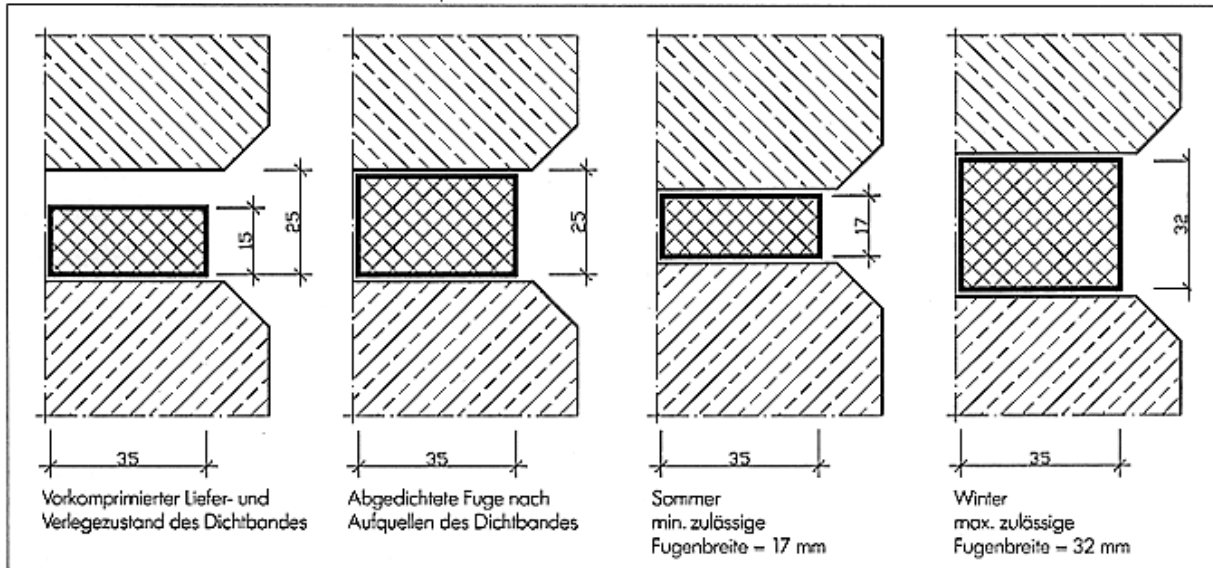


Bild 63: Prinzip der Fugenabdichtung mit vorkomprimierten Dichtbändern am Beispiel der Banddimension 35/17-32 [46]

Material

Vorkomprimierte Dichtungsbänder bestehen aus offenzelligem Polyurethan-Schaumstoff, der mit einem Paraffin-Neoprengemisch imprägniert ist.

9 Zusammenfassung

Problemstellung

1. Auf dem Gebiete der neuen Bundesländer wurden ab Mitte der fünfziger Jahre bis 1990 ca. 2,18 Millionen Wohnungen in Fertigteilbauweise der verschiedenen Konstruktionssysteme und Laststufen gebaut, die meisten davon in Plattenbauweise.
2. In verschiedenen Gebäudetypen wurden asbesthaltige Materialien sowohl im Wohnungsinnen als auch im Außenwandbereich eingesetzt. Vor dem Rückbau bzw. Abriss oder der Sanierung der betroffenen Gebäude muss hier generell eine Asbestentsorgung durchgeführt werden.
3. Im Falle schwach gebundener Asbestprodukte im Innenbereich ist die Erfassung von Gefährdungspotential und Sanierungsdringlichkeit rechtlich und technisch geregelt. Hier liegen bereits zuverlässige Sanierungslösungen unter besonderer Berücksichtigung des Arbeitsschutzes sowie des Schutzes angrenzender Bereiche auch für den bewohnten Zustand vor. Für den Außenwandbereich gibt es diesbezüglich ein Defizit.
4. Von den heute ein Gefährdungspotential in der Bausubstanz darstellenden Asbestprodukten kommt dem asbesthaltigen, polymergebundenen Fugendichtstoff Morinol eine besondere Bedeutung zu. Der Fugendichtstoff Morinol wurde sowohl im Außenbereich als auch im Innenbereich der Wohngebäude verwendet. Er diente im Außenbereich vorwiegend zum Abdichten der Fugen zwischen den Betonfertigteilen sowie zum Abdichten der Fensterlaibungen. Im Innenbereich wurde er beispielsweise zum Eindichten der Müllschluckeranlagen eingesetzt.
5. Definitionsgemäß ist nach der Gefahrstoffverordnung und den Technischen Regeln für Gefahrstoffe der in Plattenbauten eingebaute Morinol-Fugendichtstoff ein Gefahrstoff, so dass beim bautechnischen Umgang mit diesem Material vom Ausbau bis zur Entsorgung hohe Anforderungen an den Arbeits- und Gesundheitsschutz sowie den Umweltschutz zu erfüllen sind.
6. Im Rahmen der Instandhaltung und Modernisierung der Gebäude sowie beim Rückbau der Bausubstanz durch Demontage oder beim Abbruch ist das asbesthaltige Material unter Berücksichtigung der gültigen Regeln für den Umgang mit Gefahrstoffen zu beseitigen. Diese Leistungen sind als Voraussetzung vor jeglichen weiteren Baumaßnahmen auszuführen.
7. Derzeit erfolgt der Gefahrstoffausbau durch verschiedene, in höchstem Maß kostenintensive und ergonomisch unbefriedigende sowie technisch unzureichende Verfahren. Ein besonderes Defizit besteht beim Ausbau des Fugendichtstoffes bei Fugen mit einer geringen Breite, Fugen mit konischem Fugenverlauf, Fugen mit tief in den Fugenraum reichenden Dichtstoffmassen, in Kreuzungsbereichen von Horizontal- und Vertikalfugen und in Eckbereichen. Bei diesen Fugentypen muss bisher zum Ausbau des Fugendichtstoffes der Beton beidseitig der Fugenflanke abgestemmt werden. Der Beton wird zusammen mit dem anhaftenden Fugendichtstoff als Gefahrstoff beseitigt.

Zielsetzung und Strategie

8. Die Zielstellung der Arbeit besteht in der systematischen Entwicklung technischer Lösungen zum Ausbau von Fugendichtstoffen am Beispiel der asbesthaltigen Fugendichtstoffe in Plattenbauten. An die Verfahrenslösung werden die Anforderungen verbesserter Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz, optimierte Technologie und höhere Wirtschaftlichkeit gestellt.
9. Bestandteile dieser Entwicklung sind die Untersuchung der Schwerpunkte Fugenarten, Merkmale asbesthaltiger Fugendichtungen, betroffene Bausubstanz und die Analyse der rechtlichen und arbeitsschutzrechtlichen Rahmenbedingungen für den Umgang mit asbesthaltigen Fugendichtstoffen.
10. Die Untersuchung der gegenwärtig verfügbaren Arbeitsverfahren und die Darstellung der Defizite dieser Lösungen ist eine grundlegende Voraussetzung für weitere Entwicklungsarbeiten.
11. Basierend auf den gewonnenen Ergebnissen wird ein Konzept für die Entwicklung neuer Verfahrenslösungen aufgestellt. Thermische und mechanische Verfahren werden erstmalig systematisch untersucht. Durch die Bewertung der verschiedenen Verfahren wird eine Lösung ermittelt und abschließend hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faser- und Staubemission, Lärmemission und Vibration bewertet.

Stand der Technik

12. Der Gefahrstoffausbau erfolgt durch verschiedene, in höchstem Maß kostenintensive und ergonomisch unbefriedigende sowie technisch unzureichende Verfahren. Das hauptsächlich angewendete Verfahren ist das Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel.
13. Die ausführenden Arbeitskräfte erfahren körperliche Belastungen durch Faser-, Staub- und Lärmemissionen, Zwangshaltungen, starke Muskelbeanspruchungen sowie Vibrationen. Zum Schutz gegen Faserstäube sind eine P2-Atemschutzmaske und ein Einweg-Schutzanzug zu tragen. Die Kombination von schwerer Arbeit und Schutzausrüstung und die langen Einsatzzeiten von mehreren Tagen je Objekt bedeuten ein erhebliches Gefährdungspotential für die Arbeitskräfte.
14. Asbest gehört zu den wichtigsten krebserregenden Gefahrstoffen. Die von Asbest ausgehende Gefahr liegt in seinem Auftreten als Feinstaub in Form lungengängiger Fasern. Asbestfasern in der Atemluft sind für das menschliche Auge nicht sichtbar. Diese Tatsache führt zu Nachlässigkeiten beim Tragen von Schutzkleidung.
15. Bei einem Gebäudeabbruch bzw. einer Demontage ist es zwingend notwendig im Sinne der Trennung von Gefahrstoff und Bauschutt, den asbesthaltigen Fugendichtstoff zu entfernen. Bei den gegenwärtig eingesetzten Verfahren enthält der ausgebaute Fugendichtstoff in der Regel Betonreste, die damit dem Recycling entzogen werden und die Wirtschaftlichkeit des Verfahrens beeinträchtigen.

Eingesetzte Methoden

16. Zur Ermittlung des Iststandes wurde eine systematische Analyse hinsichtlich der vorhandenen Bausubstanz, der Fugenparameter und der Eigenschaften des Fugendichtstoffes vorgenommen.
17. Das herkömmliche Verfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe wurde nach den Kriterien Wirtschaftlichkeit, Ergonomie, Faser- und Staubemissionen, Lärmemissionen und Vibrationen untersucht und bewertet. Diese Ergebnisse bilden die Ausgangsbasis für die weiteren Forschungsarbeiten.
18. Aus der Palette der möglichen mechanischen, thermischen, chemischen und biologischen Verfahrensarten wurden die thermischen und mechanischen Verfahren als realisierbare Verfahren zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe eingestuft und hinsichtlich ihrer Eignung systematisch bis zu einer Tiefe untersucht, die eine Entscheidung über die grundsätzliche Eignung zuließ.
19. Auf dem Gebiet der thermischen Verfahren wurden die Erweichung des Fugendichtstoffes durch Wärmebehandlung, die Versprödung des Fugendichtstoffes durch Kältebehandlung und die Verbrennung des Kunststoffes untersucht und bewertet.
20. Auf dem Gebiet der mechanischen Verfahren wurden der Einsatz neuer Meißeltypen, das Trennen durch Sägen mit der Unterteilung Sägen im Beton und Sägen an der Fugenflanke im Grenzbereich Fugendichtstoff-Beton sowie Zugverfahren und Ausdrückverfahren untersucht und bewertet.
21. Basierend auf den experimentellen Ergebnissen erfolgte die Entwicklung einer anwendungsreifen technischen Lösung zum Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe.
22. Bei der Erprobung und zweistufigen Validierung des Verfahrens und des Funktionsmodells wurden in der ersten Stufe Untersuchungen hinsichtlich Wirtschaftlichkeit, Faser- und Staubemissionen, Lärmemissionen und Vibrationen durchgeführt. In der zweiten Stufe der Validierung erfolgte die externe Bewertung und Erprobung durch Praxisunternehmen zur abschließenden Bewertung der Entwicklungsergebnisse.

Erzielte Ergebnisse

23. Für den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe wurden Stoffströme, Mengengerüst und spezifische Kennzahlen analysiert. Die Masse an Fugendichtstoff beträgt ca. 48,50 kg pro Wohneinheit. Die Ausbaukosten liegen zwischen 4,00-8,00 €/m und die Deponiekosten zwischen 120,00-220,00 €/t.
24. Es liegen Stoffanalysen für Asbest, Morinol und den Ausbaustoff mit Betonanhaftungen vor. Hauptsächlich wurde die Asbestart Chrysotil verarbeitet. Morinol besteht aus Polyvinylacetat, Hexylacetat, Octandiol, gemahlenem Asbest, Rohasbest und teilweise Kreidezusätzen.

25. Beim herkömmlichen Ausbauverfahren asbesthaltiger Fugendichtstoffe entstehen Belastungen in folgender Höhe:
 - Asbestfaseremissionen unterhalb des Wertes von 15.000 F/m³,
 - Emissionen „Sonstiger anorganischer Fasern“ unterhalb des Wertes von 250.000 F/m³,
 - Lärmemissionen von 95 dB (A),
 - Hand-Arm-Vibration mit bewerteter Beschleunigung von a_{hw} 7 m/s²-12 m/s² in Abhängigkeit vom Maschinentyp.
26. Das systematisch entwickelte Ausdrückverfahren ermöglicht den Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe mit deutlich geringeren Belastungen:
 - keine Asbestfaseremissionen,
 - Emissionen an „Sonstigen anorganischen Fasern“ auf 1/5 bis 1/10 reduziert,
 - geräuschloses Ausdrücken,
 - keine schädlichen Vibrationen.
27. Das neue Ausbauverfahren erreicht höhere Ausbauleistungen von 15-20 m/h im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren mit Leistungen von 10-15 m/h sowie eine auf 1/3 verminderte Entsorgungsmenge. Damit ist eine höhere Wirtschaftlichkeit nachgewiesen.
28. Es konnte ein anwendungsreifes Funktionsmuster des hydraulischen Fugenausdrückgerätes entwickelt und unter Praxisbedingungen erprobt werden.
29. Durch das Vorliegen einer Arbeitsanleitung für das hydraulische Fugenausdrückverfahren mit den notwendigen organisatorischen Maßnahmen, der Arbeitsvorbereitung, der Arbeitsausführung und der Entsorgung, kann das Verfahren in die betriebliche Praxis übernommen werden.
30. Die Verfahrensentwicklung ist neben der technischen Innovation für den Gefahrstoffausbau gleichzeitig ein wichtiger Beitrag für den Arbeits-, Gesundheits- und Umweltschutz und kann als Beispiel für die planmäßige und wissenschaftlich abgesicherte Entwicklung von Rückbautechnologien gelten.

10 Literaturverzeichnis

- [1] Bundesministerium für Raumordnung, Bauwesen und Städtebau: Wohnbauten in Fertigteilbauweise in den neuen Bundesländern – Bauformen und Konstruktionsmerkmale, Verlag Deichmanns Aue, Bonn-Bad Godesberg 11/1992
- [2] -: Daten und Fakten 2004 der unternehmerischen Wohnungswirtschaft in Thüringen, Tagung „Tage der Thüringer Wohnungswirtschaft“ 11/12.05.2005, Suhl
- [3] Mettke, A.: Persönliche Information, BTU-Cottbus, 2007
- [4] Frick; Knöll; Neumann; Weinbrenner: Baukonstruktionslehre Teil 1, Teubner Verlag, Stuttgart, 1997
- [5] -: Bauwerksfugen, www.astradur.de
- [6] IEMB Institut für Erhaltung und Modernisierung von Bauwerken e.V: Sanierungsgrundlagen Plattenbau, Wohnbauten in Fertigteilbauweise (Baujahre 1958-1990 -Übersicht, IRB Verlag, Stuttgart, 1995
- [7] Cziesielski, E.: Katalog Instandsetzung und Modernisierung von vorgefertigten Außenwänden. IRB Verlag Stuttgart, 1993
- [8] Ingenieurbüro A. S. Singer: Fugendichtung Morinol. Bestandsunterlagen. Dresden, 2000
- [9] Bossenmayer, J.; Schumm, H.-P.; Tepasse, R.: Asbest-Handbuch, Band 1, Band 2, Erich Schmidt Verlag GmbH & Co., Berlin, 1991
- [10] -: Analytische Baustoffmikroskopie, Mineralogie der Asbeste, www.mpa-bremen.de
- [11] Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Medienseminar Asbest, Zürich, 2005
- [12] Scholz, Hiese: Baustoffkenntnis, Werner Verlag, 14. Auflage, Düsseldorf, 1999
- [13] TÜV-Beratungsstelle Asbestsanierung: Lehrgang zum Erwerb der Sachkunde für Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten (ASI-Arbeiten) an Asbestprodukten gemäß TRGS 519, Arnstadt
- [14] Herzog, P; Gleichmar, G.: Asbest im Wohnungsbau der neuen Bundesländer. TÜV Thüringen Rudisleben. Löwe Verlag. Erfurt, 1995
- [15] Löwinger, H. u. Mitautoren: Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten an allen asbesthaltigen Gefahrstoffen an und in Gebäuden und Objekten. expert Verlag Renningen-Malsheim, 1998
- [16] Leydolph, B.: Umgang mit asbesthaltigem Fugendichtmaterial bei der Instandsetzung, Rekonstruktion, Rückbau und Abriss von Plattenbauten. IFF Weimar e.V., Studie, 1999
- [17] -: Fa. EUROTEAM GmbH, Archivmaterial über asbesthaltige Fugenkitte der Fa. Bauchemie Leipzig
- [18] Bolte, Hartmut: Dissertation. Untersuchung zum Langzeitverhalten elastomerer Fugendichtungsmaterialien vorzugsweise beim Einsatz in Aussenwänden aus Betonfertigteilen. Berlin, 1990
- [19] Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft: Abbruch und Asbest, Informationen und Arbeitshilfen für Planung und Ausschreibung. Abruf-Nr. 622. Frankfurt am Main, 1996

- [20] -,: <http://asbestdeponie.de>
- [21] -,: <http://www.secocoal.com>
- [22] Kieser, Stolzenau: Analysenprotokoll C4337, Chemische Analyse Phasenanalyse Morinolprobe, ibu-tec, Weimar, 2002
- [23] MFPA Weimar: Abschlußbericht B 34-261/98 Arbeitsschutz- und sicherheitsgerechte Asbestsanierungslösungen vorzugsweise für den Wohnungsbau. Weimar, 1998
- [24] Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft: Asbest Arbeitsschutzvorschriften und Handlungsanleitungen für die Bauwirtschaft. Frankfurt/Main, 1993
- [25] SIMEBU Thüringen GmbH: Merkblatt Asbesthaltiger Fugenkitt Morinol, Weimar, 2005
- [26] IFF Weimar: Abschlußbericht 01 HM 405 A/0 Teil V. Analyse, Bewertung und Neuentwicklung von Maschinen und Anlagen unter arbeitswissenschaftlichen Aspekten. Weimar, 1998
- [27] CiS Institut für Mikrosensorik gGmbH: Messberichte: IFAP 7164 (1999), IFAP 7890 (2002), IFAP 7889 (2002), IFAP 7969 (2003), IFAP 8012 (2003), IFAP 8359 (2006), Erfurt
- [28] Landesamt für Arbeitsschutz Sachsen-Anhalt, Landesmeßstelle: Meßbericht, Dessau, 1998
- [29] Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften Fachausschuß Chemie: BGI 505.46, Verfahren zur getrennten Bestimmung von lungengängigen Asbestfasern und anderen anorganischen Fasern, HVBG und Carl Heymanns Verlag, 2005
- [30] VDI 2057: Einwirkung mechanischer Schwingungen auf den Menschen, Teil 2 Hand-Arm-Schwingungen, Beuth Verlag, Berlin, 2002
- [31] Grütze, T.: Teilberichtbericht FUSA AP 5, IFF Weimar e.V., 2002
- [32] Bosch: GSH 5 E POFESSIONAL, Bedienungsanleitung
- [33] Hilti: Meisselhammer TE 505, Technische Daten
- [34] makita: Bohrhammer HR 4500C, Technische Daten
- [35] Post: Ostthüringische Materialprüfgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH. Prüfbericht Nr. 4.5/633/02, Rudolstadt-Schwarza, 2002
- [36] Kolbe: Ostthüringische Materialprüfgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH. Prüfbericht Nr. 2.5/038/02, Rudolstadt-Schwarza, 2002
- [37] Technische Eigenschaften von Flüssiggas bzw. Propan, <http://www.langegas.com/fluegas.htm>
- [38] Beitz, W; Küttner, K.-H.: Dubbel, Taschenbuch für den Maschinenbau, 17. Auflage, Springer Verlag, Berlin, 1990
- [39] Grütze, T.; Schtschur, A.: Teilberichtbericht FUSA AP 3, IFF Weimar e.V., 2002
- [40] Künzel, E.; Leydolph, B.; Herwig, P.; Deininger, K.: Patent DE 10360820, Gerät zum Entfernen von Fugendichtstoffen, Bundesrepublik Deutschland, Deutsches Patent- und Markenamt, 2005
- [41] -:WEBER-HYDRAULIK, www.weber.de

- [42] Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit: BGI 664, Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, Sankt Augustin, 2000
- [43] Falbe, J., Regitz, M.: Römpf Basisexikon Chemie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart, 1999
- [44] IEMB: Hinweise zum Standardleistungsbuch für das Bauwesen Bauen im-Bestand (BiB) Block- und Plattenbau, Leistungsbereich 504 Fugeninstandsetzung, Beuth Verlag, Berlin, 1994
- [45] Industrieverband Dichtstoffe e.V.: IVD-Merkblatt Nr. 4, Abdichten von Fugen im Hochbau mit Elastomer-Fugenbändern unter Verwendung von ausreagierenden Klebstoffen, HS Public Relations Verlag und Werbung GmbH, 40093 Düsseldorf, 2001
- [46] Zentralverband Deutsches Baugewerbe e. V., Bundesfachgruppe Hochbau: Informationsblatt Stand 01/01, Fugensanierung mit vorkomprimierten Abdichtungsbändern, Berlin, 2001
- [47] Illbruck Bau-Technik GmbH: Innovative Abdichtungssysteme für Fenster, Fassade, Dach- und Innenausbau, 01/05, Leverkusen

Regelwerke und Normen

- [48] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 45645, Ermittlung von Beurteilungspiegeln aus Messungen, Beuth Verlag, Berlin, 1996
- [49] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 18540, Abdichten von Außenwandfugen im Hochbau mit Fugendichtstoffen, Beuth Verlag, Berlin, 1995
- [50] Deutsches Institut für Normung e.V.: DIN 8580, Fertigungsverfahren, Beuth Verlag, Berlin, 2003
- [51] Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA): Merkblatt „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ aktualisiert vom 10. Dezember 2001
- [52] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004: Verordnung zur Änderung der Versatzverordnung und zur Zweiten Änderung der Deponieverordnung, vom 12. August 2004, Änderung der Deponieverordnung vom 24. Juli 2002, Bonn 2004
- [53] Richtlinie 83/477/EWG des Rates vom 19. September 1983, Amtsblatt Nr. L 263, <http://europa.eu.int/scadplus/le/de/cha/c11134.htm>
- [54] Richtlinie 91/382/EWG des Rates vom 25. Juni 1991 zur Änderung der Richtlinie 83/477/EWG, <http://europa.eu.int/scadplus/le/de/cha/c11134.htm>
- [55] Richtlinie 2003/18/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. März 2003 zur Änderung der Richtlinie 83/477/EWG, <http://europa.eu.int/scadplus/le/de/cha/c11134.htm>
- [56] Musterbauordnung (MBO) in der Fassung November 2002
- [57] Bundesgesetzblatt Jahrgang 2004: Verordnung zum Schutz vor Gefahrstoffen (Gefahrstoffverordnung-GefStoffV) vom 23. Dezember 2004, geändert durch Artikel 2 der Verordnung vom 23. Dezember 2004

- [58] Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung: TRGS 519, Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten, BArbBl. 2003
- [59] Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung: TRGS 521, Faserstäube, BArbBl. 2002
- [60] Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung: TRGS 900, Arbeitsplatzgrenzwerte, BArbBl. 2006
- [61] Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung : TRGS 905, Verzeichnis krebserzeugender, erbgutverändernder oder fortpflanzungsgefährdender Stoffe, BArbBl. 2005
- [62] Grundgesetz für die Bundesrepublik Deutschland, www.datenschutz-berlin.de/recht, 2005
- [63] Richtlinie 2002/44/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Mindestvorschriften zum Schutz von Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmer vor der Gefährdung durch physikalische Einwirkungen (Vibrationen), <http://europa.eu.int/scadplus/le/de/cha/c11134.htm>
- [64] Richtlinie 98/37/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 22. Juni 1998 zur Angleichung der Rechts- und Verwaltungsvorschriften der Mitgliedsstaaten für Maschinen, http://www.sidiblume.de/infom/europa/1998/98_37.htm
- [65] Richtlinie 86/188/EWG: Schutz der Arbeitnehmer gegen Gefährdung durch Lärm am Arbeitsplatz,, CD Prävention Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz 2004, SMBG , Mainz, 2004
- [66] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit BG-Vorschrift: Unfallverhütungsvorschrift Lärm (BGV B3), Carl Heymanns Verlag KG, Köln, 1999

Fotomaterial: Institut für Fertigteiltechnik und Fertigbau Weimar e. V.

11 Tabellenverzeichnis

- Tabelle 1: Fugenarten
- Tabelle 2: Anzahl der Wohnungseinheiten nach Bauweisen
- Tabelle 3: Charakteristik der Bauweisen
- Tabelle 4: Verwendung von asbesthaltigem Fugendichtstoff Morinol im/am Gebäude
- Tabelle 5: Wandaufbau mit asbesthaltiger Fugendichtung Morinol
- Tabelle 6: Fugenausbildungen von Außenwandkonstruktionen
- Tabelle 7: Mindesttiefe Kittbett
- Tabelle 8: Morinol Menge für Fugenmaß
- Tabelle 9: Mineralogische Einteilung der Asbeste
- Tabelle 10: Physikalische und technische Eigenschaften von Asbest
- Tabelle 11: Asbestlagerstätten
- Tabelle 12: Asbestproduktion 2000 bis 2004
- Tabelle 13: Zusammensetzung asbesthaltiger Fugendichtstoffe
- Tabelle 14: Chemische Analyse Morinolprobe mit Betonresten
- Tabelle 15: Quantitative Phasenanalyse Morinolprobe mit Betonresten
- Tabelle 16: Eigenschaften von Morinol nach Angaben des Herstellers
- Tabelle 17: Organikanteil Morinoltypen
- Tabelle 18: Entwicklung der Grenzwerte für Asbestfaserexposition nach den Vorgaben der EU
- Tabelle 19: Ausstemmen des Fugendichtstoffes mittels Elektrohammer mit Breitmeißel
- Tabelle 20: Ausgewertete Unternehmen
- Tabelle 21: Übersicht über Kosten und Leistungsfähigkeit technischer Ausrüstungen
- Tabelle 22: Technische Ausrüstungen
- Tabelle 23: Kosten für die technische Ausrüstung am Standardblock Typ P2, 5geschossig
- Tabelle 24: Ausbaurkosten für Standardblock Typ P2, 5geschossig
- Tabelle 25: Entsorgungskosten für Standardblock Typ P2, 5geschossig
- Tabelle 26: Beanspruchung bei verschiedenen Körperhaltungen
- Tabelle 27: Probenahme
- Tabelle 28: Parameter der Probenahme und Auswertung
- Tabelle 29: Gemessene Faserzahlen und daraus berechnete Konzentrationen
- Tabelle 30: Berechnung der Asbestfaserkonzentration nach BGI 505.46
- Tabelle 31: Berechnung der Tages-Schwingungsbelastung (VDI 2057-2)
- Tabelle 32: Anforderungskatalog
- Tabelle 33: Randbedingungen beim Fugenausbau

- Tabelle 34: Temperaturverhalten von Morinol
- Tabelle 35: Beschreibung Kugelfalltest
- Tabelle 36: Visuelle Beurteilung der Probekörper
- Tabelle 37: Emissionen beim Aufheizen
- Tabelle 38: Übersicht über die Meißeltypen
- Tabelle 39: Ergebnisse der Erprobung der Meißeltypen
- Tabelle 40: Elektrowerkzeuge für Erprobung
- Tabelle 41: Ergebnisse der Erprobung des Sägens im Beton
- Tabelle 42: Erprobung des Sägens an der Fugenflanke im Grenzbereich
Fugendichtstoff-Beton
- Tabelle 43: Zugvorrichtung
- Tabelle 44: Ergebnisse der Erprobung der Seil-Zugvorrichtung
- Tabelle 45: Spreizschere
- Tabelle 46: Ergebnisse der Erprobung der Spreizschere
- Tabelle 47: Zusammenfassende Bewertung der untersuchten Verfahren
- Tabelle 48: Arbeitsanleitung für das hydraulische Fugenausdrückverfahren
- Tabelle 49: Technische Daten der Hydraulikaggregate
- Tabelle 50: Parameter der Probenahme und Auswertung
- Tabelle 51: Gemessene Faserzahlen und daraus berechnete Konzentrationen
- Tabelle 52: Lärmemissionen der Hydraulikaggregate
- Tabelle 53: Fugen und Fugenabdichtung, Maße nach DIN 18540
- Tabelle 54: Einsetzbare Dichtstoffe nach DIN 18 540
- Tabelle 55: Charakteristik Fugendichtstoffe
- Tabelle 56: Banddimensionsempfehlungen bezogen auf die Fugenbreiten nach
DIN 18540

12 Bildverzeichnis

- Bild 1: Mieterquote in europäischen Staaten
Bild 2: Fugendichtstoff Morinol
Bild 3: Wohnblock mit Morinol Fugendichtung in Jena
Bild 4: Ausstemmen des Fugendichtstoffes
Bild 5: Fugenöffnung nach Ausstemmen
Bild 6: Plattenbau, Typ P 2, 5geschossig
Bild 7: gerade Fugenflanken
Bild 8: konische Fugenflanken
Bild 9: Fugenflanken mit Aussparungen
Bild 10: Fuge an Loggiaplatten (90° Winkel)
Bild 11: leicht lösbarer Fugendichtstoff bei geraden Fugenflanken
Bild 12: stark an den Fugenflanken haftender Fugendichtstoff bei konischen Fugenflanken
Bild 13: leicht lösbarer Fugendichtstoff bei Fugenflanken mit Aussparungen
Bild 14: schwer lösbarer Fugendichtstoff bei Fugen im 90° Winkel
Bild 15: Chrysotil (Weißasbest)
Bild 16: Krokydolit (Blauasbest)
Bild 17: Jährlicher Rohasbestverbrauch 1960-1990
Bild 18: Schicksal einer Asbestspritzer-Gruppe, BG Glas und Keramik 1989
Bild 19: Randbereich mit herausragenden Asbestfasern
Bild 20: Asbestfasern eingebettet in der Kunststoffmatrix
Bild 21: Lichtmikroskopische Untersuchung Morinol
Bild 22: Röntgendiffraktometrische Untersuchung Morinol
Bild 23: Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung Morinol
Bild 24: Verschließbarer Baustellencontainer mit gekennzeichneten Kunststoffsäcken
Bild 25: Gefahrstoff-Kennzeichnung
Bild 26: Ausgebauter Fugendichtstoff Morinol
Bild 27: Deponie für die Ablagerung asbesthaltiger Fugendichtstoffe
Bild 28: P2-Atenschutzmaske, Einwegschutzanzug
Bild 29: Ablaufschema Ausbau asbesthaltiger Fugendichtstoffe
Bild 30: Ausstemmen des Fugendichtstoffes
Bild 31: Gemeinsamer Ausbau von Fugendichtstoff und Dichtstrick
Bild 32: Ansichten Standardblock Typ P2, 5geschossig
Bild 33: Probenahmepumpe PAS
Bild 34: Messkopf mit Kernporenfilter

Bild 35: Stemmarbeiten mit Gehörschutz
Bild 36: Verfahrensarten
Bild 37: Morinolprobe bei einer Temperatur von 23 °C
Bild 38: Morinolprobe nach Aufheizung auf 150 °C Probenkerntemperatur
Bild 39: Beflammung der Morinolprobe
Bild 40: Morinolprobe brennt
Bild 41: Verkohlung mit starker Rauch- u. Geruchsentwicklung
Bild 42: Verkohlter Morinolrückstand, Kernbereich unverbrannt
Bild 43: Unterteilung der Hauptgruppe Trennen nach DIN 8580
Bild 44: Säge im Einsatz
Bild 45: Fuge nach der Bearbeitung
Bild 46: Verklebtes Sägeblatt
Bild 47: Sägezahn mit Fugendichtstoff
Bild 48: Prinzipskizze der Zugvorrichtung
Bild 49: Prinzipskizze der Spreizschere
Bild 50: Darstellung Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder in Ruhelage
Bild 51: Darstellung Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder in Wirklage
Bild 52: Draufsicht Werkzeugkopf mit Hydraulikzylinder
Bild 53: Hydraulikzylinder mit Werkzeugkopf
Bild 54: Hydraulikaggregat V 50 T
Bild 55: Erprobung - Horizontalfuge
Bild 56: Erprobung - Vertikalfuge
Bild 57: Fuge ohne Dichtstoffreste
Bild 58: Morinol und Hinterfüllmaterial
Bild 59: Erprobung vom Gerüst
Bild 60: Erprobung von der Hängerüstung
Bild 61: Außenwandfugen-Abdichtung mit spritzbaren Dichtstoffen nach DIN 18540
Bild 62: Abdichten mit Elastomer-Fugenband unter Verwendung von Klebstoffen
Bild 63: Prinzip der Fugenabdichtung mit vorkomprimierten Dichtbändern

