

Endbericht zum Forschungsvorhaben

Umgang mit Asbestzementrohren

- Betriebsempfehlungen für Kanalisationen -

Antragsteller:



IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur

Auftraggeber:



Ministerium für
Arbeit und Soziales, Qualifikation und Technologie
des Landes NRW



Wissenschaftliche Leitung

Dr.-Ing. B. Bosseler

Projektleitung und Bearbeitung

Dipl.-Ing. O. Sokoll

Dipl.-Ing. B. Diburg

INHALTSVERZEICHNIS

I	BERICHT	3
1	VERANLASSUNG UND PROBLEMSTELLUNG	3
2	ZIELSTELLUNG	4
3	UMGANG MIT ASBESTZEMENTROHREN IN NRW	5
4	BETRIEBSPROZESSE UND IHRE BEWERTUNG IM HINBLICK AUF DIE GEFÄHRDUNG DURCH ASBEST	13
4.1	Allgemeines	13
4.2	Entwicklung einer Tabelle zur Analyse der Kanalbetriebsprozesse	16
4.3	Reinigung	18
4.4	Inspektion	20
4.5	Schadensbehebung	22
4.6	Herstellung von Einbindungen (Stutzen)	26
5	HINWEISE ZUR IDENTIFIKATION VON ASBESTZEMENTROHREN	30
5.1	Zusammenstellung der Identifikationskriterien	30
5.1.1	Untersuchungsgegenstand und Vorgehensweise	30
5.1.2	Ergebnisse	30
5.2	Identifikationskriterien für Asbestzementrohre	32
5.2.1	Identifikationskriterien der Rohrkenzeichnung	32
5.2.2	Identifikationskriterien der Rohrgeometrie	35
5.2.3	Identifikationskriterien der Rohroberfläche	37
5.2.4	Identifikationskriterium Rohrverbindung	41
5.3	Typisierung der Identifikationskriterien	43
5.4	Schematischer Ablauf der Identifikation	47
5.5	Vorgehensweise der Identifikation	49
5.5.1	Stufe I: Ermittlung der Werkstoffangabe in den Bestandsunterlagen der Kanalnetzbetreiber	49
5.5.2	Stufe II: Erkennung des Werkstoffs durch Inaugenscheinnahme	53
5.5.3	Stufe III: Identifizierung von Asbestzement durch Analyseverfahren	59
6	HINWEISE ZU BETRIEB UND DOKUMENTATION	61
7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	62

II	MERKBLATT UND FLYER	1
1	HINWEISE ZU DOKUMENTATION UND BETRIEB	1
2	MERKBLATT – ERKENNUNG UND UMGANG MIT ASBESTZEMENTROHREN IM KANALBETRIEB	1
3	FLYER	29
III	ANHANG	1
1	ASBEST	1
1.1	Allgemeine Grundlagen zum Werkstoff Asbest	1
1.2	Gesundheitsgefahren durch Asbest	6
1.3	Rechtliche Grundlagen	9
2	ASBESTZEMENTROHRE	13
2.1	Herstellung von Asbestzementrohren	13
2.2	Normen zu Asbestzementrohren	19
2.3	Kennzeichnung von Asbestzementrohren	24
2.4	Rohrschutz für Asbestzementrohre	25
2.5	Rohrverbindungen für Asbestzementrohre	27
2.6	Formstücke für Asbestzementrohre	29
3	ANALYSE DER BETRIEBSPROZESSE DES KANALBETRIEBS	32
IV	LITERATUR	1

I Bericht

1 Veranlassung und Problemstellung

Asbest gehört nach § 35 der Gefahrstoffverordnung [34] zu den krebserzeugenden Gefahrstoffen und wird auch in der EU schon seit vielen Jahren als bei Menschen nachweislich karzinogen eingestuft [47]. Fasern, die bei Verwendung von Asbest und asbesthaltigen Produkten freigesetzt werden, können bei Menschen Mesotheliome (bösartige Tumore) und Lungenkrebs verursachen [4]. Deshalb dürfen Arbeitnehmer nach § 15 a Gefahrstoffverordnung diesen Stoffen nicht ausgesetzt sein. Mit wenigen Ausnahmen z. B. bei den Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten darf Asbest nicht mehr verarbeitet werden [51].

In einigen Tätigkeitsbereichen muss jedoch weiterhin mit Asbest umgegangen werden, so insbesondere beim **Betrieb von Abwasserrohren aus Asbestzement (AZ)**. So sind z.B. bei der Reinigung von AZ-Rohren Gefährdungen durch Aerosole zu befürchten, die von dem vor Ort tätigen Reinigungspersonal möglicherweise nicht erkannt werden. Ziel der nachfolgend dargestellt wissenschaftlichen Untersuchung ist es daher, durch Analyse der Betriebsprozesse diesbezügliche Gefahren durch freigesetzte Asbestfasern herauszuarbeiten und erste Hinweise zur Erkennung und zum Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb zu geben. Das Ministerium für Arbeit und Soziales, Qualifikation und Technologie des Landes Nordrhein- Westfalen hat entsprechend mit Werkvertrag vom 27.11.2001 das IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur mit dem Forschungsvorhaben „Umgang mit Asbestzementrohren - Betriebsempfehlungen für Kanalisationen - “ beauftragt.

Es ist unbestritten, dass freigesetzte Fasern beim Inhalieren die Gesundheit des Menschen gefährden können [44]. Durch die Reinigung von Asbestzementrohren kann es zur Belastung der Luft und des Reinigungswassers mit Asbestfasern kommen. Eine Erhöhung der Faserkonzentration in geschlossenen Räumen sowie in der Umgebungsluft ist durchaus denkbar. Eine Beschreibung von Sicherheitsmaßnahmen für die Reinigung von Abwasserrohren aus Asbestzement fehlt jedoch. Klare technische Vorgaben liegen ebenfalls nicht vor. Sowohl auf Auftraggeber- als auch Auftragnehmerseite bestehen deshalb nach wie vor Unsicherheiten hinsichtlich der notwendigen Sicherheitsmaßnahmen beim Betrieb und insbesondere bei der Reinigung von Asbestzementrohren in Kanalnetzen.

Die wesentliche Ursache für die o.a. Problematik kann in der fehlenden Bewertung der Kanalbetriebsprozesse einschließlich der Reinigung hinsichtlich einer Gefährdung durch Asbestfasern bzw. asbesthaltige Aerosole gesehen werden. Bis heute fehlen systematische Untersuchungen zur Bestimmung der in den verschiedenen Betriebssituationen zu erwartenden (schädlichen) Wirkungen aus der Reinigung von Asbestzementrohren. Auch liegen dem Betriebspersonal kaum praxisnahe Hinweise zum Erkennen der Rohre und damit zum Erkennen einer möglichen Gefahrensituation vor.

2 Zielstellung

Ziel der wissenschaftlichen Untersuchung war die Erstellung eines praxisnahen Leitfadens zum sicheren Betrieb von Kanälen aus Asbestzementrohren. Unter besonderer Berücksichtigung der Kanalreinigung wurden bestehende rechtliche und technische Vorgaben zusammengefasst und ergänzende Hinweise zum praxisnahen und sicheren Betrieb von AZ-Rohren entwickelt. Auch wurden Vorschläge zur Bestandsaufnahme vor Ort und Identifizierung von AZ-Rohren erarbeitet. Die Hinweise sollen dem Führungs- und Betriebspersonal behilflich sein, frühzeitig Gefahrensituationen zu erkennen und zu beherrschen. Das Merkblatt orientiert sich an den Informationsbedürfnissen des Führungs- und Betriebspersonals vor Ort.

3 Umgang mit Asbestzementrohren in NRW

Einleitung:

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurden in NRW die Kanalbetriebsprozesse im Hinblick auf den Umgang mit Asbestzement-Rohren untersucht. Besondere Berücksichtigung fand dabei die Kanalreinigung, d.h. die Beseitigung von Ablagerungen. Denn als Folge dieses Prozesses wird eine Erhöhung der Asbestfaserkonzentration in der Luft der unmittelbaren oberirdischen Umgebung vermutet. Die freigesetzten Fasern können vom Menschen durch Inhalieren aufgenommen werden und dadurch die Gesundheit gefährden. Bisher liegen für Asbestzementrohre im Abwasserbereich weder für die Reinigung noch für andere potentiell gefährliche Betriebsprozesse Beschreibungen von Sicherheitsmaßnahmen oder technische Vorgaben vor. Vor dem Hintergrund dieser Situation sollte herausgefunden werden, wie die Beteiligten mit diesem Thema in der Praxis umgehen und auf welchem technischen und rechtlichen Informationsstand sie sich befinden.

Ziel der Untersuchung war die Erfassung des Ist-Zustandes des Umganges mit Asbestzement-Rohren, d.h. der bisher eingesetzten Sicherheitsmaßnahmen und technischen Mittel. Zunächst wurden mehrere StÄfA in NRW kontaktiert, um anhand der nach § 37 der GefStoffV vorgeschriebenen Anzeigen in dieser Hinsicht erfahrene kommunale Netzbetreiber und Reinigungsfirmen zu identifizieren. Nach dem ursprünglich geplanten Vorgehen sollte anhand der Anzahl der so gewonnenen Ansprechpartner ein StÄfA-Bezirk für eine persönliche Befragung der zuständigen Mitarbeiter der Netzbetreiber ausgewählt werden. Dies stellte sich jedoch als nicht zielführend heraus, da bei den StÄfA entweder keine oder nur sehr wenige Anzeigen zur Reinigung oder zu ASI-Tätigkeiten aus dem Bereich der Kanalisation vorliegen. Deshalb konnten auf diese Weise keine geeigneten Informationsquellen in ausreichender Anzahl erschlossen werden. In Abstimmung mit dem Auftraggeber, dem MASQT des Landes NRW, wurde vereinbart, die gewünschten Informationen durch eine Befragung bei den, dem IKT durch ein Projekt zum Thema „Selbstüberwachungsverordnung Kanal“ bekannten, kommunalen Netzbetreibern zu ermitteln.

Umfang und Inhalte der Befragung:

Zur Ermittlung des Umganges mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb wurden Gespräche nicht nur mit kommunalen Netzbetreibern, sondern auch mit Beschäftigten gewerblicher Kanalreinigungsunternehmen und deren Verbandsvertretern sowie Mitarbeitern der Staatlichen Ämter für Arbeitsschutz (StÄfA) geführt. Die Kontakte zu kommunalen Netzbetreibern in NRW wurden außerdem dazu genutzt, eine Erhebung der

im Kanalnetz vorhandenen Asbestzementrohrängen durchzuführen. Insgesamt wurden 209 von 396 Städten und Gemeinden in NRW, d.h. mehr als 50%, in diese Befragung, die einen Zeitraum von ca. 5 Monaten in Anspruch nahm, einbezogen. Neben den Rohrlängen wurden nach Möglichkeit weitere Angaben zum Bestand der Asbestzementrohre, wie z. B. die verlegten Nennweiten, die Baujahre, die Verwendung als Freispiegel- oder Druckrohrleitungen und der bauliche Zustand, erhoben.

Die Ergebnisse der Befragung

Einführung:

Bei den Gesprächen zum Thema „Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb“ konnten unterschiedliche Reaktionen der Vertreter der kommunalen Netzbetreiber festgestellt werden. Ein bedeutender Teil gab umfangreiche Auskünfte zum Bestand des Werkstoffes im Kanalnetz und zum Umgang im Rahmen des Kanalbetriebes. Eine große Gruppe reagierte dagegen eher zurückhaltend und war zur Herausgabe von Informationen erst nach der Beantwortung von Rückfragen bezüglich deren Verwendung durch das IKT bereit. Eine weitere Gruppe der Befragten äußerte Unverständnis hinsichtlich der Relevanz der AZ-Rohr-Thematik für die Praxis. Dieser Personenkreis konnte größtenteils durch Hinweise auf den ihm meistens unbekanntem rechtlichen Hintergrund des Themas von der Unterstützung der Umfrage überzeugt werden. In Einzelfällen gelang es jedoch nicht, das aus den Reaktionen der Netzbetreiber ablesbare Misstrauen zu zerstreuen. In der Folge endeten diese Gespräche nicht mit der Offenlegung von vollständigem Datenmaterial. Von den Vertretern dieser befragten Gemeinden oder Städte wurden mit dem Hinweis auf unvollständige Bestandspläne entweder gar keine Angaben gemacht oder die Existenz von Asbestzementrohren im Netz „nach aktuellem Kenntnisstand“ verneint. Dass die Richtigkeit dieser Aussagen zumindest teilweise in Frage gestellt werden kann, zeigten in einem anderen Zusammenhang eingesehene Bestandspläne. In diesen waren deutlich mehrere mit dem Kürzel „AZ“ gekennzeichnete Leitungen zu erkennen.

Es kam auch wiederholt vor, dass Netzbetreiber den guten baulichen Zustand des Asbestzementrohrbestandes besonders hervorhoben, um dadurch möglicherweise das geringe Gefährdungspotential im Vergleich zu schadhaften Rohren herauszustellen.

Als Begründung für ihre zurückhaltende Reaktion bzw. ablehnende Haltung gaben einige Vertreter von Netzbetreibern die Sorge um eine möglicherweise aufbauschende Berichterstattung in der Presse an, wenn die Existenz von Asbestzementrohren in der Kanalisation öffentlich bekannt würde. In Kombination mit der vorhandenen Sensibilisierung der Bevölkerung in Bezug auf Umweltbelastungen im allgemeinen und Gefahrstoffen, wie insbesondere Asbest, wird das Entstehen von öffentlichem Druck auf die Verantwortlichen hinsichtlich der Beseitigung einer auf Vermutungen beruhenden, ge-

nerellen Gefährdung befürchtet. Eine derartige Entwicklung könnte im Extremfall zu der unbegründeten Forderung nach einem vollständigen Ausbau von Abwasserrohren aus Asbestzement, auch des intakten Bestandes, führen.

Informationen der Netzbetreiber über den AZ-Rohr-Bestand

Von den befragten 209 Netzbetreibern in NRW gaben ca. 40 % an, dass Asbestzementrohre Bestandteil ihres Kanalnetzes sind. Nur etwa die Hälfte von dieser Gruppe konnte konkrete Angaben zu den vorhandenen Längen machen. D.h., der insgesamt ermittelte Bestand von ungefähr 480 km Länge stellt eine untere Grenze dar, die in der Realität möglicherweise deutlich übertroffen wird. Die vorhandenen AZ-Rohr-Längen je Netzbetreiber liegen in der Mehrheit zwischen wenigen Metern und 20 km. In einigen Fällen wurden jedoch auch Längen von bis zu 40 km und ein mal sogar 90 km ermittelt. Diese Informationen lassen die Vermutung zu, dass die Netzbetreiber dem Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb unterschiedliche Prioritäten hinsichtlich der Sicherheitsmaßnahmen und technischen Mitteln zuordnen.

Die am häufigsten verlegten Nennweiten liegen im Bereich zwischen DN 150 und DN 400, d.h. im nicht begehbaren Bereich. Einige Kommunen betreiben allerdings auch begehbare Sammler aus Asbestzement, deren Innendurchmesser zwischen 1000 und 1900 mm beträgt. Zur Abfrage der Nennweite konnten ca. 80% der Netzbetreiber keine Angaben machen.

In Bezug auf die Baujahre der Abwasserkanäle und -leitungen aus Asbestzement konnten nur wenige Informationen gewonnen werden. Auf der Grundlage der Umfrage kann festgehalten werden, dass die Haltungen zwischen 15 und 50 Jahre alt sind.

Zum baulichen Zustand der Asbestzementrohre machten nur 5% der Befragten Angaben. Während die eine Hälfte der Aussagen vom „guten“ Zustand der Rohre berichtet beschreibt die andere Hälfte Schadensqualitäten, die von wenigen punktuellen Schäden bis zu Quer- und Längsrissen und ausgebrochenen Scherben reichen.

Informationen zum Thema „Reinigung“

Aussagen der Netzbetreiber

Nach Erfahrungen des IKT und Informationen aus Umfragen, die in der Vergangenheit durchgeführt wurden, erfolgt die Reinigung von Freispiegelleitungen der Abwasserbeseitigung nahezu ausschließlich unter Einsatz von Hochdruckspülverfahren. Diese Angabe wurde durch den VDRK (Verband Deutscher Kanal- und Rohrreiner) bestätigt. Demzufolge lag bereits im Vorfeld der Netzbetreiberbefragung im Rahmen des vorliegenden Projektes die Vermutung nahe, dass auch die Asbestzement-Rohre auf diese Weise gereinigt werden. Die Befragung der Netzbetreiber zum Umgang mit Asbestzementrohren bei der Reinigung ergab folgende Informationen:

a) Druckleitungen

Probleme beim Umgang mit Druckleitungen aus Asbestzement sind nicht bekannt, da sich nach Aussage der Netzbetreiber aufgrund der Betriebsart kaum Ablagerungen in den Rohren ansammeln und aus diesem Grund bisher kein Anlass zur Durchführung einer Reinigung bestand.

b) Freispiegelleitungen

Die Netzbetreiber sind nach der „Verordnung zur Selbstüberwachung von Kanalisationen und Einleitungen von Abwasser aus Kanalisationen im Mischsystem und im Trennsystem (Selbstüberwachungsverordnung – SÜWVKan) in Verbindung mit dem Runderlass „Anforderungen an den Betrieb und die Unterhaltung von Kanalisationsnetzen“ des MUNLV verpflichtet, ihre Kanäle regelmäßig auf Ablagerungen zu untersuchen und zu reinigen. Liegt kein mit der zuständigen Behörde abgestimmter Einsatz- bzw. Spülplan vor, der basierend auf Betriebserfahrungen bedarfsorientierte, d.h. auf die Höhe der zu erwartenden Ablagerungen abgestimmte, Intervalle vorsieht, so ist das gesamte Netz in einem Turnus von 2 Jahren komplett zu reinigen.

Ein Teil der Netzbetreiber führt keine Reinigung von Freispiegelleitungen aus Asbestzement durch. Dafür gibt es unterschiedliche Gründe. Zum einen gibt es Leitungen, die aufgrund ihres Gefälles in Kombination mit einem ausreichenden Volumenstrom keine Ablagerungen aufweisen. Einige der betreffenden Netzbetreiber bezeichnen diese Situation „glücklich“. Dies lässt darauf schließen, dass sie im Zusammenhang mit der Reinigung von Asbestzementrohren mögliche Probleme vermuten.

Einige Verantwortliche besitzen Kenntnis der in TRGS 519 definierten Verwendungsbeschränkung, nach der „die Bearbeitung von Asbestzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z.B. Abschleifen, Hoch- und Niederdruckreinigen oder Abbürsten“ nicht zulässig ist. Sie wenden diese Regelung auf Asbestzementrohre an, obwohl dieses Asbestzeugnis in der TRGS 519 nicht explizit genannt wird. In der Folge werden die Asbestzementrohre nicht gereinigt. Einige dieser Netzbetreiber sehen sich deshalb in folgendem Dilemma: Auf der einen Seite fordert die SÜWVKan die regelmäßige Reinigung der Kanäle, auf der anderen Seite ist nach TRGS 519 sowohl die Nieder- als auch die Hochdruckreinigung von AZ-Produkten verboten.

Der andere Teil der Netzbetreiber reinigt die Freispiegelleitungen aus Asbestzement mit Hilfe von Hochdruckspülverfahren. Die nachfolgende Liste enthält Beispiele von Netzbetreiberaussagen, die die unterschiedlichen Arten des Vorgehens und der Situationen vor Ort belegen:

- Die Leitung ist mit einer Auskleidung versehen. Dadurch ist das Ablösen von Asbestfasern durch den Wasserstrahl nicht möglich.
- Die Reinigung wird ohne besondere Vorkehrungen oder Schutzmaßnahmen, wie z. B. Atemschutzmasken, durchgeführt.
- Wegen des geringen Bestandes wurde kein spezielles Vorgehen beim Umgang mit Asbestzementrohren entwickelt.
- Die beauftragte Reinigungsfirma wurde vom Netzbetreiber über den Bestand der Asbestzementrohre informiert.
- Es liegen keine Sicherheitsbestimmungen zur Reinigung von Asbestzementrohren vor.
- Das Berichtswesen weist auf die Besonderheiten bei der Durchführung von Reinigungs- und sonstigen Arbeiten hin.
- Die Arbeiter tragen bei der Reinigung von Asbestzementrohren Schutzkleidung.
- Die Reinigung mit Wasserhochdruck ist kein Problem, da Messungen von Faserkonzentrationen im Rahmen einer, durch einen großen kommunalen Wasserbetrieb zum Thema „Kanalreinigung von Asbestzementrohren“ durchgeführten, Studie keine Asbestgefährdung nachwiesen werden konnte.
- Die Asbestzementrohre sind in einem guten baulichen Zustand, d.h. das Risiko der Faserfreisetzung ist gering.

Diese Aussagen zeigen, dass eine Gefährdung des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt als Folge der Reinigung von Asbestzementrohren von den Netzbetreibern sehr unterschiedlich eingeschätzt wird. Die Mehrheit der für die Reinigung zuständigen Mitarbeiter besitzt von der in der TRGS 519 definierten Verwendungsbeschränkung, nach der „die Bearbeitung von Asbestzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z.B. Abschleifen, Hoch- und Niederdruckreinigen oder Abbürsten“ nicht zulässig ist, keine Kenntnisse. Dass von dieser Vorgabe auf der Grundlage des § 44 Abs. 2 der „Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen“ (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) durch „ebenso wirksame Maßnahme zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt“ abgewichen werden darf, scheint den Netzbetreibern in der Regel nicht bekannt zu sein, denn dieses Gesetz fand in keinem Interview Erwähnung.

Aussagen von Vertretern gewerblicher Rohrreinigungsfirmen

Bei der Hochdruckreinigung der Abwasserrohre werden evtl. abgelöste Asbestfasern vom Wasser gebunden. Es besteht theoretisch die Möglichkeit, dass sich asbestfaserhaltige Aerosole bilden. Ein Teil der Luft wird jedoch schon vor dem Austreten aus dem Schacht zusammen mit dem Räumgut abgesaugt. Deshalb wird die Gefährdung des Reinigungspersonals und der Umwelt als gering eingeschätzt. Eine objektive Einschätzung dieses Sachverhaltes wäre jedoch erst auf der Basis von Versuchen unter Variation der Randbedingungen, wie z.B. Wasserdruck, Volumenstrom und Zustand der Asbestzementrohroberfläche, und begleitenden Messungen der Faserkonzentration möglich.

Die Anwendbarkeit der TRGS 519 auf die Hochdruckreinigung von Asbestzementrohren wird grundsätzlich angezweifelt. Denn dieses Dokument beinhaltet zwar ein Verbot des „Hoch- und Niederdruckreinigens“ von Asbest-Erzeugnissen, aber es fehlt die Aussage zum Reinigungsmedium, d.h. Luft oder Wasser.

Informationen zum Thema „Sanierung“

Aussagen der Netzbetreiber

Das Thema Sanierung von Asbestzementrohren ist für einige Netzbetreiber nicht aktuell, da die Auswertung der TV-Befahrungsvideos im Ergebnis einen guten baulichen Zustand der Leitungen ergeben hat. Diese Situation wird von den Verantwortlichen als „glücklicher“ Umstand eingeschätzt, weil bei einem schlechteren Ergebnis in Abhängigkeit der Schadensklasse kurz- oder mittelfristig Sanierungsmaßnahmen hätten geplant und durchgeführt werden müssen. Nach eigener Aussage wären die Netzbetreiber im Zusammenhang mit der Bewältigung dieser Aufgabe mit Problemen konfrontiert worden, da in Bezug auf die Sanierung von Asbestzementrohren in den Punkten Ausschreibung, Vergabe und Durchführung Informationslücken bestehen. Die Auswechslung von Rohren aus Asbestzement wird aufgrund des durch die Zerstörung und Förderung erwarteten Freisetzens von Asbestfasern als besonders problematisch angesehen.

Andere Netzbetreiber haben in der Vergangenheit Bestände an Rohren aus Asbestzement teilweise oder komplett ausgebaut und durch andere Materialien ersetzt. Ohne nähere Angaben zum genauen Vorgehen zu machen, wird versichert, dass dabei die Bedürfnisse des Arbeitsschutzes erfüllt wurden.

Eine weitere Gruppe von Netzbetreibern sieht sich mit der nachfolgend beschriebenen Problematik konfrontiert. Ein Teil des schadhafte Asbestzementrohr-Bestandes müsste aufgrund der Schadenscharakteristik nicht notwendigerweise durch den Einsatz von vergleichsweise kostenintensiven Erneuerungsverfahren behoben werden, sondern

könnte in Abhängigkeit der Schadensklasse durch Reparatur- oder Renovierungsmaßnahmen beseitigt werden. Zu diesen Verfahren gehört beispielsweise der Einbau von Partlinern oder Inlinern. Hierbei wird in die schadhafte Leitung ein flexibler Schlauch eingezogen, der sich nach dem Aushärten eng an die alte Rohrwandung anlegt bzw. mit dieser einen Verbund eingeht. Voraussetzung für den Erfolg einer solchen Maßnahme ist die vorherige Reinigung der betreffenden Haltung. Das in der Kanalreinigung am häufigsten eingesetzte Verfahren ist die Hochdruckspülung. Im Zusammenhang mit der Anwendung dieses Verfahrens auf Asbestzementrohre sind die Netzbetreiber, wie bereits weiter oben beschrieben, aufgrund von Informationslücken verunsichert. Den Verantwortlichen bleibt als einzige Alternative die Sanierung der schadhafte Haltung in offener Bauweise, d.h. das Ersetzen der alten Rohre durch neue Rohre in einem offenen Graben. In diesem Zusammenhang bestehen jedoch die ebenfalls bereits beschriebenen Unsicherheiten auf Seiten der Netzbetreiber in Bezug auf den Inhalt der Ausschreibung und die Vergabe. Fachfirmen aus dem Bereich des Rohrleitungsbaus besitzen nur in seltenen Fällen Kenntnisse im Umgang mit Asbest. Auf der anderen Seite reichen die Kompetenzen der Asbestsanierungsunternehmen nicht in den Bereich des Rohrleitungsbaus hinein.

Informationen zum Thema „Anbohren von Asbestzementrohren für das Setzen von Stützen“

Aussagen der Netzbetreiber:

Die Einbindung eines Abwasserkanals oder –leitung in einen Sammler erfolgt mit Hilfe eines Stützens, der in ein Bohrloch im Hauptkanal gesetzt wird. Die Herstellung des Bohrloches erfolgt mit Hilfe einer Anbohrarmatur (vgl. I Bericht, Kapitel 4.6, Abbildung 4.4). Bei der Durchführung dieses Arbeitsganges bei Asbestzementrohren ist dem Freisetzen von Asbestfasern zu rechnen.

Ein großer Teil der befragten Netzbetreiber sieht sich in diesem Punkt nicht mit Problemen konfrontiert, da dieser Betriebsprozess schon seit Jahren nicht mehr ausgeführt wurde und sich an dieser Situation auch in Zukunft nichts ändern wird. In diesen Fällen handelt es sich nach Aussage der Verantwortlichen um als Druckleitung betriebene Transportleitungen, in die keine seitlichen Zuläufe einmünden.

Im Rahmen dieser Befragung konnten jedoch auch Netzbetreiber identifiziert werden, die über Erfahrungen beim Einbau von Stützen in Asbestzementrohre verfügen. Die nachfolgende Liste enthält Beispiele der gesammelten Informationen:

- Aufgrund des geringen Bestandes an Asbestzementrohren wurde kein spezielles Vorgehen entwickelt.
- Für den Einbau von Stützen in Asbestzementrohre liegen keine besonderen Sicherheitsbestimmungen vor.
- In der Vergangenheit wurden zwei Hausanschlussleitungen unter Einhaltung besonderer Arbeitsschutzmaßnahmen an einen Sammler aus Asbestzement angeschlossen.
- Das Berichtswesen beinhaltet Hinweise auf den Umgang mit Rohren aus Asbestzement. Diese Anmerkungen beziehen sich auch auf das Anbohren der Rohre.
- Im Rahmen einer aktuellen Sanierungsmaßnahme sind neue Anschlüsse an einen Sammler aus Asbestzement herzustellen. Der Netzbetreiber ist sich jedoch unsicher in Bezug auf die Zulässigkeit der Durchführung dieser Arbeiten. Es bestehen darüber hinaus Informationslücken die geltenden Vorschriften betreffend.

Diese Aussagen belegen, dass die Netzbetreiber mit diesem Thema sehr unterschiedlich umgehen. Als Gründe sind voneinander abweichende Gefährdungsbewertungen für Mensch und Umwelt zu nennen und Unterschiede in der Kenntnis der rechtlichen Hintergründe.

Zusammenfassung:

Es kann festgehalten werden, dass der Umgang mit Asbestzementrohren in NRW sehr unterschiedlich gehandhabt wird. Dies resultiert zum einen aus Unwissenheit oder unterschiedlicher Interpretation und Bewertung der rechtlichen Vorschriften. Die unterschiedliche Interpretation kann eine Folge von Unvollständigkeit, mangelnder Präzision der Aussage der Gesetzestexte oder mangelnder Erfahrung der Netzbetreiber bei der Umsetzung von juristischen Formulierungen sein. Demzufolge bestehen Unsicherheiten bzgl. des Umganges mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb. Zum anderen wird die Gefährdung durch freigesetzte Asbestfasern sowohl von den Netzbetreibern als auch von den ausführenden Firmen sehr unterschiedlich eingeschätzt. Diese uneinheitliche Bewertung ist auf fehlende Faserbelastungsdaten in Abhängigkeit der Betriebsprozesse auf der Basis von Versuchen und begleitenden Messungen zurückzuführen.

4 Betriebsprozesse und ihre Bewertung im Hinblick auf die Gefährdung durch Asbest

4.1 Allgemeines

Entwässerungsnetze setzen sich aus einer Vielzahl von Bauwerken und technischen Anlagen zusammen. Dazu gehören Kanäle, Leitungen, Schächte und Sonderbauwerke wie z.B. Düker, Regenrückhaltebecken, Regenüberlaufbecken, Regenklärbecken, Regenüberläufe, Stauraumkanäle und Pumpwerke. Diese Bauwerke müssen nicht nur geplant und gebaut, sondern auch betrieben werden.

Die Abwasseranlagen sind nach den gesetzlichen Vorgaben so zu betreiben, dass das Wohl der Allgemeinheit nicht beeinträchtigt wird. Insbesondere darf die Gesundheit von Menschen nicht gefährdet oder Gewässer und Boden negativ beeinflusst werden. Die Aufgaben der Netzbetreiber erstrecken sich auf die Inspektion, die Wartung, die Reinigung und die bauliche Unterhaltung bzw. Schadensbeseitigung. Sie werden für den Bereich Kanäle und Leitungen unter dem Begriff Instandhaltung zusammengefasst [2,48].

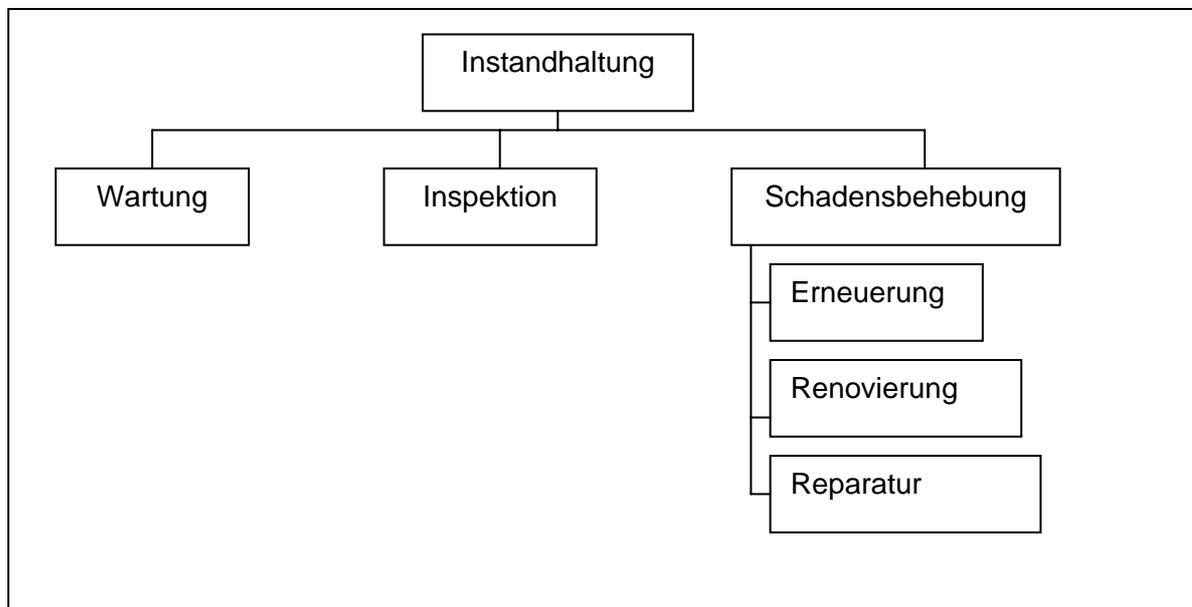


Abbildung 4.1: Zuordnung der Begrifflichkeiten [49]

Die Instandhaltung umfasst nach ATV M 143 Teil 1 die Wartung, Inspektion und die Schadensbehebung [3]. Die Begriffe Schadensbehebung und Sanierung sind gleichbedeutend und werden parallel benutzt. Nach DIN EN 752-5 schließt die Sanierung die

Reparatur, die Renovierung und die Erneuerung ein. Die Grenzen dieser Begriffe sind teilweise fließend.

Der Begriff der Wartung umfasst

- die örtliche Reparatur oder Auswechslung beschädigter Rohre,
- die Reinigung,
- die Überprüfung und Wartung von elektrisch, hydraulisch und mechanisch betriebenen Anlagen oder Einbauten und
- die Schädlingsbekämpfung.

Die Inspektion von Kanalisationen unterscheidet man nach DIN EN 752-5 [25] in

- bauliche,
- hydraulische und
- umweltrelevante Untersuchungen.

Die Reparatur unterteilt sich in

- Ausbesserungs-,
- Injektions- und
- Abdichtungsverfahren.

Die Injektion oder Abdichtung kann dabei sowohl von innen als auch von außen erfolgen.

Die Renovierung beinhaltet

- Beschichtungs- und
- Auskleidungsverfahren

Die in der Kanalisation eingesetzten Kanäle und Leitungen bestehen aus unterschiedlichen Rohrwerkstoffen. Unter anderem werden auch Rohre aus Asbestzement in der Abwasserbeseitigung betrieben.

Da Asbestzement ein asbesthaltiges Erzeugnis ist, bei dessen Verwendung krebserzeugender Staub entsteht oder freigesetzt werden kann, ist es laut Chemikaliengesetz als Gefahrstoff eingestuft. Die Gefahrstoffverordnung verbietet auf der Grundlage dieser Bewertung sowohl die Herstellung als auch die Verwendung von Asbest. Mit Aus-

nahme von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten dürfen Arbeitnehmer diesem Werkstoff nicht ausgesetzt sein. Der Umgang mit Gefahrstoffen ist in den Technischen Regeln für Gefahrstoffe festgelegt. Die TRGS 519 regelt den Umgang mit dem Gefahrstoff Asbest. Der Betrieb von Kanälen aus Asbestzement unterliegt deshalb dieser technischen Regel.

Nach TRGS 519 beschränkt sich der erlaubte Umgang mit Asbest auf Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten und die Abfallentsorgung. Abbrucharbeiten umfassen das Abbrechen von baulichen Anlagen, das Abwracken von Fahrzeugen einschließlich Schiffen, das Demontieren von Anlagen oder Geräten usw. einschließlich der erforderlichen Nebenarbeiten. Angewandt auf den Kanalbetrieb betrifft diese Definition den Rückbau von AZ-Leitungen mit und ohne Zerstörung der Bauteile [52].

Unter Sanierungsarbeiten fällt nach TRGS 519 das Entfernen von asbesthaltigen Materialien und das Ersetzen durch asbestfreies Material. Im Leitungsbau entspricht dies dem Austausch einzelner Rohre (Reparatur) oder einer kompletten Haltung (Erneuerung) aus Asbestzement durch asbestfreie Rohre, wie z.B. Beton, Steinzeug oder Kunststoff.

Der Begriff der Instandhaltung in der TRGS 519 umfasst alle Maßnahmen zur Bewahrung des Soll-Zustandes (Wartung), der Feststellung und Bewertung des Ist-Zustandes (Inspektion) und der Wiederherstellung des Soll-Zustandes (Instandsetzung).

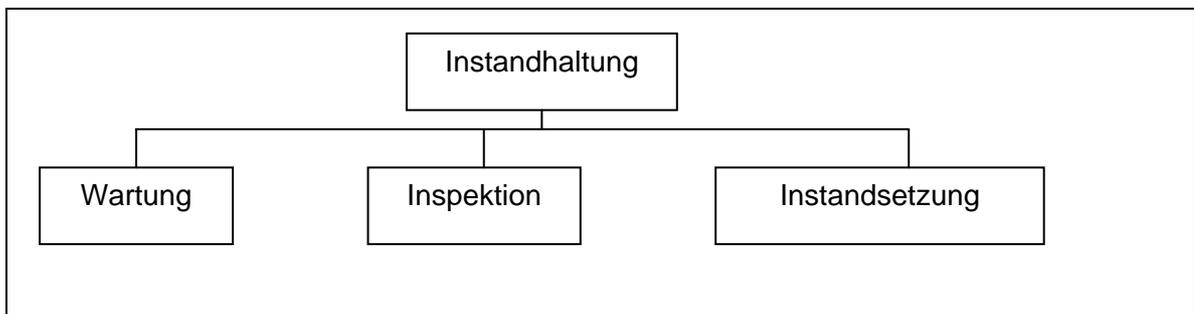


Abbildung 4.2: Zuordnung der Begrifflichkeiten nach TRGS 519 [52]

Unter der Annahme, dass die Begriffe Instandsetzung (TRGS) und Schadensbehebung bzw. Sanierung (Kanalbetrieb) gleichbedeutend sind, sind generell alle Arbeiten im Kanalbetrieb, die unter den Begriff Instandhaltung fallen laut TRGS 519 erlaubt.

Allerdings enthält die TRGS Einschränkungen zum Umgang mit AZ-Rohren im Hinblick auf spezielle Verfahren aus dem Bereich der ASI-Arbeiten. Generell ist die Bearbeitung von Asbesterzeugnissen, also auch von Asbestzementrohren, mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z.B. Abschleifen, Hoch- oder Niederdruckreinigen oder Abbürsten nicht zulässig. Weiterhin wird für Abbrucharbeiten an Asbestzementproduk-

ten der Einsatz von Geräten gefordert, die den berufsgenossenschaftlichen Anforderungen entsprechen (Positivliste geprüfter Geräte). Ebenso ist für Instandhaltungsarbeiten der Einsatz von schnelllaufenden Maschinen, wie Schleif- und Bohrmaschinen nicht zulässig. Es sind immer geeignete, sprich langsam laufende Geräte zu wählen.

4.2 Entwicklung einer Tabelle zur Analyse der Kanalbetriebsprozesse

In Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) werden aufbauend auf den Regelungen der TRGS 519 die gängigen Betriebsprozesse des Kanalbetriebs hinsichtlich einer möglichen Gefährdung durch freiwerdende Asbestfasern beleuchtet und erste Hinweise für den Umgang mit Asbestzementrohren gegeben. Diese Informationen sollen den Entscheidungsträgern und Anwendern eine Hilfestellung bei der Auswahl und Durchführung geeigneter Betriebsprozesse geben.

Es ist zu beachten, dass **im Rahmen dieses Projektes keine Messungen von Asbestfaserkonzentrationen** in Abhängigkeit von unterschiedlichen Betriebsprozessen **durchgeführt wurden**. Die in der Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) aufgeführten Werte der Asbestfaserkonzentrationen beziehen sich vielmehr auf Hinweise aus verschiedenen Literaturquellen. Die Basis, auf der diese Angaben ermittelt wurden, ist nicht bekannt. Es kann jedoch davon ausgegangen werden, dass die Daten auf Messungen beruhen. Die Ergebnisse von Untersuchungen sind abhängig von den gegebenen Randbedingungen. Im vorliegenden Fall können u.a. folgende Kriterien einen wichtigen Einfluss auf die Messergebnisse bewirken: Ort der Untersuchung (Labor oder in-situ), Art des Messverfahrens, Durchführung der Messung, Gebrauch und Auswahl der Arbeitsgeräte, Alter und Zustand der Asbestzementrohre. Aufgrund dessen können bei der wiederholten Untersuchung eines bestimmten Arbeitsprozesses die gemessenen Faserkonzentrationen u.U. deutlich von einander abweichen. Abschließend ist deshalb festzuhalten, dass die in der Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) angegebenen Werte keinen verbindlichen Charakter besitzen, sondern nur als grobe Abschätzung und ersten Hinweis verstanden werden dürfen. **Eine zuverlässige Beurteilung der in Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) aufgeführten Betriebsprozesse ist nur auf der Basis von Messungen möglich. Die Durchführung entsprechender Messungen ist deshalb zu empfehlen.**

Das Grundgerüst der Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) bilden die aus der Literatur [2,48,49] entnommenen Betriebsprozesse der Instandhaltung und die Beschreibung der Instandhaltungsarbeiten an Abwasserkanälen und –leitungen. Im Detail enthält die Übersicht Angaben zum Ort der durchzuführenden Arbeit, zum Aufenthaltsort der Be-

schäftigten während der Arbeit, zu möglichen Arten der Faserfreisetzung und zu Wegen des Fasertransports und der Faseraufnahme.

Das Ausmaß der zu erwartenden Asbestfaserkonzentration im Arbeitsbereich darf nach TRGS 519 auf drei verschiedene Arten ermittelt werden:

- aus Messergebnissen von vorliegenden vergleichbaren Arbeiten,
- aus der Literatur oder
- durch Annahme/Unterstellung

Die BGI 664 (Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit) liefert Verfahren und Verfahrensbeschreibungen für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten, die die Grenze von 15.000 F/m³ unterschreiten. Bis jetzt sind insgesamt einundzwanzig Arbeitsverfahren in die Liste des BIA (Berufsgenossenschaftliches Institut für Arbeitssicherheit) aufgenommen worden. Unter anderem enthält sie fünf Verfahren für Arbeiten an Asbestzement-Wasserrohrleitungen. Die Faserkonzentrationen vergleichbarer Arbeiten aus dem Abwasserbereich können von diesen und anderen BIA-Verfahren abgeleitet werden.

Die in Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) festgehaltenen Angaben der Faserkonzentrationen in Abhängigkeit der Betriebsprozesse basieren nicht auf Messergebnissen, sondern sind entweder der Literatur entnommen oder wurden von den durch das BIA zugelassenen Verfahren abgeleitet. Die fortschreitende technische Entwicklung der Arbeitsgeräte ermöglicht für viele Arbeiten die Unterschreitung der Faserkonzentration von 150.000 F/m³, oftmals sogar der Grenze von 15.000 F/m³ [6]. Aufbauend auf dieser Grundlage erfolgte bei einigen Betriebsprozessen eine Einschätzung der Faserkonzentration anhand der zum Einsatz kommenden Arbeitsgeräte. Konnten in der Fachliteratur zu einzelnen Betriebsprozessen weder Angaben zur Faserkonzentration noch zu den einzusetzenden Geräten gefunden werden, erfolgte eine grobe Abschätzung der Faserkonzentration in Anlehnung an Tabelle 4.1.

Mit Hilfe der aus der Literatur oder durch Abschätzung gewonnenen Angaben zur Faserkonzentration werden die Betriebsprozesse in Verbindung mit den Angaben zur Arbeitsdauer und der Anzahl der Beschäftigten in Anlehnung an die TRGS 519 in eine von vier Gefährdungskategorien eingestuft. Da die Angaben zu den Faserkonzentrationen, wie oben bereits erläutert wurde, nicht als verbindlich angesehen werden dürfen, ist auch die Einordnung der Betriebsprozesse in Gefährdungskategorien nicht definitiv.

Als Sonderfall werden in Anlehnung an TRGS 519 die Arbeiten an Asbestzementprodukten im Freien behandelt, die bei vernünftiger Arbeitsweise deutlich unter 150.000

F/m³ - vielfach aber oberhalb von 15.000 F/m³ - ablaufen. Als Grenze des geringen Umfangs werden hier Arbeiten an bis zu 100 m² großen Asbestzementflächen angesehen. Eine Beschränkung der Arbeitszeit auf 2 Stunden pro Arbeitnehmer und der Zahl der Arbeitskräfte auf 2 Arbeitnehmer ist zur Einordnung in die Gefährdungskategorie II „Arbeiten geringen Umfangs“ nicht erforderlich.

Tabelle 4.1: Einteilung in Gefährdungskategorien in Anlehnung an TRGS 519

Gefährdungskategorie	Asbestfaserkonzentration	Bewertung: Arbeiten
—	gegen Null	ohne Exposition
I	unter 15.000 F/m ³	mit geringer Exposition
II	*15.000 bis 150.000 F/m ³ oder Sonderfall Arbeiten an Asbestzementprodukten im Freien mit bis zu 100 m ² Fläche	geringen Umfangs
III	über 150.000 F/m ³	mit erhöhter Exposition
* mit bis zu 2 Arbeiter, die zusammen maximal 4 Stunden beschäftigt sind		

Aufbauend auf den Regelungen der TRGS 519 werden die gängigen Betriebsprozesse des Kanalbetriebs auf ihre Zulässigkeit hin überprüft. Auf diese Weise erhalten die Entscheidungsträger und die Anwender Hinweise zur Identifikation kritischer Betriebsprozesse beim Umgang mit AZ-Rohren. Die Ergebnisse dieser Auswertung sind in der Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) dargestellt.

4.3 Reinigung

Die TRGS 519 verbietet die Bearbeitung von Asbestzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen. Als Beispiel für solche Tätigkeiten werden Abschleifen, Hoch- und Niederdruckreinigen und Abbürsten genannt. Dies bedeutet, dass alle Reinigungsverfahren, die das Entfernen der Ablagerungen und Inkrustationen durch Aufbringen von mechanischer Energie auf die Rohrwand erzielen, nicht zulässig sind. Insbesondere ist die Reinigung mit Hoch- und Niederdruck ausdrücklich verboten. Alle Reinigungsverfahren, die mit Wasserdruck arbeiten, sind somit unzulässig. Unter diese Definition fällt die Kanalreinigung mittels Hochdruckspülung. Im Gegensatz dazu sind

nur die drucklosen Spülverfahren wie Stau- und Schwallspülung zulässig. Ebenso ausdrücklich verboten ist die manuelle Reinigung mit Hilfsmitteln wie das Sandstrahlen, Trocken- und Nassbürsten und Schleifen. Die aufzubringende mechanische Energie bei der Reinigung mit Reinigungsgeräten wie Kanalspiralen, Lockerungsketten und Stahlfedermolchen ist nicht dosier- und kontrollierbar, d.h. es ist von einer oberflächenabtragenden Wirkung auszugehen. Diese Art der Reinigung ist somit laut TRGS 519 nicht zulässig. Kritisch ist bei diesen Arbeiten außerdem, dass das Reinigungspersonal manuell im Kanal tätig werden muss, um die Geräte durch den Kanal zu ziehen, zu drücken oder zu schieben und das Reinigungsgut aus dem Kanal zu entfernen. Die Reinigung mit Spezialgeräten wie schlagende Geräte, Bohr- und Fräsgeräte, Schneidgeräte und Sandstrahlgeräte ist ebenfalls nicht erlaubt, weil sie in die Gruppe der oberflächenabtragenden Arbeiten fällt.

Die Verfahren, die eine Reinigungswirkung ohne Aufbringen von mechanischer Energie erzielen, sind nach TRGS 519 zulässig. Hierbei handelt es sich um Verfahren, die mit einer Erhöhung der Fließgeschwindigkeit arbeiten oder die Verunreinigungen durch chemische oder biologische Prozesse entfernen.

Verbote von Verfahren, bei denen kein Personal direkt im Kanal tätig wird, sollten hinsichtlich einer Freigabe unter der Einhaltung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes überprüft werden. Besonders das Hochdruckspülverfahren als effizientes und gebräuchlichstes Reinigungsverfahren ist genauer zu beleuchten.

Der Aufenthaltsort der Arbeitnehmer ist je nach Verfahren unterschiedlich weit von der Stelle der Bearbeitung der Oberfläche entfernt. Meistens befinden sich die Kanalarbeiter an einer Schachtöffnung und bedienen die Geräte. Es ist anzunehmen, dass die Faserkonzentration in der Luft mit zunehmendem Abstand zur Bearbeitungsstelle abnimmt. Da keine Aussage über die Gefährdung des Personals in Abhängigkeit der Entfernung vom Ort der Faserfreisetzung getroffen werden kann, sollte eine Kontaktaufnahme mit dem Asbeststaub in jedem Fall verhindert werden. Denkbar wäre z.B. das Abdecken der Schachtöffnung. Auf diese Weise könnte eine Senkung der Faserkonzentration unter die Grenze von 150.000 F/m³ erreicht werden.

Beim Einsatz von Hochdruckspülverfahren kann ein Teil des Asbeststaubs im Wasser gebunden vorliegen. Somit ist in Abhängigkeit des Spüldruckes mit dem Austritt von asbesthaltigen Aerosolen aus den Schächten zu rechnen, die das Personal gefährden können. Diese Gefährdung könnte durch die Reduktion des Spüldruckes in Schachtnähe und/oder die Abdeckung der Schachtöffnung vermindert und durch das Tragen einer Schutzausrüstung beherrscht werden. Eine weitere Möglichkeit den Kontakt des Reinigungspersonals mit den asbesthaltigen Aerosolen gänzlich zu verhindern, besteht im Einsatz des von der Firma HGV entwickelten „Aerokill“. Dieses Gerät hindert die

Aerosole am Austritt aus dem Kanalschacht und drückt sie durch einen starken Luftstrom gegen eine Vlieswand, an der sich das Wasser-Luft-Gemisch niederschlägt, abtropft und so in den Kanalschacht zurückgeführt wird [36].

Zur Einschätzung der Möglichkeit einer Aufhebung des Verbots der TRGS 519 in Bezug auf Reinigungsverfahren, die mechanische Energie auf die Rohrwand aufbringen und ohne direkten Personaleinsatz im Kanal auskommen, ist eine messtechnische Erfassung der Faserkonzentration notwendig.

Bei der abschließenden Bewertung der Reinigungsverfahren im Rahmen der Tabelle 3.1 (vgl. III Anhang, Kapitel 3) darf die „Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen“ (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) nicht außer acht gelassen werden. Denn grundsätzlich kann nach § 44 Abs. 2 dieses Gesetzes von den TRGS abgewichen werden, wenn eine „ebenso wirksame Maßnahme“ zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt getroffen wird. Dies bedeutet, die in der TRGS 519 definierte Unzulässigkeit bestimmter Reinigungsverfahren verliert durch den Einsatz geeigneter Schutzmaßnahmen, wie z.B. das Tragen von Schutzkleidung, ihre Gültigkeit. Aus diesem Grund wird bei der Bewertung der Reinigungsverfahren zwischen Verfahren mit und ohne besondere(n) Sicherheitsmaßnahmen unterschieden.

4.4 Inspektion

Die Verfahren der Außeninspektion im Rahmen der baulichen Untersuchungen gehen aufgrund der kontaktlosen Arbeitsweise im überwiegenden Teil der Fälle nicht mit einer Faserfreisetzung einher. Da die Arbeiten an der Geländeoberfläche der Leitungstrasse stattfinden, sind sie mit einer räumlichen Trennung zu dem Werkstoff Asbestzement durchführbar. Somit ist von keiner Gefährdung des Personals auszugehen. Die einzige Ausnahme bildet die Inspektion durch Freilegen der Leitung mit direktem Kontakt zum Asbestzementrohr, da hierbei eine Faserfreisetzung nicht auszuschließen ist. Die Faserkonzentration liegt bei sorgfältiger Arbeitsweise möglicherweise unter 15.000 F/m³. Somit könnte diese Arbeit in die Gefährdungskategorie I eingestuft werden.

Die baulichen Untersuchungen der Inneninspektion können nicht kontaktlos durchgeführt werden. Das Personal muss sich zur Durchführung dieser Arbeiten beim Einbringen und Bergen der Geräte in den Kanal bzw. in den Schacht begeben. Dabei ist eine Freisetzung von Asbestfasern durch Verwitterung denkbar. Die Faserkonzentration liegt schätzungsweise bei 400 F/m³ und damit unter 15.000 F/m³. Durch die permanente Abwasserführung ist mit einer Bindung und einem Abtransport der Asbestfasern zu rechnen. Die Möglichkeit einer sich summierenden Faserbelastung kann daher als gering eingeschätzt werden. Die Gefährdung wird in die Kategorie I eingestuft.

Wird für den Einsatz eines Endoskops bei der Begehung oder Befahrung ein Zugang gebohrt, ist von einer erhöhten Faserfreisetzung auszugehen. Mit den vorgeschriebenen langsam laufenden Geräten sind Faserkonzentrationen unter 150.000 F/m^3 zu erzielen. Je nach Dauer der Arbeiten und Anzahl des eingesetzten Personals fällt diese Arbeit in die Gefährdungskategorie II oder III. Der Aufenthaltsort des Personals beim Bohrprozess ist ebenfalls zu berücksichtigen. Wird die Endoskopie von Hand durchgeführt, befindet sich der ausführende Arbeitnehmer unmittelbar an der Gefahrenstelle. Bei der Durchführung der Endoskopie mit Hilfe von Kanalrobotern befindet sich das Personal nicht direkt an der Entstehungsstelle der Fasern, sondern bedient die Geräte vom Schacht aus. Die Faserkonzentration nimmt mit zunehmendem Abstand des Aufenthaltsort des Personals von der Austrittsstelle der Fasern ab. Dies ist bei der Ermittlung der Faserkonzentration zu berücksichtigen. Bei entsprechend großem Abstand zur Stelle der Bohrung ist eine Absenkung der Faserkonzentration im Arbeitsbereich auf unter 15.000 F/m^3 möglich.

Die Arbeiten des Personals sind bei den Verfahren der hydraulischen Untersuchungen (vgl. III Anhang, Kapitel 3, Tabelle 3.1) durch das Einbringen und Bergen der Geräte in den Kanal gekennzeichnet. Dabei ist wie bei der Inneninspektion ohne Bearbeitung der Rohrwand mit einer Faserfreisetzung durch Verwitterung zu rechnen. Die Gefährdung liegt dabei in der Kategorie I.

Die Prüfung auf Wasserdichtheit im Rahmen der umweltrelevanten Untersuchungen können haltungs- oder abschnittsweise mit Hilfe von Wasserdruck, Luftüberdruck und -unterdruck erfolgen. Die Prüfung mit Wasser ist im Hinblick auf einen möglichen Fasertransport durch das Prüfmedium aufgrund der Faserbindungsfähigkeit des Wassers als weniger kritisch als die Luftdruckprüfung einzuschätzen. Im Gegensatz zum Transportmedium Luft stellen die in Wasser gebundenen Asbestfasern für das Personal keine unmittelbare Gefahr dar. Da die Prüfungen im allgemeinen nicht mit einer Zerstörung des Rohres einhergehen, ist von keiner bis zu einer geringen Faserfreisetzung auszugehen. Die Angaben gelten entsprechend für die Infiltrationsprüfung und den Rauchttest. Die Gefährdung des Personals bei den umweltrelevanten Untersuchungen liegt beim Einbringen und Bergen der Geräte und führt zu einer Einordnung in die Gefährdungskategorie I.

Die Leckortung kann ebenfalls mit den Verfahren der Dichtheitsprüfung sowie geophysikalischen Methoden, durch Baugrund-, Grundwasser- und Bodenluftuntersuchungen und durch Abflussmessungen (siehe oben) erfolgen. Die neuesten Entwicklungen zur Leckortung beruhen auf Verfahren der Akustik, der Elektrik und der Infrarotthermographie. Die Gefährdung des Personals kann beim Einbringen und Bergen der Geräte bestehen. Diese Arbeiten fallen somit in die Gefährdungskategorie I.

4.5 Schadensbehebung

Die Arbeiten der Reparatur, der Renovierung und der Erneuerung von Kanälen gehen im allgemeinen mit einer Bearbeitung des Werkstoffes Asbestzement einher. Daher ist immer mit einer Faserfreisetzung zu rechnen. Durch den Einsatz der BIA-Verfahren lassen sich die Faserkonzentrationen unter die Grenze von 15.000 F/m³ senken [5]. Deshalb sind die BIA-Verfahren anderen Verfahren vorzuziehen.

Werden keine der vom BIA geprüften Arbeitsverfahren eingesetzt, müssen nach TRGS 519 bei der Bearbeitung immer geeignete Geräte benutzt werden. Für Abbrucharbeiten an Asbestzementrohren sind dies Geräte, die den berufsgenossenschaftlichen Ansprüchen entsprechen und in die Positivliste geprüfter Geräte aufgenommen wurden. Für Instandhaltungsarbeiten, darunter fällt nach TRGS 519 auch das Einbinden von Abzweigen in bestehende Asbestzementrohrleitungen, werden langsam laufende Geräte gefordert. Der Einsatz schnelllaufender Maschinen ist nicht zulässig. Besonderes Augenmerk ist auch auf das Verbot der Arbeitsgeräte zu legen, die die Oberfläche von Asbesterzeugnissen abtragen.

Reparatur

Für die Reparatur gibt es vier Verfahren aus dem BIA-Verzeichnis geprüfter Arbeitsverfahren mit geringer Exposition nach TRGS 519. Dies sind

- das Sägeverfahren,
- das Halbschalenverfahren,
- das Rohrknacken und
- das Anbohrverfahren (vgl. I Bericht, Kapitel 4.6).

Die ersten drei Verfahren beschäftigen sich mit dem Ausbau und Ersatz einzelner Rohre. Das Anbohrverfahren ist ein Verfahren zum Anbohren von Asbestzementrohren in erdverlegten Rohrleitungen mittels Anbohrarmatur zum Anbinden von Hausanschlussleitungen. Alle Verfahren gehören nach [48,49] in die Gruppe der Ausbesserung und werden in offener Bauweise durchgeführt. Die Faserfreisetzung bleibt bei der Anwendung dieser Verfahren unter Einhaltung der vorgeschriebenen Vorgehensweise unter 15.000 F/m³. Aus diesem Grund werden diese Prozesse in die Gefährdungskategorie I eingeordnet.

Die Ausbesserung von Fehlstellen im Kanal durch Mörtel lässt sich per Hand und durch Roboter ausführen. Beim Einsatz von Robotern können unterschiedliche Schä-

den, wie Undichtigkeiten, Abflusshindernisse, Risse etc. behoben werden. Dazu werden z.B. Bohr- oder Fräsköpfe eingesetzt. Auch bei diesen Arbeiten dürfen keine schnelllaufenden Geräte eingesetzt werden, so dass Faserkonzentrationen unter 150.000 F/m³ zu erwarten sind.

Für begehbare Kanäle, bei denen die statische Tragfähigkeit einzelner Rohre gefährdet ist, gibt es die Methode der Stabilisierung mit Hilfe von Spannringsen.

Bei diesen Arbeiten ist der Einsatz des Personals direkt am Ort des Schadens notwendig. An der beschädigten Stelle ist von einer konkreten Gefährdung durch Faserfreisetzung zu rechnen, insbesondere wenn der Untergrund für die Ausbesserung vorbereitet werden muss. Für eine Haftung der Mörtelschicht bzw. ein sattes Anliegen des Spannrings ist eine gründliche Reinigung erforderlich. Die dazu geeigneten Verfahren arbeiten üblicherweise alle mit Wasserdruck oder mechanischer Energie, die eine oberflächenabtragende Wirkung haben, die laut TRGS 519 nicht zulässig ist. Es ist zu prüfen, ob eine Ausbesserung von Asbestzementrohren unter diesen Umständen überhaupt noch sinnvoll ist.

Die Injektionsverfahren unterteilen sich in äußere und innere Injektionsverfahren. Bei der Injektion von außen wird der anstehende Boden verfestigt und abgedichtet. Der Kanal selbst ist dabei nicht von den Arbeiten betroffen. Der Kanal wird während der Arbeiten von innen durch Packer gegen eindringendes Injektionsmittel geschützt. Die dazu notwendigen Geräte werden in begehbaren Kanälen vom Personal positioniert und nachher wieder entfernt. Eine Gefährdung des Personal entsteht dabei durch die mögliche Faserfreisetzung bei der Verwitterung des Materials.

Bei der Injektion von innen kann die Injektion sowohl manuell in begehbaren als auch maschinell in nicht begehbaren Kanälen erfolgen. Bei beiden Vorgehensweisen werden im Bereich der vermuteten Undichtigkeiten Bohrungen durch die Kanalwand hergestellt, durch die mit Injektionslanzen oder –stutzen die Injektion erfolgt. Bei der Bohrung sind langsam laufende Geräte einzusetzen. Trotzdem wird eine hohe Faserfreisetzung ausgelöst. Unter diesen Umständen ist die maschinelle Injektion der manuellen vorzuziehen.

Beim Flutungsverfahren - oder auch Trasseninjektion - genannt, wird der Kanal als Förder- und Verteilerleitung für das Injektionsmittel genutzt. Zur Durchführung der Arbeiten muss kein Personal vor Ort tätig werden. Nur beim Einfüllen der Injektionsmittel vom Schacht aus, kommt das Personal in Kontakt mit dem Rohr aus Asbestzement. Dabei kann es zu einer Gefährdung durch bei der Verwitterung gelöste Fasern kommen.

Die Jet-Grouting- und Soil-Fracturing-Verfahren werden zum Verfüllen von Hohlräumen, zum Abbau und zur Abförderung von nicht mehr tragfähigen Böden eingesetzt. Eine Zementsuspension wird dabei als Bodenersatz per Injektionskörper in das Erdreich gepresst. Die Bohr- und Injektionsarbeiten werden dabei von der Erdoberfläche ausgeführt. In den Kanal eingebrachte Packer verhindern das Eindringen der Suspension. Das Personal kommt beim Einbringen und Bergen der Geräte mit den Rohren aus Asbestzement in Kontakt.

Die Abdichtungsverfahren dienen der Wiederherstellung der Wasserdichtheit und gegebenenfalls zur Stabilisierung der Tragfähigkeit. Die Maßnahmen erstrecken sich auf die Abdichtung von innen und außen. Sowohl das Freilegen und Reinigen der Leitung als auch das Abdichten kann mit einer Faserfreisetzung verbunden sein. Sie liegt wahrscheinlich in der unteren Gefährdungskategorie. Die Reinigung ist vorzugsweise mit einem Schwamm vorzunehmen. Soll ein anderes Reinigungsverfahren zur Erzielung eines qualitativ höheren Reinigungsergebnisses verwendet werden, ist auf die Wahl eines zulässigen Verfahrens zu achten (siehe Reinigung).

Renovierung

Die Beschichtungsverfahren der Renovierung dienen beim Einsatz in Kanalisationen zur Aufbringung einer geschlossenen Schicht auf die Kanalinnenwandung. Man unterscheidet das Auspress-, das Verdrängungs-, das Aufspritz- und das Anschleuderverfahren. Beim Verdrängungsverfahren wird die Beschichtung maschinell aufgebracht. Die Beschichtung im Auspressverfahren kann sowohl maschinell als auch per Hand hergestellt werden. Das spezielle Kanalsanierungssystem PORR ist eine Kombination aus beidem und arbeitet mit einer Querschnittserweiterung per Hand. Bei diesen Vorarbeiten ist von einer erhöhten Faserfreisetzung auszugehen. Die bei den Aufspritz- und Anschleuderverfahren aufgebrachte hohe Anwurfenergie bewirkt eine Haftung und eine Verdichtung an der Rohrwand. Auch diese Verfahren können sowohl maschinell als auch per Hand ausgeführt werden. Eine Asbestfaserbelastung ist unter der Voraussetzung einer geschädigten AZ-Rohrsubstanz möglich. Die maschinell unbemannt arbeitenden Verfahren sind vorzuziehen. Der Arbeitsbereich der Beschäftigten liegt bei diesen Verfahren außerhalb des Einsatzbereiches der Geräte und vermindert somit die Expositionsgefahr der Arbeitnehmer.

Die Auskleidungsverfahren unterteilen sich in die Auskleidung mit Rohren und mit montierten Einzelelementen (Montageverfahren). Unter Auskleidung mit Rohren versteht man die haltungsweise Herstellung selbsttragender Vollauskleidungen von Kanälen aus vorgefertigten, örtlich hergestellten und örtlich hergestellten, erhärtenden Rohren.

Bei den Montageverfahren kommen selbsttragende und nichtselbsttragende Teil- und Vollauskleidungen zum Einsatz. Die Verfahren zur Auskleidung mit Rohren unterscheiden sich durch die Art der Einbringung, der Länge der Rohre und der Herstellung der Rohre. Das Verbinden der Elemente erfolgt dabei entweder in der Startbaugrube, im Schacht oder im Kanal. Die Faserfreisetzung beim Einbringen der Inliner in den Altkanal und beim Verbinden ist als eher gering einzuschätzen. Bei der Auskleidung mit Teil- und Vollauskleidungen werden die Elemente über Schächte, Öffnungen und Baugruben in die Kanäle eingebracht und dort von Hand mit Hilfe geeigneter Geräte montiert. Die Gefährdung des Personal durch freiwerdende Asbestfasern wird durch die Befestigung der Auskleidungselemente am Altkanal ausgelöst. Auf den Einsatz geeigneter Geräte ist besonders zu achten.

Alle Verfahren der Renovierung erfordern eine gründliche Reinigung und Vorbereitung der Rohrwand. Die erfolgreiche Renovierung ist von der guten Qualität dieser Vorarbeiten abhängig. Üblicherweise wird die Rohrwand durch die Reinigung mit Hochdruck, Fräsen, Schleifen o.ä. vorbereitet. Es ist zu beachten, dass diese Verfahren laut TRGS 519 teilweise nicht zulässig sind bzw. nur mit langsam laufenden Geräten durchgeführt werden dürfen. Es ist zu klären, ob eine Renovierung mit den zulässigen Vorbereitungsmaßnahmen noch durchführbar ist.

Erneuerung

Die Erneuerung kann in offener, halboffener oder geschlossener Bauweise stattfinden. Die Erneuerung in offener Bauweise im Hauben- oder Gewölbeverfahren erfordert ein Abtragen des Kanals durch Stemmen, Bohren etc. Bei der konventionellen Methode der Kanalerneuerung in offener Bauweise kann der Altkanal per Hand entfernt oder vorsichtig maschinell ausgebaut werden. Bei der halboffenen Bauweise wird der Boden und das Altrohr mit Hilfe eines Baggers oder Greifers im Schutze eines im Scheitel offenen Schneidschuhs von der Geländeoberfläche aus zerstört und abgebaut. Die Erneuerung in geschlossener Bauweise erfolgt im Bergmännischen Stollenvortrieb, im Schildvortrieb mit Tübbingauskleidung und Rohrvortrieb. Beim Rohrvortrieb unterscheidet man den bemannt arbeitenden und den unbemannt arbeitenden Rohrvortrieb, das Berstverfahren und das Rohrziehverfahren. Beim Stollen- und Schildvortrieb und beim bemannt arbeitenden Rohrvortrieb befinden sich die Arbeiter an der Ortsbrust, wo der Altkanal per Hand oder maschinell abgebaut wird. Mit einer entsprechend hohen Faserkonzentration im Arbeitsbereich ist trotz Einsatz geeigneter Geräte zu rechnen. Im Gegensatz zum bemannt arbeitenden Rohrvortrieb befinden sich die Beschäftigten bei den anderen Verfahren des Rohrvortriebs nicht an der Ortsbrust, sondern in der

Startbaugrube oder im Schacht. Aufgrund des Abstands zur Ortsbrust kann eine zahlenmäßig nicht festzumachende Reduzierung der Faserkonzentration erwartet werden. Grundgedanke des Berstverfahrens ist, einen Berstkörper mit Hilfe einer Seilwinde oder eines Zuggestänges durch den defekten, außer Betrieb gesetzten Kanal zu ziehen, der die Rohrwandung zerstört und in den anstehenden Boden verdrängt. Unmittelbar hinter dem Berstkörper wird ein neuer Kanal gleicher oder größerer Nennweite eingebaut. Es ist somit keine Bodenentnahme erforderlich. Das Verfahren erfordert kreisrunde Querschnitte und spröde Werkstoffe. Ein Vorteil des Berstverfahrens aus Sicht des Arbeitsschutzes ist die nicht erforderliche Entfernung aus dem Boden und Entsorgung des Altmaterials. Der Kontakt der Arbeitnehmer mit den Asbestzementrohren wird dadurch erheblich reduziert. Charakteristikum des Rohrziehverfahrens ist das abschnittsweise Einziehen der Produktrohre in den Baugrund mit Hilfe eines in der Zielbaugrube installierten hydraulischen Rohrziehgerätes bei gleichzeitigem Herausdrücken der zu erneuernden Leitung. Zu dieser Verfahrensgruppe gehört auch das hydros@PLUS-Press-/Ziehverfahren aus dem „BIA-Verzeichnis geprüfter Arbeitsverfahren mit geringer Exposition nach TRGS 519“. Dieses Verfahren ist möglichst zur Erneuerung anzuwenden, da bei Einhaltung der geforderten Vorgehensweise die Faserkonzentration unter 15.000 F/m³ liegt.

Die TRGS 519 fordert einen zerstörungsfreien Ausbau möglichst von Hand. Ist dieses nicht möglich, dürfen die Rohre mit geeigneten Geräten unter Einsatz von Sprühmitteln getrennt werden. Erdverlegte, erdfeuchte Rohre können auch maschinell ausgebaut werden. Ist dabei Bruch nicht zu vermeiden, ist durch Erdüberdeckung die Staubfreisetzung zu verhindern. Beim Berstverfahren ist vorher abzuklären, ob das Verfahren für Asbestzement geeignet ist und ob ein Gefahrstoff wie Asbestzement ohne weiteres im Boden verbleiben darf. Die Rohrziehverfahren und die Berstverfahren sind aufgrund des staubarmen Ausbaus bzw. der staubarmen Zerstörung und des Verbleibens des Altmaterials im Boden aus Sicht des Arbeitsschutzes vorzuziehen.

4.6 Herstellung von Einbindungen (Stutzen)

Neben der Kanalreinigung kann der Einbau von Hausanschlussstutzen in Asbestzementrohren zur Gefährdung des Personals führen. Eine Gesundheitsgefährdung der Arbeitnehmer ist gegeben, wenn Asbest bei mechanischer Beanspruchung zu lungengängigen Fasern zerrieben oder aufgespalten und in dieser Form eingeatmet wird.

Der Umgang mit Asbest, auch mit Asbestzementrohren, erfordert ein hohes Maß an Verantwortung. Die Gefahrenabwehr setzt jedoch voraus, dass man sich der Gefährdung bewusst ist und die notwendigen Maßnahmen zur Gefahrenabwehr kennt. Man kann keine geeigneten Maßnahmen treffen, wenn man von der Existenz der Asbest-

zementrohre nichts weiß. Der Kontakt des Arbeitnehmers mit dem Rohr entsteht, wie in Abbildung 4.3 zu sehen ist, schon bei der Befestigung des Bohrgerätes am Rohr zur Durchführung einer Kernbohrung.



Abbildung 4.3: Befestigung des Bohrgerätes am Rohr zur Durchführung einer Kernbohrung (I)

In die Bohrung wird ein Hausanschlussstutzen eingebaut, welcher zum Anschluss der Hausleitung dient. Der Bohrvorgang erfolgt nach Befestigung des Bohrgerätes (Abbildung 4.4) unter Verwendung von Eisennägeln. Der Bohrvorgang dauert ca. drei Minuten. In dieser Zeit muss das Bohrgerät ununterbrochen von einem Arbeiter bedient werden. Nach Herstellung der Bohrung wird das Bohrloch gesäubert und auf Ausbrüche untersucht. Hierbei ist wieder der direkte Kontakt zum Rohr bzw. die eventuelle Gefährdung durch Asbestfasern gegeben.



Abbildung 4.4: Anbohren von Rohren mittels Anbohrarmatur zum Anbinden von Hausanschlussleitungen (I)

Die Gefährdung des Arbeitnehmers besteht nicht allein durch das Anbohren des Asbestzementrohres, sondern auch wie aus Abbildung 4.5 und Abbildung 4.6 zu entnehmen ist, durch den Einbau der Gummidichtung eines Hausanschlussstutzens.



Abbildung 4.5: Einbau der Gummidichtung eines Hausanschlussstutzens (I)

Die Gummidichtung wird nach dem Auftragen von Gleitmittel auf die Dichtung von Hand in den Stutzen eingeschoben. Falls es sich um ein Rohr aus Asbestzement handelt, kann die Tätigkeit zur Freisetzung von Asbestfasern und somit zu einer Gefährdung der Menschen führen.



Abbildung 4.6: Auftragen von Gleitmittel auf die Gummidichtung, in die der Stutzen eingeschoben wird (I)

5 Hinweise zur Identifikation von Asbestzementrohren

5.1 Zusammenstellung der Identifikationskriterien

5.1.1 Untersuchungsgegenstand und Vorgehensweise

Zur Identifizierung von Asbestzementrohren in der Kanalisation werden Identifikationskriterien entwickelt. Ziel ist es, anhand dieser Kriterien eine schnelle und einfache Identifikation vor Ort zu ermöglichen (vgl. [28]).

Die Identifikationsmerkmale für Asbestzementrohre wurden durch Befragung ermittelt. Ansprechpartner waren Kanalnetzbetreiber, Asbestzementhersteller, Kanalreinigungsbetriebe, Tiefbauunternehmen, Firmen für Asbestsanierung, Ingenieurbüros, der TÜV, Fachverbände, Sachverständige, Baustoffhändler, Bundesministerien, Materialprüfungsämter, Berufsgenossenschaften, Hochbauämter, Umweltschutzvereine und Selbsthilfegruppen Asbesterkrankter. Die Befragung erfolgte telefonisch, im persönlichen Gespräch oder schriftlich per Brief oder Fax.

Als Ergebnis dieser Befragung wurde eine Liste vorläufiger Identifikationskriterien zusammengetragen. Die Angaben der Befragung wurden auf ihre Richtigkeit und ihre Aussagekraft überprüft. Dies erfolgte durch Literaturrecherche in Normen und Fachliteratur, Inaugenscheinnahme von Asbestzement und Sichtung von Bild- und Videomaterial.

5.1.2 Ergebnisse

Die Identifikationskriterien und das Resultat der Überprüfung sind in Tabelle 5.1 aufgelistet. Die Identifikationskriterien lassen sich in vier Kriteriengruppen einteilen: Rohrkennzeichnung, Rohrgeometrie, Rohroberfläche und Rohrverbindung.

Zu der Gruppe Rohrkennzeichnung gehören die Norm, das Herstellungsdatum, der Hersteller und der Produkttyp (vgl. III Anhang, Kapitel 2.3). Zur Rohrgeometrie zählen die Querschnittsform, die Rohrlänge, das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite und die Einbautiefe. Die Farbe, die Oberflächenstruktur, der Klang, die Bruchtextur und das Schadensbild werden in der Kriteriengruppe Rohroberfläche zusammengefasst. Die vierte Gruppe stellt die Rohrverbindung dar.

Die Überprüfung konnte die meisten Identifikationskriterien als geeignet bestätigen. Das Kriterium Einbautiefe musste aufgrund widersprüchlicher Aussagen verworfen werden. Nachfolgend werden die Identifikationskriterien einzeln erläutert.

Tabelle 5.1: Identifikationskriterien für Asbestzementrohre

Kriteriengruppe	Identifikationskriterium	Kriterium ist	
		bestätigt	unbestätigt
Rohrkennzeichnung	Norm	X	
	Herstellungsdatum	X	
	Hersteller	X	
	Produkttyp	X	
Rohrgeometrie	Querschnittsform	X	
	Rohrlänge	X	
	Verhältnis Wanddicke/Nennweite	X	
	Einbautiefe		X
Rohroberfläche	Farbe	X	
	Oberflächenstruktur	X	
	Bruchtextur	X	
	Schadensbild	X	
	Klang	(X)	
Rohrverbindung	Rohrverbindung	X	
() Dieses Identifikationskriterium konnte nicht eindeutig bestätigt werden. Es bedarf noch weiterer Überprüfungen.			

5.2 Identifikationskriterien für Asbestzementrohre

5.2.1 Identifikationskriterien der Rohrkenzeichnung

Die Angaben der Rohrkenzeichnung, die eine Identifikation von Asbestzementrohren ermöglichen, sind die Norm, das Herstellungsdatum, das Herstellerzeichen und der Produkttyp (vgl. III Anhang, Kapitel 2.3). Die Eignung der Rohrkenzeichnung als Identifikationskriterium wurde anhand vorliegender Normen, Fachliteratur und einer Zusammenstellung der Titel aller für Asbestzementrohre veröffentlichten Normen des Deutschen Instituts für Normung überprüft. Die Informationen zur Zusammenstellung dieser Titelliste wurden vom Deutschen Informationszentrum für Technische Richtlinien (DITR) in Berlin zur Verfügung gestellt.

Auf der Basis dieser Zusammenstellung wurde eine Übersicht der Normen erarbeitet, die sich mit Asbestzementrohren befassen. Dies sind die DIN 19800, die DIN 19830, die DIN 19831, die DIN 19840, die DIN 19841, die DIN 19850, die DIN EN 512 und die DIN EN 588. Die Übersicht ist in Tabelle 5.2 dargestellt. Die Zusammenstellung der durch das Deutsche Institut für Normung veröffentlichten Asbestzementrohrnormen ist in III Anhang, Kapitel 2.2 enthalten.

Tabelle 5.2: Inhalt der Normen für Abwasserrohre aus Asbest- oder Faserzement des Deutschen Instituts für Normung

Norm	Titel der Norm	Gültigkeitsbereich		Kennzeichnungs-pflicht Produkttyp	Datum des ersten Norm-entwurfs bzw. der ersten Normausgabe
		AZ	FZ		
DIN 19800	Asbestzement-Druckrohre	X			Dez 1954
DIN 19830	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke	X			Dez 1958
DIN 19831	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke mit Muffe	X			Dez 1958
DIN 19840	Faserzement-Abflussrohre und -Formstücke ohne Muffe	X	X		Nov 1984
DIN 19841	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke ohne Muffe	X			Dez 1958
DIN 19850	Asbestzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle	X			Mrz 1969
DIN 19850	Faserzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle	X	X		Feb 1991
DIN EN 512	Faserzementprodukte: Druckrohre und Verbindungen	X	X	X	Sep 1991
DIN EN 588	Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle	X	X	X	Jan 1992

Die für Asbestzementrohre geltenden Normen werden in Normen für Asbestzementrohre (AZ) und Normen für Faserzementrohre (FZ) unterschieden [40]. Die Faserzementrohrnormen befassen sich im Unterschied zu den Asbestzementrohrnormen auch mit Rohren aus asbestfreiem Material [15,18,19,22,23]. Der Anwendungsbereich der Asbestzementrohrnormen dagegen ist auf asbesthaltiges Material begrenzt [13,14,16,17]. In Tabelle 5.2 ist der Gültigkeitsbereich der Normen für Asbestzementrohre erfasst.

Die Ausführung der Rohrkenzeichnung ist in den Asbest- bzw. Faserzementrohrnormen festgelegt. Die geforderten Angaben in der Kennzeichnung variieren in Abhängigkeit des Rohralters und der zum Datum der Rohrherstellung bzw. Rohrverlegung gültigen Norm (vgl. III Anhang, Kapitel 2.3). Bis zur Veröffentlichung der ersten Normen für Asbestzementrohre (vgl. Tabelle 5.2) war eine Kennzeichnung der Rohre nicht zwingend erforderlich und somit freiwillig. Rohre, die vor 1954 hergestellt wurden, lassen sich deshalb nicht anhand der Rohrkenzeichnung identifizieren.

Je nachdem welche Norm aus Tabelle 5.2 in der Rohrkenzeichnung angegeben ist, lässt sich der Werkstoff auf Asbestzement festlegen bzw. auf Faserzement eingrenzen. Die folgenden Werkstoffaussagen wurden aufgrund der Überprüfung der vorliegenden Normen und der Zusammenstellung der Titelliste aufgestellt.

Die Normen DIN 19800, DIN 19830, DIN 19831 und DIN 19841 befassen sich ausschließlich mit Rohren aus Asbestzement [13,14,40]. Die Verwendung von asbestfreiem Faserzement ist nicht Bestandteil dieser Normen. Die Bezeichnung Faserzement ist nicht in den Titeln der aufgezählten Normen enthalten [40]. Bei der Kennzeichnung des Rohres mit einer der oben aufgeführten Normen ist von einem asbesthaltigen Werkstoff auszugehen.

Die Norm DIN 19850 wurde im Laufe der Jahre mehrfach verändert und die Rohrbezeichnung im Februar 1991 von Asbestzementrohre in Faserzementrohre geändert [40]. Dementsprechend ist ab diesem Zeitpunkt bis Ende 1993 für Rohre, die nach DIN 19850 hergestellt wurden, sowohl mit asbesthaltigen als auch mit asbestfreien Faserzementen zu rechnen [18]. Vor der Änderung der Norm im Februar 1991 sind ausschließlich asbesthaltige Zemente zu erwarten [16,17].

Die Normen DIN 19840, DIN EN 512 und DIN EN 588 sind für Rohre aus Faserzement veröffentlicht worden [40]. In der Produktion wurden neben asbestfreien auch asbesthaltige Faserzemente verwendet [15].

Falls die in der Rohrkenzeichnung aufgeführte DIN-Norm nicht in Tabelle 5.2 aufgelistet ist, besteht nach den vorliegenden Unterlagen die Gewissheit, dass das gekennzeichnete Rohr nicht aus Asbestzement hergestellt wurde.

Einige Faserzementrohrnormen beinhalten die Kennzeichnungspflicht des Produkttyps. Der Produkttyp unterscheidet die bei der Produktion verarbeiteten Fasern in asbesthaltige (AT) und asbestfreie (NT) Fasern (vgl. III Anhang, Kapitel 2.3). Die Faserart eines asbestfreien oder asbesthaltigen Faserzementrohres ist mit der Angabe des Produkttyps in der Rohrkenzeichnung eindeutig bestimmt. Tabelle 5.2 dokumentiert die in den verschiedenen Normen vorgeschriebene Kennzeichnungspflicht des Produkttyps. Die Angabe der Faserart ist nach den vorliegenden Unterlagen nur in den europäischen Normen DIN EN 512 und DIN EN 588 vorgeschrieben. Die anderen überprüften Normen sehen diese Unterscheidung nicht vor.

Die Angabe des Herstellungs- bzw. Prüfdatums in der Rohrkenzeichnung ermöglicht unter bestimmten Umständen ebenfalls eine sichere Aussage über den Rohrwerkstoff (vgl. III Anhang, Kapitel 2.1). Durch Vergleich des Herstellungs- bzw. Prüfdatums mit dem Zeitintervall der zulässigen Produktion von Asbestzementrohren in Deutschland, ist eine ausschließende Werkstoffaussage möglich. Asbestzementrohre wurden ab 1930 in Deutschland hergestellt und verlegt [37,38]. Ältere Rohre können aus diesem Grund nicht aus Asbestzement bestehen. Fällt der Herstellungszeitpunkt in den Zeitraum nach dem 31.12.1993, ist Asbestzement als Werkstoff aufgrund des damals beginnenden Herstellungsverbots ebenfalls ausgeschlossen [56]. Nach Ende 1993 durften nur noch Rohre aus asbestfreiem Faserzement hergestellt werden.

Das Herstellerzeichen der Rohrkenzeichnung gibt zusätzliche Hinweise zur Identifizierung. Die Tabelle 5.3 führt die bekanntesten Produzenten für Asbest- und Faserzementrohre in Deutschland einschließlich der ehemaligen DDR auf (vgl. III Anhang, Kapitel 2.1). Marktführer für Asbestzementrohre war die Firma Eternit mit Sitz in Berlin [37,38]. Ausländische Hersteller für Asbestzementrohre sind nicht in die Tabelle 5.3 aufgenommen worden, da Asbestzementrohre von ausländischen Produzenten selten in Deutschland eingesetzt wurden. Bei der Befragung konnte kein Netzbetreiber ermittelt werden, der ausländische Fabrikate verwendet hat.

Die Produktion der genannten Hersteller umfasste nachweislich Asbestzementrohre. Ob diese Firmen ausschließlich Rohre aus Asbestzement oder auch aus asbestfreien Faserzementen bzw. aus anderen Werkstoffen produzierten, konnte nicht hinreichend für alle Hersteller geklärt werden. Die Firma Eternit zum Beispiel hat neben asbesthaltigen und asbestfreien Faserzementrohren auch Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz produziert [30,29]. Für die anderen Hersteller konnte die Produktpalette im

Rahmen der Befragung nicht ermittelt werden. Die meisten Firmen existieren nicht mehr oder sind von anderen Firmen übernommen worden.

Die Kennzeichnung des Rohres mit dem Herstellerzeichen einer der aufgeführten Firmen schließt Asbestzement in die Auswahl der möglichen Rohrwerkstoffe ein. Sie ist somit ein Indiz für Asbestzementrohre. Die genaue Ermittlung des Werkstoffs bzw. der verwendeten Faserart muss mit Hilfe geeigneter Identifikationskriterien (s.o.) fortgeführt werden oder durch Materialanalyse erfolgen.

Tabelle 5.3: Ehemalige Hersteller von Asbestzementrohren in Deutschland

Hersteller	Früherer Produktionsstandort/Firmensitz
Eternit	Berlin
Wanit	Herne
Fulgurit	Wunstorf
Durit	unbekannt
Himanit	unbekannt
Toschi	Bremen
Amroc	Magdeburg

5.2.2 Identifikationskriterien der Rohrgeometrie

Die Querschnittsform ist ebenfalls ein geeignetes und eindeutiges Identifikationskriterium. Abwasserrohre aus Asbestzement wurden ausschließlich im Mazza-Verfahren hergestellt. Produktionsbedingt wurden nur Asbestzementrohre mit Kreisquerschnitt gefertigt [37,38,49]. Für das begutachtete Rohr kann Asbestzement ausgeschlossen werden, wenn der Querschnitt nicht kreisförmig ist. Ebenso wenig kommt Asbestzement als Rohrwerkstoff in Frage, wenn als Querschnittsform ein Kreisquerschnitt mit Fuß vorliegt. Diese Querschnittsform ist typisch für Betonrohre und auf diese beschränkt [49].

Mit Hilfe der Rohrlänge lässt sich zusätzlich eine weitere Aussage über den Rohrwerkstoff treffen. Die Rohrlänge der Asbestzementrohre ist durch die Abmessungen der Mazza-Rohrmaschine begrenzt. Die Herstellungslängen für Asbestzementrohre gehen

nicht über 6,0 m hinaus [37,38]. Für Rohre ab einer Länge von 6,0 m scheidet Asbestzement aus dem Spektrum der möglichen Werkstoffe aus.

Die Befragung ergab, dass Rohre aus Asbestzement eine geringere Wanddicke besitzen sollen als Rohre aus anderen Werkstoffen. Um dies zu überprüfen wurde anhand vorliegender Normen und Fachliteratur das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite für Rohre aus Asbestzement und anderen Werkstoffen bestimmt. Die Ergebnisse der Überprüfung konnten diese Aussage nicht bestätigen (vgl. Tabelle 5.4).

Tabelle 5.4: Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite in Abhängigkeit des Rohrwerkstoffs

Werkstoff	Min. Verhältnis	Max. Verhältnis
Asbestzement	0,029	0,200
Steinzeug	0,028	0,216
Beton	0,036	0,163
Stahlbeton	–	–
Spannbeton	–	–
Guss	0,010	0,120
Stahl	0,009	0,039
Kunststoff	0,016	0,090
- Verhältnisse ergeben sich aus der statischen Bemessung der Rohre		

Das minimale bzw. maximale Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite bewegt sich für Asbestzementrohre zwischen 0,029 und 0,045 bzw. 0,040 und 0,200 [13,14,15, 16,17,18,19,22,23]. Steinzeugrohre (0,028 bis 0,216) und Kunststoffrohre (0,016 bis 0,090) werden genauso dünnwandig oder noch dünnwandiger hergestellt als Asbestzementrohre [9,42,50]. Betonrohre sind dickwandiger als Asbestzementrohre. Das Verhältnis der Mindestwanddicken liegt in einem Bereich von 0,036 bis 0,163 und damit höher als das für Asbestzementrohre. Maximale Wanddicken werden nicht genannt [20,32,49]. Für Stahl- und Spannbetonrohre kann das Verhältnis Wanddicke zu Nennweite nicht angegeben werden. Für diese Werkstoffe bestehen keine Angaben in den Normen bezüglich der minimalen und maximalen Wanddicken. Stahl- und Spannbeton-

rohre werden im Einzelfall bemessen, so dass auch die Wanddicke von Fall zu Fall variiert [21,49]. Es ist nicht auszuschließen, dass dünnwandigere Rohre als AZ-Rohre hergestellt werden können. Die Werte für Guss- und Stahlrohre bewegen sich in einem Bereich von 0,010 bis 0,120 bzw. von 0,009 bis 0,039. Damit sind Rohre aus Stahl und Guss ebenfalls dünner als Asbestzementrohre [11,10,12,24,27,49].

Als Ergebnis der Überprüfung kann festgehalten werden, dass Rohre aus Asbestzement im Prinzip nicht dünnwandiger sind als Rohre aus anderen Werkstoffen. Es ist lediglich möglich einen Wertebereich anzugeben, in dem sich das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite für Asbestzementrohre bewegt. Bei einem ermittelten Verhältnis Wanddicke/Nennweite außerhalb des Bereiches von 0,029 bis 0,200 für das zu identifizierende Rohr liegt ein Hinweis auf einen anderen Werkstoff als Asbestzement vor. Das Kriterium Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite ist aber nicht stark genug, um eine eindeutige Werkstoffaussage zu treffen.

Bei der Befragung wurde geäußert, dass Asbestzementrohre im Gegensatz zu anderen Rohrwerkstoffen besonders für den Einbau in großen Tiefen geeignet gewesen sein sollen. Diese Aussage konnte durch die Überprüfung nicht bestätigt werden. Asbestzementrohre konnten bereits 1963 mit Überdeckungshöhen bis 8,0 m verlegt werden [37,38]. Vermutlich konnte die zulässige Überdeckungshöhe im Laufe der Jahre auf Werte über 8,0 m gesteigert werden. Gleiches gilt für Faserzementrohre mit einer zulässigen Überdeckungshöhe von über 8,0 m [30] und Rohre aus Guss, Stahl- oder Spannbeton. Stahl- und Spannbetonrohre werden nach den allgemeinen Regeln des Stahl- bzw. Spannbetonbaus nach DIN 1045 bzw. DIN 4227 bemessen und bewehrt. Die erforderliche statische Wanddicke und Bewehrung bzw. Vorspannung ist dabei von den jeweiligen Belastungsfällen abhängig. Da auch weitere Rohrwerkstoffe, wie z.B. Guss, für die Verlegung mit großen Überdeckungshöhen geeignet sind, ist die Einbautiefe kein Indiz für Asbestzementrohre. Dementsprechend wird das Kriterium Einbautiefe zur Identifikation von Asbestzementrohren verworfen.

5.2.3 Identifikationskriterien der Rohroberfläche

Durch Untersuchung der Rohroberfläche lässt sich Asbestzement von vielen anderen Rohrwerkstoffen unterscheiden.

Die typischen Farben für Asbest- bzw. Faserzementrohre sind grau und schwarz (vgl. Abbildung 5.1). Unsanierte Rohre ohne Rohrschutz sind grau mit einer feinen und sehr glatten Zementmörtelstruktur. Der für Asbestzementrohre eingesetzte Rohrschutz ist üblicherweise schwarz oder grau (vgl. III Anhang, Kapitel 2.4). In seltenen Fällen wurde von der Firma Eternit ein roter Rohrschutz eingesetzt. Es liegt die Vermutung nahe,

dass auch die anderen Hersteller farbigen Rohrschutz verwendet haben. Diese Fragestellung konnte im Verlauf der Befragung allerdings nicht geklärt werden.

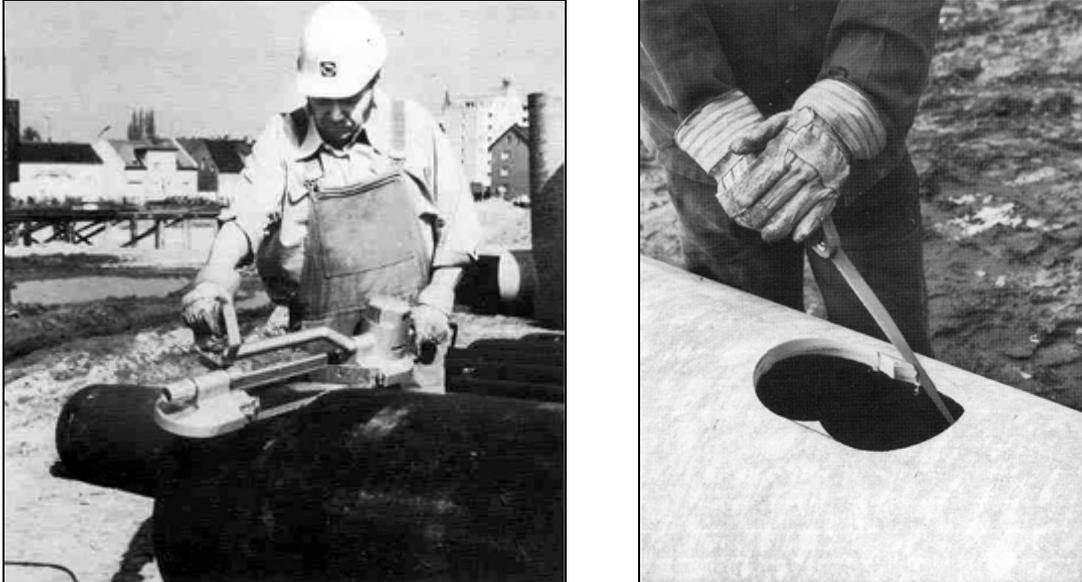


Abbildung 5.1: Typische schwarze und graue Farbe von Asbestzementrohren [31]

Es ist festzuhalten, dass die für Asbestzementrohre nachgewiesenen Farben grau, schwarz und rot sind. Es kommen aber nach wie vor andere Farben in Betracht. Ebenso ist anzumerken, dass die in der Abwasserableitung gängigen Werkstoffe zum größten Teil grau, schwarz oder rot sind. Lediglich Kunststoffrohre und mit PE-Folie umhüllte Stahl- oder Gussrohre sind teilweise andersfarbig [42,49]. Deshalb ist die Farbe des Rohres kein eindeutiges Identifikationskriterium. Es liefert nur einen Hinweis auf den eingesetzten Werkstoff.

Ähnlich verhält es sich mit der Farbe sanierter Rohre. Die Farbe der Auskleidung oder der inneren Beschichtung geht von weiß über grau und grün bis hin zu schwarz. Die eingebaute Auskleidung oder Beschichtung verhindert die Erkennung des darunter liegenden sanierten Werkstoffs. Es ist durchaus vorstellbar, dass es sich um ein saniertes Asbestzementrohr handelt. Die Anwendung des Identifikationskriteriums Farbe ist für sanierte Rohre nicht möglich.

Die Oberfläche von Asbestzementrohren ist stumpf und matt absorbierend (vgl. Abbildung 5.2). Eine glänzende oder spiegelnde Rohrwand weist auf andere Materialien wie Guss oder Steinzeug hin. Grobe Strukturen der Oberfläche mit sichtbarem körnigen Zuschlag sind ein deutliches Kriterium für den Ausschluss von Asbestzement als Rohrwerkstoff. Asbestzementrohre werden aus den Rohstoffen Asbest, Zement und Wasser ohne Zugabe von körnigem Zuschlag hergestellt (vgl. III Anhang, Kapitel

2.1). Bei den Werkstoffen mit sichtbarem körnigem Zuschlag handelt es sich um Beton, Stahl- oder Spannbeton.



Abbildung 5.2: Farbe und Oberfläche eines Asbestzementrohrbruchstückes (I)

Die Bruchtextur ist ein weiteres Kriterium zur Identifikation. Austretende Faserbündel an Bruchkanten sind ein klarer Hinweis auf Asbest- oder Faserzement. Die eingesetzte Faserart ist mit Hilfe einer Lupe zu bestimmen. Die Unterscheidung zwischen asbesthaltigen und asbestfreien Fasern ist auf Grund des Austrittsverhaltens der Fasern an der Oberfläche zu treffen. Asbestfasern treten an vielen Stellen der Rohroberfläche ungeordnet aus und verwirren sich zu einem Faserknäuel. Dieses typische Austrittsverhalten der Fasern ist ein eindeutiger Hinweis auf Asbestzement. Asbestfreie Ersatzfasern dagegen ragen nur vereinzelt aus der Zementoberfläche heraus. Dies hat mit der Reduzierung des Faseranteils bei der Herstellung von asbestfreien Faserzementrohren zu tun. Der Anteil der Ersatzfasern liegt im Unterschied zu Asbestzementrohren unter 10 Gew.-%. Die asbestfreien Fasern erscheinen im Austrittspunkt im Gegensatz zu Asbestfasern gebündelt und sehen aus wie die Spitze eines Pinsels (vgl. Abbildung 5.3) (IV).

Die Bruchtextur ist das wahrscheinlich stärkste Kriterium zur Identifikation von Asbestzementrohren (IV). Die Anwendung dieses Kriteriums bedarf aber der Sachkunde und Erfahrung bei der Erkennung von Asbestzementprodukten. Damit das Kriterium Bruchtextur auch für weniger geübte Menschen einsetzbar ist, wird das Erscheinungsbild der vereinzelt pinselig austretenden Fasern nur als Hinweis gegen Asbestzement und nicht als Kriterium zum Ausschluss von Asbestzement verstanden. Der Möglichkeit einer falschen Werkstoffaussage durch Unkenntnis wird dadurch vorgebeugt. Damit liegt man bei der Beurteilung der Faserart auf der sicheren Seite.

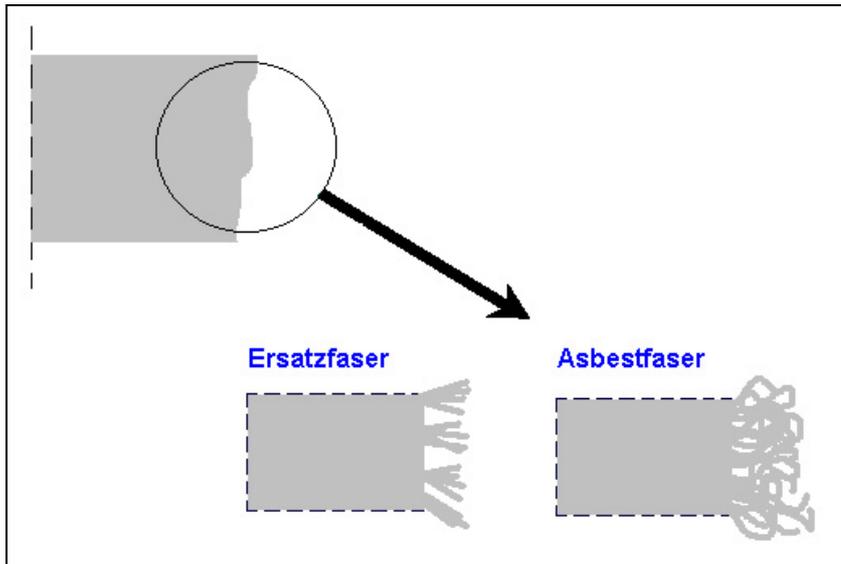


Abbildung 5.3: Schematische Darstellung der Bruchtextur von Rohren aus asbesthaltigem und asbestfreiem Faserzement (I)

Der Kratztest ist zusätzlich eine wirksame Methode zur Erkennung von Asbestzement. Beschädigt man ein kleines Stück der Asbestzementoberfläche durch Kratzen mit einem Taschenmesser oder einem Schraubenzieher, wird die bearbeitete Stelle heller bzw. weiß. Bei Faserzementen lässt sich diese Reaktion nicht erzielen (IV). Weiterhin bestehende Unklarheiten bezüglich der verwendeten Faserart lassen sich mit Hilfe geeigneter Identifikationskriterien (s.o.) oder einer Materialanalyse ausräumen.

Durch Sichtung von Bild- und Videomaterial konnte für Asbestzementrohre ein charakteristisches Schadensbild entdeckt werden. Wie bei vielen anderen Werkstoffen treten sowohl Risse als auch der Ausbruch ganzer Scherben auf (vgl. Abbildung 5.4). Auffällig war, dass die kontrollierten Haltungen wesentlich mehr Scherbenausbrüche als Risse in der Rohrwandung aufwiesen. Betonrohre zum Beispiel weisen dagegen fast keine Scherbenbildung sondern nur eine typische Rissbildung auf. Das ermittelte Schadensbild der ausbrechenden Scherben ist für Rohre aus Asbestzement charakteristisch (IV). Als deutliches Nachweiskriterium für Asbestzementrohre ist das Schadensbild zu wenig aussagekräftig. Es liegt die Vermutung nahe, dass auch Faserzementrohre diese Neigung zur Scherbenbildung besitzen. Ein im Gegensatz zur Rissbildung vermehrt auftretender Ausbruch von Scherben kann höchstens ein Hinweis auf Asbest- bzw. Faserzementrohre sein.



Abbildung 5.4: Scherbenbildung an Asbestzementrohren (II)

Bei der Befragung wurde auch der Klang des Rohres beim Klopfen gegen die Rohrwand als Identifikationskriterium genannt. Asbestzement soll sich metallischer anhören als Beton (IV). Der unterschiedliche Klang verschiedener Rohrwerkstoffe konnte durch Klopfversuche an mehreren ausgebauten Rohren nachvollzogen werden. Ein ausgebautes Asbestzementrohr stand dabei nicht zur Verfügung. Der Klopfversuch konnte an Kunststoff-, Steinzeug-, Beton-, Stahlbeton und Gussrohren durchgeführt werden. Es ist festzuhalten, dass sich Rohre aus unterschiedlichen Werkstoffen durch den Klang unterscheiden. Inwiefern das auch für Asbestzementrohre gilt, kann an dieser Stelle nicht beurteilt werden. Die Befragung ergab, dass ein geschultes Ohr in der Lage sei, den Rohrwerkstoff auf Grund des Klangs zu erkennen. Die Beurteilung dieses Identifikationskriteriums bleibt somit dem erfahrenen Fachmann überlassen. Das Kriterium wird als schwaches Indiz für die Identifikation von Asbestzementrohren in die Aufstellung der Identifikationskriterien aufgenommen.

5.2.4 Identifikationskriterium Rohrverbindung

Die Rohrverbindung soll laut Ergebnis der Befragung ebenfalls ein charakteristisches Erkennungsmerkmal für Asbestzementrohre sein. Eine Überprüfung von Normen und Fachliteratur konnte diese Behauptung belegen.

Die typische Rohrverbindung für Asbestzementrohre ist die Reka-Kupplung (vgl. III Anhang, Kapitel 2.5). Diese Rohrkupplung wurde für Druck-, Kanal- und Abflussrohre aus Asbestzement eingesetzt. Für Freispiegelleitungen wurde die Reka-Kupplung weiterentwickelt. Die Bezeichnung dieser Kupplung für drucklose Kanalrohre und Abflussrohre ist RKG- oder RKK-Kupplung. Optisch unterscheiden sich die Kupplungen für Freispiegelleitungen nicht von der Reka-Kupplung [31,37,38]. Die Reka-Kupplung kommt außerdem für die Verbindung von GFK-Rohren zum Einsatz. Für andere Werkstoffe ist diese Rohrverbindung eher untypisch [49]. Die Verwendung dieser Rohrkupplung ist deshalb kein Nachweiskriterium sondern nur ein Indiz für Asbestzementrohre.

Da für die Verbindung von Asbestzementrohren auch Gibault- oder Flanschkupplungen oder auch das System Spitzende und Muffe zum Einsatz kamen, sind andere Rohrverbindungen als die Reka-Kupplung kein Ausschlusskriterium für Asbestzementrohre.

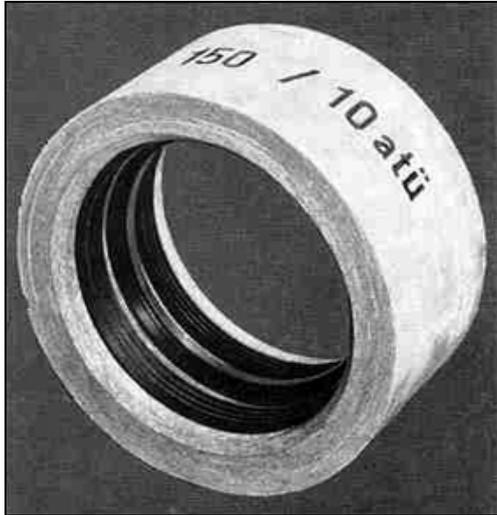


Abbildung 5.5: Reka-Kupplung [38]

Die Reka-Kupplung ist von außen gut an ihrem Aussehen zu erkennen. Sie ist eine Kupplungshülse aus Asbest- oder Faserzement in der Form eines Rings (vgl. Abbildung 5.5). Sie ist nicht wie viele andere Rohrverbindungen in das Rohrende integriert, sondern wird über beide zu verbindende Rohrende geschoben. Da die Reka-Kupplung auch aus Asbestzement bestehen kann, sind dementsprechend auch die Identifikationskriterien der Rohroberfläche zutreffend. Ebenso wie Rohre aus asbesthaltigem oder asbestfreiem Faserzement wird auch die Reka-Kupplung mit einer Kennzeichnung versehen. Die Kennzeichnung enthält in Abhängigkeit der gültigen Norm die Angabe der Nennweite, der Norm, des Herstellerzeichens, des Herstelldatums und des Produkttyps. Die Rohrverbindungen sind in den gleichen Normen erfasst wie Asbestzementrohre, also gelten die Kriterien der Rohrkenzeichnung zur Identifikation von Asbestzementrohren für die Rohrverbindungen analog (vgl. III Anhang, Kapitel 2.5).

Von innen ist die Rohrverbindung wahrscheinlich nicht eindeutig zu erkennen. Aus dem Inneren des Rohres sieht man nur den für die Reka- oder RKG- bzw. RKK-Kupplung typischen, ungefähr 5 mm breiten Distanzring zwischen den Stirnseiten der Rohre (vgl. Abbildung 5.6). Dieser Distanzring ist zur Erhaltung der Beweglichkeit der Rohrverbindungen erforderlich. Auffällig bei dieser Rohrkupplung ist die ausgeprägte Passgenauigkeit der Rohrverbindung [37,38]. Ob diese Merkmale der Rohrverbindung zu einer eindeutigen Erkennung der Reka-Kupplung von innen ausreichen, ist unklar. Die Bewertung dieses Identifikationskriteriums bleibt dem erfahrenen Fachmann überlassen.

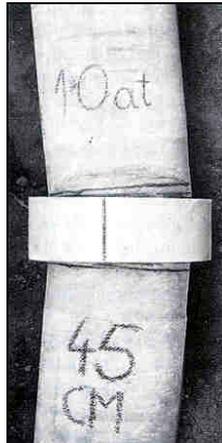


Abbildung 5.6: Eingebaute Reka-Kupplung von außen [38] und innen (II)

Im Rahmen der Überprüfung der charakteristischen Rohrverbindungen wurden auch die Formstücke für Asbestzementrohre betrachtet. Die typischen Formstücke für Asbestzementdruckrohre sind aus Guss, die für Freispiegelleitungen aus Asbestzement (vgl. III Anhang, Kapitel 2.6). Da es für die verschiedenen Rohrtypen keine einheitlichen Formstücke gibt, ist dieses Kriterium nicht zur Identifikation aller Abwasserrohre aus Asbestzement geeignet. Das Identifikationskriterium wird deshalb nicht in die Kriterienliste aufgenommen.

5.3 Typisierung der Identifikationskriterien

Die in 5.2 entwickelten Identifikationskriterien für Asbestzementrohre besitzen keine gleichwertige Aussagekraft. Einige Kriterien ermöglichen eine eindeutige Identifikation des Werkstoffs Asbestzement, andere Kriterien wiederum schließen Asbestzement als Werkstoff eindeutig aus. Weitere Kriterien hingegen geben nur Hinweise auf Asbestzement oder liefern Anhaltspunkte gegen einen möglichen Werkstoff Asbestzement. Die Identifikationskriterien lassen sich nach Art der Aussage unterscheiden in

- Ausschlusskriterien für Asbestzementrohre,
- Nachweiskriterien für Asbestzementrohre,
- Indizien für Asbestzementrohre und
- Indizien gegen Asbestzementrohre.

Tabelle 5.5 zeigt die Einordnung der Identifikationskriterien in die oben beschriebenen vier Gruppen anhand ihrer Aussagekraft.

Bei der Identifikation des Werkstoffs eines Abwasserrohres kann aufgrund der Recherche zu den Identifikationskriterien zwingend geschlossen werden, dass es sich nicht um Asbestzement handelt, wenn eine der folgenden Aussagen erfüllt ist:

- Die in der Rohrkenzeichnung vermerkte DIN-Norm gehört nicht zu den für Asbest- bzw. Faserzementrohren veröffentlichten Normen DIN 19800, DIN 19830, DIN 19831, DIN 19840, DIN 19841, DIN 19850, DIN EN 512 und DIN EN 588,
- das Herstellungsdatum in der Rohrkenzeichnung liegt zeitlich vor dem Jahr 1930 oder nach Ende des Jahres 1993,
- der Produkttyp in der Rohrkenzeichnung ist NT, also asbestfreie Technologie,
- die Querschnittsform ist kein Kreisquerschnitt oder ein Kreisquerschnitt mit Fuß,
- die Rohrlänge ist größer als 6,0 m, oder
- es ist körniger Zuschlag sichtbar.

Ist eine der aufgezählten Aussagen zutreffend, kann Asbestzement als Rohrwerkstoff ausgeschlossen werden.

Ebenso gibt es Nachweiskriterien, die den Rohrwerkstoff eindeutig als Asbestzement bestimmen. Folgende Aussagen sind zur Identifikation von Asbestzement geeignet:

- Die in der Rohrkenzeichnung angegebene Norm gehört zu den ausschließlich für Asbestzementrohre gültigen Normen DIN 19800, DIN 19830, DIN 19831 und DIN 19841,
- der in der Rohrkenzeichnung aufgeführte Produkttyp ist AT, also Asbest-Technologie,
- es treten helle oder weiße Stellen an der Oberfläche auf, nachdem mit einem festen Gegenstand die Rohroberfläche angekratzt wurde, oder
- an einer Bruchkante sind viele ungeordnet austretende Fasern erkennbar, die sich zu einem Knäuel verwirren.

Es ist bereits eine zutreffende Aussage ausreichend, um den Rohrwerkstoff auf Asbestzement festzulegen.

Des Weiteren gibt es Identifikationskriterien, die Indizien für einen möglichen Werkstoff Asbestzement liefern. Folgende Aussagen weisen auf Asbestzement hin:

- Die in der Rohrkenzeichnung angegebene Norm ist die DIN 19840, DIN 19850, DIN EN 512 oder DIN EN 588,
- das Herstellerzeichen in der Rohrkenzeichnung ist das der Firma Eternit, Wanit, Durit, Himanit, Fulgurit, Toschi oder Amroc,
- die Rohroberfläche weist eine feine und sehr glatte Zementmörtelstruktur auf,
- das Rohr hat den für Asbestzement typischen Klang,
- es tritt das typische Schadensbild mit gehäufter Scherbenbildung auf, oder
- die eingesetzte Rohrverbindung ist eine Reka- oder RKG- bzw. RKK-Kupplung.

Ebenso gibt es Indizien, die gegen Asbestzement als Rohrwerkstoff sprechen. Die Aussagen, die nicht auf Asbestzement sondern auf einen anderen Werkstoff hinweisen sind:

- Das ermittelte Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite liegt außerhalb des Wertebereichs von 0,029 bis 0,200,
- die Farbe des unsanierten Rohres ist nicht schwarz, grau oder rot,
- das Rohr weist eine glänzende und spiegelnde Oberfläche auf,
- das Rohr hat den für einen anderen Werkstoff wie Steinzeug, Kunststoff o.ä. typischen Klang, oder
- es sind an einer Bruchkante vereinzelt pinselig austretende Fasern erkennbar.

Die Indizien erlauben keine eindeutige Aussage für oder gegen den Werkstoff Asbestzement. Sie können die Aussagen der Ausschluss- und Nachweiskriterien nur bekräftigen oder bestätigen.

Tabelle 5.5: Typisierung der Identifikationskriterien

Identifikationskriterien			Ausschlusskriterium	Nachweiskriterium	Indiz für AZ	Indiz gegen AZ
Kennzeichnung	Norm	DIN 19800, 19830, 19831, 19841		X		
		DIN 19840, 19850, EN 512, EN 588			X	
		andere DIN-Norm	X			
	Hersteller	aus Tabelle 3.3			X	
	Datum	vor 1930 oder ab 1994	X			
Produkttyp	AT Asbesttechnologie			X		
	NT asbestfreie Technologie	X				
Geometrie	Querschnittsform	kein Kreisquerschnitt	X			
		Kreisquerschnitt mit Fuß	X			
	Rohrlänge	größer als 6 m	X			
Wanddicke/Nennweite	kleiner als 0,029 oder größer als 0,200				X	
Oberfläche	Farbe	andere Farbe des unsanierten Rohres als grau, schwarz oder rot				X
	Oberflächenstruktur	feine, sehr glatte Zementmörtelstruktur			X	
		körniger Zuschlag sichtbar	X			
		glänzende, spiegelnde Oberfläche				X
		helle bzw. weiße Stellen beim Kratztest		X		
	(Klang)	Erkennung von AZ durch Klopfen				(X)
		Erkennung anderer Werkstoffe durch Klopfen				(X)
Bruchtextur	wirr austretende Faserknäuel erkennbar		X			
	vereinzelt pinselig austretende Faserbündel				X	
Schadensbild	vermehrt auftretende Scherbenbildung			X		
Rohrverbindung	Rohrverbindung	Reka- oder RKG- bzw. RKK-Kupplung			(X)	

() Dieses Kriterium konnte nicht durch eigene Überprüfung nachvollzogen werden. Es bedarf noch weiterer Untersuchungen.

5.4 Schematischer Ablauf der Identifikation

Um eine Gefahrensituation beherrschen zu können, ist es erforderlich, die Gefahr als solche zu erkennen und dementsprechend zu handeln. Im Umgang mit Asbestzementrohren bedeutet dies im ersten Schritt die Identifizierung von Asbestzement als verwendetem Rohrwerkstoff. Das heißt, bevor Arbeiten an einem Kanal durchgeführt werden, muss vorher geklärt werden, ob der Kanal aus Asbestzement besteht oder nicht.

Zur Ermittlung des Rohrwerkstoffs wird eine Vorgehensweise zur Identifikation von Asbestzementrohren erarbeitet. Dazu werden die zur Identifikation von Asbestzementrohren entwickelten Kriterien in ein Identifikationsverfahren eingebaut. Dieses Identifikationsverfahren setzt sich aus drei Stufen zusammen:

1. Die Ermittlung der Werkstoffangabe in den Bestandsunterlagen der Kanalnetzbetreiber,
2. die Erkennung des Werkstoffs durch Inaugenscheinnahme vor Ort und
3. die Identifizierung von Asbestzement durch Analyseverfahren.

Abbildung 5.7 zeigt den Ablauf des Identifikationsverfahrens für Asbestzementrohre. Die drei Stufen des Identifikationsverfahrens setzen sich wiederum aus mehreren Schritten zusammen.

In Stufe I, der Ermittlung des Werkstoffs in den Kanalbestandsunterlagen, ist der erste Schritt die Bestimmung des Werkstoffs durch eine Datenbankabfrage. Kommt diese Überprüfung zu einem eindeutigen Ergebnis, ist der Werkstoff der zu untersuchenden Haltung bestimmt und die Identifikation beendet. Führt die Datenbankabfrage zu keinem eindeutigen oder einem widersprüchlichen Ergebnis, wird im zweiten Schritt das Identifikationsverfahren mit einer vertieften Datenrecherche in den Bestandsunterlagen fortgesetzt. Diese Bestandsunterlagen umfassen alle vorliegenden Dokumente des Kanalnetzes wie die Bestandspläne, das Kanalkataster oder die Bauakten. Liefert die vertiefte Recherche ein konsistentes Ergebnis, ist die Identifikation mit einer eindeutigen Werkstoffaussage abgeschlossen. Ansonsten wird die Recherche im dritten Schritt mit der Sichtung der Kanalinspektionsvideos weitergeführt.

Das Identifikationsverfahren ist mit der eindeutigen Ermittlung des Werkstoffs beendet, ansonsten geht der Ablauf mit Stufe II, der Inaugenscheinnahme vor Ort, weiter.

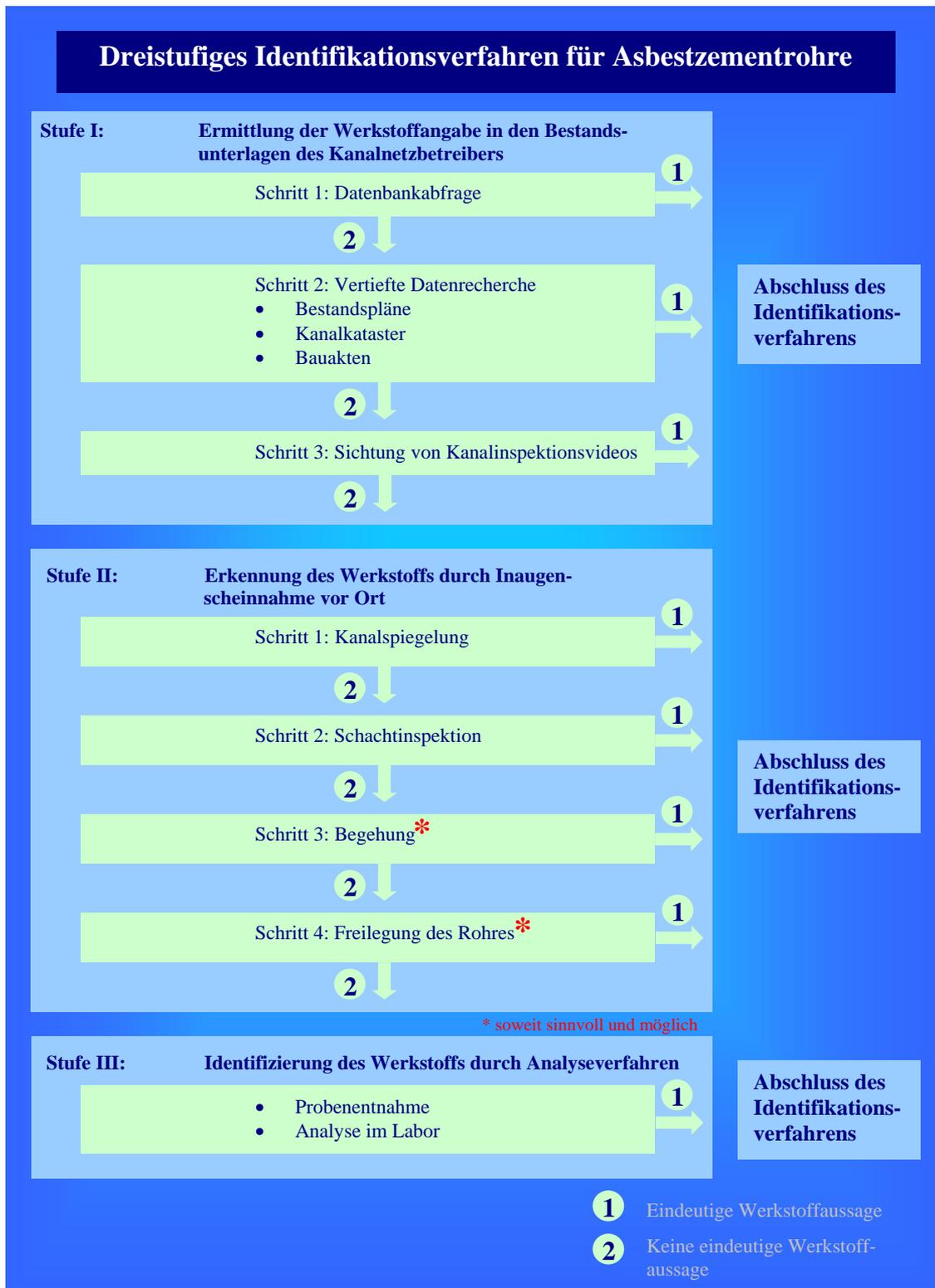


Abbildung 5.7: Ablaufschema des Identifikationsverfahrens für Asbestzementrohre

Stufe II sieht die Identifikation durch Inaugenscheinnahme vor Ort in vier Schritten vor. Im Gegensatz zu Stufe I wird die Identifikation in Stufe II nicht mehr im Büro sondern am zu überprüfenden Kanal durchgeführt. Die vier Schritte der Inaugenscheinnahme sind die Kanalspiegelung, die Schachtinspektion, die Begehung und die Freilegung des zu untersuchenden Rohres. Die vier Inspektionsverfahren werden nacheinander durchgeführt bis eine eindeutige Werkstoffaussage möglich ist. An diesem Punkt ist die Identifikation des Rohrwerkstoffs beendet. Im anderen Fall geht die Identifikation mit dem nächsten Schritt der Stufe II bzw. mit Stufe III, der Identifizierung des Werkstoffs durch Analyse, weiter.

Stufe III unterteilt sich in die Probenentnahme vor Ort und die Materialanalyse im Labor.

5.5 Vorgehensweise der Identifikation

5.5.1 Stufe I: Ermittlung der Werkstoffangabe in den Bestandsunterlagen der Kanalnetzbetreiber

Die erste Stufe der Identifizierung des Werkstoffs ist die Recherche in den Bestandsunterlagen des Kanalnetzbetreibers. Diese Recherche startet mit der Bestimmung des Werkstoffs der zu untersuchenden Haltung in den digitalen Bestandsunterlagen wie Kanaldatenbank oder Kanalinformationssystem. Die Vorgehensweise wird exemplarisch anhand einer Kanaldatenbank vorgestellt.

Zu Beginn wird in einer Datenbankabfrage der Rohrwerkstoff, die Querschnittsform und das Baujahr der zu überprüfenden Haltung ermittelt. Im Regelfall ist der Rohrwerkstoff unter dem Begriff Material und die Querschnittsform unter dem Begriff Profil in der Kanaldatenbank abgelegt.

Voraussetzung für diese Vorgehensweise ist die Tatsache, dass die Angaben in der Kanaldatenbank korrekt sind und mit den Angaben aus dem Kanalkataster, den Bestandsplänen, den Bauakten und den Kanalinspektionsvideos abgeglichen wurden. Jeder Kanalnetzbetreiber muss diesen Punkt gewissenhaft klären und für sich analysieren, ob die Daten richtig und vertrauenswürdig sind.

Die Datenbankabfrage kann drei mögliche Werkstoffaussagen liefern: Der Werkstoff der zu überprüfenden Haltung ist:

1. Asbestzement,
2. Faserzement oder

3. ein anderes Material.

Ist die Haltung aus einem anderen Material als Asbest- oder Faserzement, kann die Ermittlung des Rohwerkstoffs an dieser Stelle in der ersten Stufe des Verfahrens beendet werden. Es liegt eine eindeutige Werkstoffaussage vor.

Besteht die Haltung aus Asbestzement oder Faserzement kann mit Hilfe der Querschnittsform und des Baujahrs die Werkstoffangabe in der Kanaldatenbank auf Plausibilität kontrolliert und unter Umständen angezweifelt werden. Folgende Aussagen schließen Asbestzement und asbesthaltigen Faserzement als Werkstoff aus:

- Die Querschnittsform ist kein Kreisquerschnitt oder ein Kreisquerschnitt mit Fuß.
- Das Baujahr der zu überprüfenden Haltung liegt zeitlich vor dem Jahr 1930 oder nach Ende des Jahres 1994.

Ist eine der beiden Aussagen zutreffend, ist die Werkstoffaussage widersprüchlich. Für die Ergebniskombination Faserzementrohr, Baujahr außerhalb des kritischen Zeitraums und Kreisquerschnitt liegt mit großer Wahrscheinlichkeit ein asbestfreier Faserzement vor.

Folgende Aussagen schließen einen asbesthaltigen Faserzement als Werkstoff ein:

- Die Querschnittsform ist ein Kreisquerschnitt und
- das Baujahr der zu überprüfenden Haltung liegt im Zeitraum von 1990 bis 1994.

Tabelle 5.6 stellt die möglichen Ergebnisse der Datenbankabfrage dar. Die durch die Datenbankabfrage gewonnenen, widersprüchlichen Werkstoffaussagen sind im zweiten Schritt durch eine vertiefte Recherche in den analogen Bestandsunterlagen des Kanalnetzbetreibers zu kontrollieren und wenn möglich auszuräumen. Die Recherche ist ebenfalls für einen möglichen asbesthaltigen Faserzement durchzuführen.

Tabelle 5.6: Mögliche Ergebniskombinationen bei der Datenbankabfrage

Werkstoffangabe	Baujahr innerhalb der kritischen Zeitraums	Querschnittsform Kreis	Werkstoffaussage
AZ	Ja	Ja	Sehr wahrscheinlich Asbestzement
AZ	Ja	Nein	Widersprüchliche Aussage ⇒ Weitere Überprüfung
AZ	Nein	Ja	Widersprüchliche Aussage ⇒ Weitere Überprüfung
AZ	Nein	Nein	Widersprüchliche Aussage ⇒ Weitere Überprüfung
kein AZ	Ja	Ja	Wahrscheinlich kein Asbestzement
kein AZ	Ja	Nein	Wahrscheinlich kein Asbestzement
kein AZ	Nein	Ja	Wahrscheinlich kein Asbestzement
kein AZ	Nein	Nein	Sehr wahrscheinlich kein Asbestzement
FZ	Ja (1991-1994)	Ja	AZ möglich ⇒ Weitere Überprüfung
FZ	Ja (1991-1994)	Nein	Widersprüchliche Aussage ⇒ Weitere Überprüfung
FZ	Nein	Ja	Wahrscheinlich kein Asbestzement
FZ	Nein	Nein	Widersprüchliche Aussage ⇒ Weitere Überprüfung
kein FZ	Ja (1991-1994)	Ja	Wahrscheinlich kein Asbestzement
kein FZ	Ja (1991-1994)	Nein	Sehr wahrscheinlich kein Asbestzement
kein FZ	Nein	Ja	Sehr wahrscheinlich kein Asbestzement
kein FZ	Nein	Nein	kein Asbestzement

Die vertiefte Datenrecherche besteht in einer Überprüfung der Bestandspläne, des Kanalkatasters und der Bauakten. In diesen Dokumenten wird die Angabe des Werkstoffs, der Querschnittsform und des Baujahres sowie weitere Identifikationskriterien für Asbestzementrohre wie Norm, Hersteller, Herstellungsdatum, Produkttyp, Rohrlänge und Rohrverbindung bestimmt. Die in I Bericht, Kapitel 5.2 entwickelten Nachweis- und Ausschlusskriterien für Asbestzementrohre ermöglichen unter Umständen eine eindeutige Werkstoffaussage. Die Resultate der Recherche in den analogen und digitalen Bestandsunterlagen werden untereinander verglichen. Als Ergebnis des Vergleichs kommen zwei mögliche Aussagen in Frage:

1. Die Überprüfung der analogen Bestandsunterlagen führt zu einem konsistenten Ergebnis und deckt einen fehlerhaften Datenbankeintrag auf. Die Widersprüche und Unklarheiten der Datenbankabfrage sind ausgeräumt. Die Frage des Rohrwerkstoffs ist nach Auflösung der widersprüchlichen Aussagen und Zweifel durch Prüfung des Kanalkatasters, der Kanalbestandspläne und der Bauakten geklärt. Es ist eine eindeutige Aussage möglich, ob es sich um Asbestzement handelt oder nicht. Die Ermittlung des Werkstoffs kann an dieser Stelle in Stufe I des Identifikationsverfahrens beendet werden.
2. Die Angaben aus dem Kanalkataster, den Kanalbestandsplänen und den Bauakten weichen in einem oder mehreren Punkten voneinander ab. Die Überprüfung dieser Bestandsunterlagen führt zu einem inkonsistenten Ergebnis und kann die Widersprüche und Unklarheiten der Datenbankabfrage nicht ausräumen. Der Rohrwerkstoff kann nicht eindeutig und widerspruchsfrei ermittelt werden. Die Identifikation muss fortgesetzt werden bis der Werkstoff zweifelsfrei feststeht.

Im nächsten Schritt wird durch Sichtung von vorliegendem Videomaterial der Rohrwerkstoff in Augenschein genommen. Dabei wird das Rohr auf die in I Bericht, Kapitel 5.2 entwickelten Identifikationskriterien für Asbestzementrohre optisch untersucht. Die Kontrolle der Identifikationskriterien ist mit Hilfe des im Anhang enthaltenen Fragebogens durchzuführen.

Die überprüfbaren Kriterien bei der Videoanalyse sind die Querschnittsform, die Rohrlänge, die Farbe, die Oberflächenstruktur, das Schadensbild, die Rohrverbindung und eventuell das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite und die Bruchtextur. Die Überprüfung der letzten beiden Kriterien hängt von den gegebenen Umständen ab. Eine Bestimmung der Wanddicke per Videoanalyse ist nur für gemauerte Schächte (vgl. Abbildung 5.8) und mit entsprechender Geräteausstattung des zur Aufzeichnung ein-

gesetzten Kamerasystem möglich. Die Messung der Wanddicke erfolgt zum Beispiel mit Hilfe eines in die Kameraoptik integrierten Laserdistanzsensors, der in einem geeigneten Rasterabstand Linien- oder Flächenscans durchführt [49]. Bei Fertigteil-schächten ist die Rohrstirnfläche und somit die Wanddicke nicht zu erkennen.

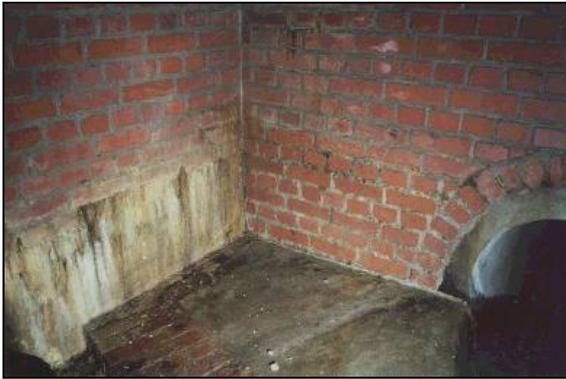


Abbildung 5.8: Erkennbare Rohrstirnfläche im gemauerten Schacht (I)

Die Untersuchung der Bruchtextur ist abhängig von der Detailgenauigkeit und der Qualität des Videomaterials sowie von der Vergrößerung bzw. Auflösung der Kamera. Unter üblichen Bedingungen sind die beiden letzten Identifikationskriterien in einer Videoanalyse nicht kontrollierbar.

Führt die Überprüfung der Identifikationskriterien zu einer eindeutigen Werkstoffaussage über Asbestzement kann die Identifikation an dieser Stelle des Verfahrens beendet werden. Bei weiterhin bestehenden Unsicherheiten oder Widersprüchen bezüglich des Materials wird die Identifikation mit der Stufe II, der Inaugenscheinnahme vor Ort, fortgesetzt.

5.5.2 Stufe II: Erkennung des Werkstoffs durch Inaugenscheinnahme

Zur Durchführung der zweiten Stufe des Identifikationsverfahrens müssen sich Kanalarbeiter des Kanalnetzbetreibers vor Ort begeben und den zu überprüfenden Kanal inspizieren. Dabei bieten sich folgende Inspektionsverfahren an:

1. Die Kanalspiegelung,
2. die Schachtinspektion,
3. die Begehung des Kanals, wenn möglich, und
4. die Freilegung des Rohres.

Die vier zur Identifikation von Asbestzementrohren durch Inaugenscheinnahme geeigneten Inspektionsverfahren unterscheiden sich im Aufwand und der Anzahl der überprüfbareren Kriterien. Der zu betreibende Aufwand und die Anzahl der kontrollierbaren Kriterien nimmt von der Kanalspiegelung bis zur Freilegung des Rohres zu.

Die Inspektion kann in jedem Fall mit einer Kanalspiegelung und einer Schachtinspektion beginnen. Diese Inspektionsverfahren sind wenig aufwendig und können bereits aussagekräftige Ergebnisse über den Rohrwerkstoff Asbestzement liefern. Führen die Ergebnisse zu einer eindeutigen Werkstoffaussage ist das Identifikationsverfahren an diesem Punkt beendet. Ansonsten wird die Identifikation durch Inaugenscheinnahme soweit sinnvoll und möglich mit der Begehung und der Freilegung weitergeführt.

Der nächste Schritt der Inaugenscheinnahme ist vom Rohrdurchmesser und den geplanten durchzuführenden Arbeiten am Kanal abhängig. Eine Begehung von Kanälen mit Kreisquerschnitt ist erst ab einer Nennweite DN 900 zulässig [49]. Für kleinere Rohrdurchmesser als DN 900 ist die Freilegung des Rohres die letzte Möglichkeit der Inaugenscheinnahme. Dazu wird eine Baugrube ausgehoben und die Erdüberdeckung des zu untersuchenden Kanals entfernt. Günstigerweise wird das Rohr in seiner ganzen Länge einschließlich der Rohrverbindungen freigelegt. Unter der Annahme, dass es sich bei dem freizulegenden Rohr um ein Asbestzementrohr handeln könnte, ist das Freilegen des Rohres bereits mit größter Vorsicht und unter Berücksichtigung aller erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen durchzuführen. Da die Freilegung des Rohres sehr zeitaufwendig, verkehrsbehindernd und kostspielig sein kann, sollte die Entscheidung für dieses Inspektionsverfahren von den geplanten, durchzuführenden Kanalarbeiten abhängen. Setzen die geplanten Arbeiten am Kanal keine Freilegung des Kanals voraus, steht die Überlegung an, ob die Identifikation aus oben genannten Gründen nicht besser mit der Stufe III, der Analyse des Rohrwerkstoffs im Labor, fortgesetzt werden sollte.

Führen auch die Begehung und die Freilegung des Rohres zu keiner eindeutigen Werkstoffaussage, bleibt als letzte Stufe des Identifikationsverfahrens die Analyse des Rohrwerkstoffs im Labor.

Tabelle 5.7 stellt die überprüfbareren Identifikationskriterien für jede Stufe des Identifikationsverfahrens zusammen. Die überprüfbareren Identifikationskriterien der Kanalspiegelung bzw. der Schachtinspektion sind die Querschnittsform und die Farbe bzw. die Querschnittsform, die Farbe, die Oberflächenstruktur, der Klang, die Bruchtextur und eventuell das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite. Die bei der Begehung zusätzlich überprüfbareren Identifikationskriterien sind die Rohrlänge, das Schadensbild und die Rohrverbindung. Wie bereits erläutert, hängt die Bestimmung des Verhältnisses der

Wanddicke zur Nennweite von der Ausführung des Schachtes aus Mauerwerk bzw. Beton ab. Zusätzlich zu den aufgezählten Identifikationskriterien der Begehung sind bei der Freilegung des Rohres die Kriterien der Rohrkennzeichnung wie die Norm, der Hersteller, das Herstellungsdatum und der Produkttyp kontrollierbar. Alle Schritte der Inaugenscheinnahme sind mit Hilfe des im Merkblatt aufgeführten Fragebogens durchzuführen.

Die Überprüfung der Haltung durch Sichtung des Videomaterials, Kanalspiegelung, Schachtinspektion und eventuell Begehung und Freilegung des Rohres wird mit Hilfe des Fragebogens durchgeführt. Der Fragebogen enthält die Abfrage der entwickelten Identifikationskriterien für Asbestzementrohre. Im Kopf des Fragebogens werden der Name des Befragten und Informationen über die zu untersuchende Haltung eingetragen. Zusätzlich wird die Art der Untersuchung, unterschieden in Videoanalyse, Kanalspiegelung, Schachtinspektion, Begehung und Freilegung, aufgenommen. Der nächste Abschnitt des Fragebogens ist die Abfrage der Identifikationskriterien für Asbestzementrohre aufgeteilt in Rohrkennzeichnung, Rohrgeometrie, Rohroberfläche und Rohrverbindung. Die möglichen Antworten der Fragen sind überwiegend "Ja", "Nein" und "Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar". Die Fragen werden nacheinander nach sorgfältiger Überprüfung durch Ankreuzen beantwortet. Der fertig ausgefüllte Fragebogen wird dann mit Hilfe der Legende ausgewertet.

Die ankreuzbaren Felder unterscheiden sich in der Farbe. Die Ausschlusskriterien haben die Farbe grün, die Nachweiskriterien die Farbe rot, die Indizien für Asbestzement sind orange und die Indizien gegen Asbestzement sind hellgrün. Ist ein Kriterium nicht überprüfbar oder ist keine Aussage über den Werkstoff möglich, ist das Feld grau hinterlegt. Sobald ein grünes Feld angekreuzt wird, steht fest, dass es sich um kein Asbestzementrohr handelt. Für ein angekreuztes rotes Feld ist das Ergebnis Asbestzement. Die hellgrünen bzw. orangen Felder entsprechen den Indizien gegen oder für Asbestzement. Sie liefern Hinweise auf den Werkstoff, lassen aber keine eindeutige Aussage über den Werkstoff Asbestzement zu. Graue Felder dagegen erlauben überhaupt keine Aussage über den Werkstoff. Mit Ankreuzen eines roten oder eines grünen Feldes ist die Identifikation beendet. Wurden nur orange, hellgrüne oder graue Felder angekreuzt, ist kein eindeutiges Ergebnis erzielt worden. Der Werkstoff ist durch eine Materialanalyse zu ermitteln.

Die Auswertung der Abfragen zur Überprüfung der Identifikationskriterien führt zu einer Aussage über den Werkstoff Asbestzement. Man unterscheidet die Identifikationskriterien nach I Bericht, Kapitel 5.3 in Nachweis- und Ausschlusskriterien und Indizien für oder gegen Asbestzement. Tabelle 5.8 listet die möglichen Werkstoffaussagen bei ei-



ner Überprüfung der Identifikationskriterien auf, farblich unterschieden nach ihrem Informationsgehalt.

Tabelle 5.7: Zusammenstellung der überprüfbaren Identifikationskriterien in Abhängigkeit der Untersuchungsmethode

Vorgehensweise		Überprüfbare Identifikationskriterien													
		Werkstoff- angabe	Rohrkennzeichnung				Rohrgeometrie			Rohroberfläche					Rohr- verbin- dung
			Norm	Hersteller	Datum	Produkt- typ	Querschnitts- form	Rohrlänge	Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite	Farbe	Ober-flächen- struktur	Klang	Schadens- bild	Bruch- textur	
Stufe 1: Ermittlung der Werkstoffangaben in den Bestandsunterlagen															
Schritt 1.1	Datenbank- abfrage	X			X		X								
Schritt 1.2	Prüfung der Bestandspläne	X			X		X								
Schritt 1.3	Prüfung des Katasters	X			X		X								
Schritt 1.4	Prüfung der Bauakten	X	X	X	X	X	X								X
Schritt 1.5	Kamera- inspektion					X	X	[(X)]	X	X		X	[X]	X*	
Stufe 2: Erkennung von Asbestzementrohren durch Inaugenscheinnahme vor Ort															
Schritt 2.1	Kanal- spiegelung					X			X						
Schritt 2.2	Schacht- inspektion					X		(X)	X	X	X		X		
Schritt 2.3	Begehung des Rohres					X	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X*
Schritt 2.4	Freilegung des Rohres		X	X	X	X	X	(X)	X	X	X	X	X	X	X
Stufe 3: Identifizierung von Asbestzementrohren durch Analyseverfahren															
Schritt 3.1	Proben- entnahme	Probenentnahme möglichst durch das Fachpersonal des zu beauftragenden Labors vornehmen lassen. Probenentnahme bei der Begehung des Rohres, durch Roboter mit Endoskop oder bei der Freilegung des Rohres möglich													
Schritt 3.2	Probenanalyse	Analyse der Probe nur im Labor möglich													
() nur vom gemauerten Schacht aus bzw. nach Entfernen der Rohrverbindung erkennbar * nur der Stoß der Rohrverbindung ist sichtbar [] bei entsprechender Geräteausstattung überprüfbar															

Tabelle 5.8: Auflistung der möglichen Werkstoffaussagen bei einer Überprüfung der Identifikationskriterien in Abhängigkeit der Inspektionsmethode

Identifikationskriterien			Sichtung Videomaterial	Kanal-spiegelung	Schacht-inspektion	Begehung	Freilegung
Kennzeichnung	Norm	DIN 19800, 19830, 19831, 19841					X
		DIN 19840, 19850, EN 512, EN 588					X
		andere DIN-Norm					X
	Hersteller	aus Tabelle 3.3					X
	Datum	vor 1930 oder ab 1994					X
Produkttyp		AT Asbesttechnologie					X
		NT asbestfreie Technologie					X
Geometrie	Querschnittsform	kein Kreisquerschnitt	X	X	X	X	X
		Kreisquerschnitt mit Fuß					X
	Rohrlänge	größer als 6 m	X			X	X
	Wanddicke/Nennweite	kleiner als 0,029 oder größer als 0,200	[(X)]		(X)	(X)	(X)
Oberfläche	Farbe	andere Farbe des unsanierten Rohres als grau, schwarz oder rot	X	X	X	X	X
		feine, sehr glatte Zementmörtelstruktur	X		X	X	X
	Oberflächenstruktur	körniger Zuschlag sichtbar	X		X	X	X
		glänzende, spiegelnde Oberfläche	X		X	X	X
		helle bzw. weiße Stellen beim Kratztest			X	X	X
	Klang	Erkennung von AZ durch Klopfen			X	X	X
		Erkennung anderer Werkstoffe durch Klopfen			X	X	X
	Bruchtextur	wirr austretende Faserknäuel erkennbar	[X]		X	X	X
vereinzelt pinselig austretende Faserbündel		[X]		X	X	X	
Schadensbild	vermehrt auftretende Scherbenbildung	X			X	X	
Rohrverbindung	Rohrverbindung	Reka- oder RKG-Kupplung	X*			X*	X
() nur vom gemauerten Schacht aus bzw. nach Entfernen der Rohrverbindung erkennbar * nur der Stoß der Rohrverbindung ist sichtbar [] bei entsprechender Geräteausstattung überprüfbar			Legende	Nachweis-kriterium	Ausschluss-kriterium	Indiz für AZ	Indiz gegen AZ

5.5.3 Stufe III: Identifizierung von Asbestzement durch Analyseverfahren

Die letzte und sicherste Art, den Rohrwerkstoff zu ermitteln, ist die Analyse einer Materialprobe im Labor. Das üblicherweise angewandte Verfahren ist die Rasterelektronenmikroskopie mit EDX-Analyse.

Voraussetzung für eine richtige und fachgerechte Beurteilung des Werkstoffs durch Analyse ist eine sorgfältige Probenentnahme. Um Fehler zu vermeiden, ist die Entnahme der Probe möglichst durch das Fachpersonal des zu beauftragenden Labors auszuführen. Nur in Ausnahmefällen sollte das sachkundige Personal des Kanalnetzbetreibers oder der ausführenden Fremdfirma tätig werden. Die Probenentnahme kommt sowohl für das eingebaute als auch für das freigelegte Rohr in Frage.

Für die Analyse von stark gebundenen Asbestprodukten wie Asbestzement kommt die Entnahme einer Materialprobe durch Abtrennen, einer Bohr- oder einer Klebprobe in Betracht. Die Klebprobe ist die einfachste und zerstörungsärmste Methode zur Gewinnung von Probenmaterial. Die Probenentnahme in Form von Staubproben erscheint durch die ständige Abwasserführung in den Kanalrohren und die sogenannte Sielhaut an den Wandungen bzw. durch die Erdüberdeckung als ungeeignet. Eine Ansammlung von asbestfaserhaltigem Staub auf der Kanalsohle oder der inneren oder äußeren Kanalwand ist nicht zu erwarten. Die Probenentnahme für nicht freigelegte Rohre kann bei der Begehung oder vom Schacht aus erfolgen. Für unzugängliche Rohre bietet sich der Einsatz von Kanalrobotern zur Gewinnung von Probenmaterial an. Freigelegte Rohre werden manuell beprobt.

Bei einer eigenständigen Probenentnahme durch das sachkundige Betriebspersonal ist auf eine gewissenhafte Vorbereitung und Durchführung besonders zu achten. Die Vorgehensweise sollte der VDI-Richtlinie 3866 Blatt 1 "Bestimmung von Asbest in technischen Produkten - Entnahme und Aufbereitung der Proben" entsprechen [54].

Bei der Probenentnahme sollte möglichst ohne Zerstörung gearbeitet werden. Bruchstücke oder Scherben des Rohres können gegebenenfalls als Probenmaterial dienen. Ist diese Vorgehensweise nicht möglich, muss durch Abtrennen oder Bohren eine Material- bzw. Klebprobe gewonnen werden. Als Geräte zur Probenentnahme müssen Werkzeuge zum Abtrennen wie Messer, Skalpell, Zange oder Pinzette, Klebestreifen, eventuell ein langsamlaufender Bohrer oder ein Kanalroboter mit Endoskop und gegebenenfalls ein für Asbest geprüfter Staubsauger bereitgestellt werden [43,54].

Als Hilfsmittel sollten unzerbrechliche und dicht schließende Probenbehälter, Etikettenaufkleber, Benetzungsmittel wie Wasser in einer Sprühflasche oder ein wassergetränkter Pinsel, Füllmittel wie Lackspray oder Tupflack zum Beschichten der beschädigten

Stelle, eine Lampe, eine geeignete Atemschutzmaske, ein Schutzanzug, Reinigungsmöglichkeiten für die Geräte und Kunststoffbeutel für Abfälle vorhanden sein. Zur Dokumentation der Fundstelle und Beschriftung der Probe sind ein Fotoapparat, ein Formblatt zur Beschreibung der Entnahmestelle und Planunterlagen hilfreich [43,54].

Bei Einhaltung der Handlungsanweisung der VDI 3866 Blatt 1 kann davon ausgegangen werden, dass es zu keiner nachweisbaren Faserfreisetzung kommt. Wird in Ausnahmefällen von der empfohlenen Vorgehensweise abgewichen, sind entsprechende technische Sicherheitsmaßnahmen zu ergreifen [54].

Am Anfang der manuellen Entnahmearbeiten muss die Stelle der Probenentnahme mit Wasser angefeuchtet werden. Unter Umständen ist es erforderlich, die Schutzmaske und den Schutzanzug anzulegen. Erst dann wird die Entnahme der Probe mit Hilfe von Klebeband, Bohrer oder entsprechenden Schneidwerkzeugen begonnen. Für beschichtete Rohre oder Rohre mit Rohrschutz ist eventuell eine Entnahme ohne Zerstörung des Schichtenaufbaus notwendig.

Die Probe muss mit gereinigten Geräten entnommen und in einen unbenutzten, sauberen Probenbehälter gefüllt werden. Der Behälter wird mit Objekt, Name des Probennehmers, Datum, Material, Probenentnahmeart und Probennummer dauerhaft und wasserfest beschriftet. Anschließend wird das Entnahmewerkzeug gründlich gereinigt und die Schutzkleidung abgelegt.

Die Fundstelle sollte durch Fotoaufnahmen dokumentiert und im Bestandsplan gekennzeichnet werden. Die Durchführung und der Verlauf der Probenentnahme wird in einem Protokoll oder Formblatt festgehalten. Mischproben und Mehrschichtproben sind entsprechend zu kennzeichnen und die Lage der relevanten Schichten zu vermerken. Die Materialprobe wird umgehend zur Analyse in das zu beauftragende Labor gebracht [43,54].

Die Menge der zu entnehmenden Probe ist sehr gering. Für homogene Materialien wie Asbestzement ist schon eine Fläche von 0,1 – 1,0 cm² oder ein Volumen von 0,01 – 1,0 cm³ ausreichend. Normalerweise ist eine Probe ausreichend, bei mehrschichtigem Wandaufbau ist von jeder Schicht eine Probe zu entnehmen [43,54].

Bei Beauftragung einer Analyse ist dem Labor die exakte Aufgabenstellung und/oder das anzuwendende Analyseverfahren zu nennen. Bei fehlender Kenntnis der Analyseverfahren ist das Verfahren vorher mit dem Labor abzustimmen [54].

6 Hinweise zu Betrieb und Dokumentation

Die im Merkblatt und Flyer (vgl. II Merkblatt und Flyer) gegebenen Hinweise zum Umgang mit Asbestzementrohren können in die Dienst- und Betriebsanweisungen für den Kanalbetrieb, die von den Kanalnetzbetreibern in Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) zu erstellen sind, eingearbeitet werden.

Eine erste Einschätzung der grundsätzlichen Gefährdung des ausführenden Personals ist auf der Basis der Bestandsunterlagen der Kanalnetzbetreiber möglich. Diese Unterlagen sollten aktuell, vollständig und fehlerfrei sein. Eine Umfrage bei ausgewählten Kanalnetzbetreibern ergab allerdings, dass die Angabe des Rohrwerkstoffs nicht durchgängig in den Bestandsunterlagen erfasst ist. Häufig werden analoge Bestandsunterlagen nach Einführung einer Kanaldatenbank nicht mehr fortgeschrieben oder variieren in Inhalt und Informationsgehalt. Ergänzende Informationen können unter Umständen den Bauakten oder dem Videomaterial aus der Kanalinspektion entnommen werden.

Bei den befragten Kanalnetzbetreibern wurden per Datenbankabfrage die Haltungen mit Rohren aus Asbestzement ermittelt und ggf. mit den Angaben in den Bestandsplänen bzw. dem Kanalkataster verglichen. Häufig war die Dokumentation nicht vollständig oder fehlerhaft. So wichen Einträge in der Kanaldatenbank von den Bestandsunterlagen ab oder fehlten gänzlich. Dies kann zurückgeführt werden auf

- eine falsche oder fehlende Werkstoffermittlung beim Bau des Kanals bzw. bei der Erfassung des Kanalnetzes,
- mögliche Fehleinträge beim Führen der Bestandsunterlagen,
- eine fehlerhafte Datenübertragung von den analogen zu den digitalen Bestandsunterlagen,
- fehlende Datenaktualisierung in den analogen Bestandsunterlagen bei Änderungen der Werkstoffangabe oder anderer Daten in der Kanaldatenbank oder
- fehlende Einträge in den analogen Bestandsunterlagen bei Kanalneubauten nach Einführung der Kanaldatenbank.

Um Gefährdungen des ausführenden Personals durch Asbestfaserexposition zu vermeiden, sollte das ausführende Unternehmen durch den Netzbetreiber über den möglichen Rohrwerkstoff in Kenntnis gesetzt werden. Der Auftragnehmer muss dann geeignete Sicherheitsmaßnahmen gewährleisten. Aufgrund der beschriebenen Risiken einer

mangelnden Vollständigkeit oder fehlenden Aktualität der Bestandsunterlagen sollten die Werkstoffangaben durch das ausführende Unternehmen in jedem Falle auf Plausibilität überprüft werden. Dies kann unter Zuhilfenahme der Erkennungskriterien für Asbestzementrohre (vgl. II Merkblatt und Flyer, Kapitel 2, Fragebogen) erfolgen. Die Ergebnisse sollten dem Auftraggeber ggf. zur Pflege der Bestandsunterlagen mitgeteilt werden.

7 Zusammenfassung und Ausblick

Das IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur wurde vom Ministerium für Arbeit und Soziales, Qualifikation und Technologie des Landes Nordrhein-Westfalen (MASQT) beauftragt den gegenwärtigen Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb zu untersuchen und Betriebsempfehlungen für Kanalisationen zu entwickeln.

Als ein Hauptbestandteil der Literaturrecherche wurden geltende Gesetze, Normen, Verordnungen sowie wissenschaftliche Untersuchungen und Veröffentlichungen zum Thema Asbestzementrohre und Umgang mit Asbestzementrohren zusammengestellt und ausgewertet. Unter anderem wurden die rechtlichen und sicherheitstechnischen Hintergründe zu den Betriebsprozessen des Kanalbetriebs, insbesondere der Reinigung, untersucht.

Im Rahmen einer Befragung von Kanalnetzbetreibern in Nordrhein-Westfalen wurden die technischen Mittel und eingesetzten Sicherheitsmaßnahmen bei der Reinigung von Asbestzementrohren ermittelt. Das Vorgehen bei der Reinigung ist nicht einheitlich, sondern variiert in Abhängigkeit der zum Teil stark von einander abweichenden Gefährdungseinschätzung der Arbeiten. Bisher fehlen Messwerte der Asbestfaserkonzentrationen bei der Anwendung der verschiedenen Reinigungsverfahren. Asbestfaserkonzentrationsmessungen bei der Durchführung von z. B. Kanalreinigungsarbeiten im Hochdruckspülverfahren könnten eine möglichst exakte Gefährdungseinschätzung fördern. Die Messung von Asbestfaserkonzentrationen war allerdings nicht Bestandteil dieses Forschungsvorhabens.

Außerdem wurden bei der Befragung der Kanalnetzbetreiber die vorhandenen Asbestzementrohlängen erfasst. Nur etwa die Hälfte der befragten Netzbetreiber machte Angaben zu den Längen der vorliegenden Asbestzementrohre. Die ermittelte Gesamtlänge der Asbestzementrohre von ungefähr 480 km in Nordrhein-Westfalen ist deshalb nur als untere Grenze zu verstehen.

Neben der Befragung der Netzbetreiber und Reinigungsfirmen bezüglich der Kriterien zur Erkennung von Asbestzementrohren wurde die Recherche auf einen größeren

Kreis von Fachleuten wie z. B. Asbestsanierungsfirmen und Sachverständige für den Umgang mit Asbest ausgedehnt. Die ermittelten Kriterien der Rohrkenzeichnung, der Rohrgeometrie, der Rohroberfläche und der Rohrverbindung wurden auf ihre Richtigkeit überprüft und anhand ihres Informationsgehaltes und ihrer Aussagekraft in Nachweiskriterien, Ausschlusskriterien, Indizien für und Indizien gegen den Rohrwerkstoff Asbestzement unterteilt. Zusätzlich wurden die Identifikationskriterien zu Abfragen weiter entwickelt und in einem Fragebogen zusammengefasst. Des Weiteren wurde ein Identifikationsverfahren aufgebaut, das sich im Ablauf eng an der praktischen Vorgehensweise des täglichen Kanalbetriebs orientiert. Den Kanalnetzbetreibern und den im Kanal tätigen Firmen steht somit ein einfach handhabbares Instrument zur Erkennung von Asbestzementrohren zur Verfügung.

Ebenso wurde das betriebliche Berichtswesen hinsichtlich einer möglichen Integration der Erfassung von Asbestzementrohren beleuchtet und Vorschläge für Meldewege und Möglichkeiten der Erfassung durch betriebsbegleitendes Fortschreiben der Bestandsunterlagen erarbeitet. Die zum Umgang mit Asbestzementrohren gegebenen Hinweise können in die Dienst- und Betriebsanweisungen des Kanalbetriebs einfließen.

Zur sicheren Durchführung von Kanalarbeiten ist der Informationsaustausch zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer von entscheidender Bedeutung. Vor Beginn der Arbeiten ist der Auftragnehmer durch den Auftraggeber über den Rohrwerkstoff in Kenntnis zu setzen. Bei Unsicherheiten bezüglich des Werkstoffs sind die Angaben des Auftraggebers durch den Auftragnehmer zu überprüfen bzw. bei Unkenntnis zu ermitteln. Der im Merkblatt enthaltene Fragebogen kann eine Hilfe bei der Identifikation des Rohrwerkstoffs sein. Gleichmaßen sollten die Ergebnisse der Überprüfung zur Pflege und Fortschreibung der Bestandsunterlagen genutzt werden.

Ergänzend zu der schwerpunktmäßigen Betrachtung der Reinigung von Asbestzementrohren wurden weitere gängige Betriebsprozesse des Kanalbetriebs hinsichtlich einer Gefährdung durch freiwerdende Asbestfasern untersucht. Aufbauend auf rein theoretisch ermittelten Faserkonzentrationen wurden die Betriebsprozesse in Anlehnung an die TRGS 519 vorläufig in vier Gefährdungskategorien eingestuft. Die Ergebnisse wurden übersichtlich in Form einer Tabelle zusammengefasst. Zusätzlich wurden die Betriebsprozesse im Bericht detailliert erläutert und erste Hinweise zum Umgang mit Asbestzementrohren gegeben. Dies erfolgte sowohl in Form eines Merkblatts als auch eines Flyers, die sich beide am Informationsbedürfnis der im Kanalnetzbetrieb tätigen Personen orientieren.

Fehlende Messkampagnen zur Einschätzung der Faserkonzentrationen bei der Durchführung von Kanalarbeiten an Asbestzementrohren sind eine Ursache für die sehr un-

terschiedliche Gefährdungsbewertung und somit uneinheitlichen Sicherheitsmaßnahmen der Netzbetreiber. Um den Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb einheitlicher und sicherer zu gestalten, ist die Ermittlung von Asbestfaserkonzentrationen durch Messungen zu empfehlen. Erst durch die Kenntnis gemessener Faserkonzentrationen ist eine zuverlässige Einschätzung der Gefährdung durch freiwerdende Asbestfasern und eine definitive Einordnung in Gefährdungskategorien möglich. Auf der Basis von Messwerten ist eine Aufnahme von Arbeitsverfahren des täglichen Kanalbetriebs in die BG-Information 664 „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“ denkbar.

II Merkblatt und Flyer

1 Hinweise zu Dokumentation und Betrieb

Die im vorliegenden Flyer bzw. Merkblatt gegebenen Hinweise zum Umgang mit Asbestzementrohren können in die Dienst- und Betriebsanweisungen für den Kanalbetrieb, die von den Kanalnetzbetreibern in Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) zu erstellen sind, eingearbeitet werden.

2 Merkblatt – Erkennung und Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
HINTERGRUND	2
ERKENNUNG VON ASBESTZEMENTROHREN	3
Kriterien zur Identifikation von Asbestzementrohren	3
Fragebogen zur Erkennung von Asbestzementrohren	6
UMGANG MIT ASBESTZEMENTROHREN IM KANALBETRIEB	11
Umgang bei der Reinigung von Asbestzementrohren	13
Umgang beim Bohren von Hausanschlussstutzen im Anbohrverfahren	14
Umgang beim Abbruch bzw. Ausbau von Asbestzementrohren	17
Abbruch bzw. Ausbau im Halbschalenverfahren	17
Abbruch bzw. Ausbau durch Rohrknacken	20
Abbruch bzw. Ausbau im Sägeverfahren	23
Grabenloses Auswechseln im hydros®PLUS-Press-/Ziehverfahren	26

Hintergrund

Im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Soziales, Qualifikation und Technologie des Landes NRW...

... hat das IKT –Institut für Unterirdische Infrastruktur- ein Forschungsvorhaben zum Thema „Umgang mit Asbestzementrohren“ durchgeführt und in diesem Zusammenhang Empfehlungen für den Kanalbetrieb entwickelt.

Denn:

- Trotz des allgemeinen Verwendungsverbotes für Asbest nach § 15 der GefStoffV dürfen Abwasserrohre aus Asbestzement (AZ) nach § 15a der GefStoffV im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (ASI-Tätigkeiten) weiterhin betrieben werden.
- Bei der Durchführung der ASI-Tätigkeiten besteht am Arbeitsort und in der näheren Umgebung die Gefahr der Asbestfaserexposition.
- Es fehlen vielfach Gefahrenanalysen und Betriebsempfehlungen für den Umgang mit Asbestzementrohren in der Abwasserentsorgung.
- Es bestehen Unsicherheiten bezüglich der Verbote und Einschränkungen im Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb.
- Eine Verbesserung des Informationsaustausches zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer hinsichtlich des Vorliegens von AZ erscheint notwendig

Im Rahmen des Projektes wurden **praxisnahe Kriterien für die Erkennung von Asbestzementrohren** vor Ort entwickelt

und

die **gängigen Betriebsprozesse des Kanalbetriebs hinsichtlich einer Gefährdung des Personals durch Asbestfasern eingeschätzt**. Schwerpunkte der Untersuchung waren:

- Die Reinigung der Kanalhaltungen,
- das Bohren von Hausanschlussstutzen und
- der Abbruch bzw Ausbau von Asbestzementrohren.

Ergebnisse

Erkennung von Asbestzementrohren

Die Voraussetzung zum Beherrschen einer Gefahrensituation ist die Erkennung der Gefahr. In Bezug auf den Kanalbetrieb bedeutet dies die **Erkennung von Asbestzementrohren**.

Kriterien zur Identifikation von Asbestzementrohren

Asbestzementrohre lassen sich erkennen durch die in Tabelle 1 aufgeführten Identifikationskriterien.

Tabelle 1: Identifikationskriterien für Asbestzementrohre

Kriteriengruppe	Identifikationskriterium
Rohrkennzeichnung	Norm
	Herstellungsdatum
	Hersteller
	Produkttyp
Rohrgeometrie	Querschnittsform
	Rohrlänge
	Verhältnis Wanddicke/Nennweite
Rohroberfläche	Farbe
	Oberflächenstruktur
	Bruchtextur
	Schadensbild
	Klang
Rohrverbindung	Rohrverbindung

Bei der Identifikation des Werkstoffs eines Abwasserrohres kann aufgrund der Recherche zu den Identifikationskriterien geschlossen werden, dass es sich nicht um Asbestzement handelt, wenn eine der folgenden Aussagen erfüllt ist:

- Die in der Rohrkenzeichnung vermerkte DIN-Norm gehört nicht zu den für Asbest- bzw. Faserzementrohren veröffentlichten Normen DIN 19800, DIN 19830, DIN 19831, DIN 19840, DIN 19841, DIN 19850, DIN EN 512 und DIN EN 588,
- das Herstellungsdatum in der Rohrkenzeichnung liegt zeitlich vor dem Jahr 1930 oder nach Ende des Jahres 1993,
- der Produkttyp in der Rohrkenzeichnung ist NT, also asbestfreie Technologie,
- die Querschnittsform ist kein Kreisquerschnitt oder ein Kreisquerschnitt mit Fuß,
- die Rohrlänge ist größer als 6,0 m, oder
- es ist körniger Zuschlag sichtbar.

Ist eine der aufgezählten Aussagen zutreffend, kann Asbestzement als Rohrwerkstoff ausgeschlossen werden.

Ebenso gibt es Nachweiskriterien, die den Rohrwerkstoff eindeutig als Asbestzement bestimmen. Folgende Aussagen sind zur Identifikation von Asbestzement geeignet:

- Die in der Rohrkenzeichnung angegebene Norm gehört zu den ausschließlich für Asbestzementrohre gültigen Normen DIN 19800, DIN 19830, DIN 19831 und DIN 19841,
- der in der Rohrkenzeichnung aufgeführte Produkttyp ist AT, also Asbest-Technologie,
- es treten helle oder weiße Stellen an der Oberfläche auf, nachdem mit einem festen Gegenstand die Rohroberfläche angekratzt wurde, oder
- an einer Bruchkante sind viele ungeordnet austretende Fasern erkennbar, die sich zu einem Knäuel verwirren.

Es ist bereits eine zutreffende Aussage ausreichend, um den Rohrwerkstoff auf Asbestzement festzulegen.

Des weiteren gibt es Identifikationskriterien, die Indizien für einen möglichen Werkstoff Asbestzement liefern. **Folgende Aussagen weisen auf Asbestzement hin:**

- Die in der Rohrkenzeichnung angegebene Norm ist die DIN 19840, DIN 19850, DIN EN 512 oder DIN EN 588,
- das Herstellerzeichen in der Rohrkenzeichnung ist das der Firma Eternit, Wanit, Durit, Himanit, Fulgurit, Toschi oder Amroc,
- die Rohroberfläche weist eine feine und sehr glatte Zementmörtelstruktur auf,

- das Rohr hat den für Asbestzement typischen Klang,
- es tritt das typische Schadensbild mit gehäufter Scherbenbildung auf, oder
- die eingesetzte Rohrverbindung ist eine Reka- oder RKG- bzw. RKK-Kupplung.

Ebenso gibt es Indizien, die gegen Asbestzement als Rohrwerkstoff sprechen. **Die Aussagen, die nicht auf Asbestzement sondern auf einen anderen Werkstoff hinweisen sind:**

- Das ermittelte Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite liegt außerhalb des Wertebereichs von 0,029 bis 0,200,
- die Farbe des unsanierten Rohres ist nicht schwarz, grau oder rot,
- das Rohr weist eine glänzende und spiegelnde Oberfläche auf,
- das Rohr hat den für einen anderen Werkstoff wie Steinzeug, Kunststoff o.ä. typischen Klang, oder
- es sind an einer Bruchkante vereinzelt pinselig austretende Fasern erkennbar.

Die o.a. Indizien erlauben keine eindeutige Aussage für oder gegen den Werkstoff Asbestzement. Sie können die Aussagen der Ausschluss- und Nachweiskriterien nur bekräftigen oder bestätigen.



Abbildung 1: Farbe eines Faserzementrohres (I)



Abbildung 2: Kennzeichnung eines Faserzementrohres (I)

Fragebogen zur Erkennung von Asbestzementrohren

Name des Befragten: _____

Ort der Untersuchung:

Gemeinde: _____

Straße: _____

Haltungsnummer: _____

Schachtnummer Anfangsschacht: _____

Schachtnummer Endschacht: _____

Art der Untersuchung:

- | | | |
|--|--|-----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Video | <input type="checkbox"/> Schachtinspektion | <input type="checkbox"/> Begehung |
| <input type="checkbox"/> Kanalspiegelung | <input type="checkbox"/> Freilegung | |

Rohrkennzeichnung:

1. Zu welcher Gruppe gehört die Norm in der Kennzeichnung?

- | | |
|---|---|
| <p>A</p> <p>DIN 19800</p> <p>DIN 19830</p> <p>DIN 19831</p> <p>DIN 19841</p> <p>DIN 19850 vor 02/91</p> | <p>B</p> <p>DIN 19840</p> <p>DIN 19850 nach 02/91</p> <p>DIN EN 512</p> <p>DIN EN 588</p> |
|---|---|

- | | | | | | |
|---|--------------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------|------------------|
| A | <input type="checkbox"/> | ⇒ AZ | andere DIN- Norm | <input type="checkbox"/> | ⇒ kein AZ |
| B | <input type="checkbox"/> | ⇒ AZ möglich | andere Norm o. E.n.ü. | <input type="checkbox"/> | ⇒ k.A.m |

2. Enthält die Kennzeichnung die Angabe des Zeichens AT?

- | | | | | | |
|------|--------------------------|----------------|--------|--------------------------|----------------|
| JA | <input type="checkbox"/> | ⇒ AZ | E.n.ü. | <input type="checkbox"/> | ⇒ k.A.m |
| NEIN | <input type="checkbox"/> | ⇒ k.A.m | | | |

AZ: Asbestzement FZ: Faserzement E.n.ü.: Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar
k.A.m.: keine Aussage über den Werkstoff möglich

3. Enthält die Kennzeichnung die Angabe des Zeichens NT?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

4. Ist der Hersteller in der Kennzeichnung einer der unten genannten?

Eternit	Durit
Wanit	Toschi
Fulgurit	Amroc
Himanit	

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ AZ möglich	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

5. Liegt der Herstellungszeitpunkt vor 1930 oder nach Ende des Jahres 1993?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

Rohrgeometrie:

6. Liegt eine andere Querschnittsform als ein Kreisquerschnitt vor?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

7. Handelt es sich um einen Kreisquerschnitt mit Fuß?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

AZ: Asbestzement FZ: Faserzement E.n.ü.: Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar
 k.A.m.: keine Aussage über den Werkstoff möglich

8. Ist die Rohrlänge größer als 6,0 m?

JA ⇒ kein AZ E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

9. Ist das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite größer als 0,200 oder kleiner als 0,029?

JA ⇒ wahrscheinlich kein AZ E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

Rohroberfläche:

10. Hat das Rohr eine glänzende, reflektierende oder spiegelnde Oberfläche?

JA ⇒ wahrscheinlich kein AZ E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

11. Hat das Rohr eine feine, sehr glatte Zementmörtelstruktur?

JA ⇒ AZ möglich E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

12. Treten beim Kratztest helle oder weiße Stellen am Ort der Beschädigung auf?

JA ⇒ AZ E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

AZ: Asbestzement FZ: Faserzement E.n.ü.: Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar
 k.A.m.: keine Aussage über den Werkstoff möglich

13. Ist gekörnter Zuschlag sichtbar?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

14. Sind an Bruchkanten viele austretende Fasern erkennbar, die sich zu einem Faserknäuel verwirren?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

15. Sind an Bruchkanten vereinzelt pinselig austretende Faserbündel erkennbar?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ wahrscheinlich kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

16. Hat das unsanierte Rohr eine andere Farbe als schwarz, grau oder rot?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ wahrscheinlich kein AZ	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

17. Hat das Rohr beim Klopfertest den für AZ typischen Klang?

JA	<input type="checkbox"/>	⇒ AZ möglich	E.n.ü.	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m
NEIN	<input type="checkbox"/>	⇒ k.A.m			

AZ: Asbestzement FZ: Faserzement E.n.ü.: Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar
 k.A.m.: keine Aussage über den Werkstoff möglich

18. Hat das Rohr beim Klopftest den für einen anderen Werkstoff wie z.B. Kunststoff oder Steinzeug typischen Klang?

JA ⇒ wahrscheinlich kein AZ E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

19. Ist eine gehäuft auftretende Scherbenbildung zu erkennen?

JA ⇒ AZ möglich E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

Rohrverbindung:

20. Ist die Rohrverbindung eine Reka-, RKK- oder RKG-Kupplung?

JA ⇒ AZ möglich E.n.ü. ⇒ k.A.m
 NEIN ⇒ k.A.m

AZ: Asbestzement FZ: Faserzement E.n.ü.: Erkennungsmerkmal nicht überprüfbar
 k.A.m.: keine Aussage über den Werkstoff möglich

Auswertung des Fragebogens

Die Farben der angekreuzten Felder haben folgende Bedeutung:

- rot** Ein angekreuztes Feld ⇒ Nachweiskriterium: Das untersuchte Rohr ist aus Asbestzement!
- orange** Indiz für Asbestzement: Das untersuchte Rohr ist möglicherweise aus Asbestzement! Eine Materialanalyse ist ggf. erforderlich!
- grün** Ein angekreuztes Feld ⇒ Ausschlusskriterium: Das untersuchte Rohr ist nicht aus Asbestzement!
- hellgrün** Indiz gegen Asbestzement: Das untersuchte Rohr ist wahrscheinlich nicht aus Asbestzement! Wurden nur Felder dieser Farbe oder graue Felder angekreuzt, ist eine Materialanalyse erforderlich!
- grau** Es ist keine Aussage über den Werkstoff des untersuchten Rohres möglich. Wurden nur Felder dieser Farbe oder hellgrüne oder orange Felder angekreuzt, ist eine Materialanalyse erforderlich!

Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb

Der Umgang mit AZ-Rohren ist im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten zulässig. Das Arbeitspersonal kommt insbesondere bei der Kanalreinigung, d.h. der Durchführung von Arbeiten zur Beseitigung von Ablagerungen und Verstopfungen, dem Bohren von Hausanschlussstutzen und dem Ausbau mit AZ-Rohren in Kontakt.

Für das Bohren von Hausanschlussstutzen (vgl. Abbildung 3 und Abbildung 4) und den Ausbau bzw. den Abbruch von AZ-Rohren gibt es vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit geprüfte Verfahren. Diese nachfolgend dargestellten Verfahren wurden allerdings nur für den Bereich der Wasserversorgung entwickelt und sind in der BG-Information 664 veröffentlicht. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Arbeitsweisen ist mit einer geringen Exposition von Asbestfasern zu rechnen.



Abbildung 3: Anbohren von Rohren mittels Anbohrarmatur zum Anbinden von Hausanschlussleitungen (I)



Abbildung 4: Einbau der Gummidichtung eines Hausanschlussstutzens (I)

Für das Vorgehen bei der Reinigung von Rohren aus Asbestzement gibt die BG-Information 664 keine Hinweise. Bei der am häufigsten eingesetzten Methode, dem Hochdruckspülverfahren (HD-Spülverfahren, vgl. Abbildung 5), kann jedoch die Entstehung eines asbestfaserhaltigen Luft-Wasser-Gemisches (Aerosol) und dessen Austreten aus dem Kanal über den geöffneten Zugangsschacht nicht ausgeschlossen werden (vgl. Abbildung 6 und Abbildung 7). Bei diesem Verfahren wird Spülwasser mittels einer Hochdruckpumpe durch einen Schlauch gepumpt, an dessen Ende eine Spüldüse installiert ist. Aus dieser tritt das Wasser gebündelt aus und trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die Rohrwand. Die Ablagerungen werden gelöst, aufgewirbelt und als Suspension zum Startschacht transportiert. Dieser Vorgang geht mit der Entstehung eines Sprühwassernebels einher, der bei der Reinigung von Asbestzementrohren als Folge der einwirkenden Energie und in Abhängigkeit des baulichen Zustandes der Rohre gelöste Asbestfasern enthalten kann. Je näher die Spüldüse in Richtung des Zugangsschachtes gezogen wird, desto höher ist die austretende Menge des Aerosoles. Die Gefährdung durch asbestfaserhaltige Aerosole könnte durch die Reduktion

des Spüldruckes in Schachtnähe und/oder die Abdeckung der Schachtöffnung vermindert und durch das Tragen einer Schutzausrüstung beherrscht werden. Eine weitere Möglichkeit den Kontakt des Reinigungspersonals mit den asbesthaltigen Aerosolen gänzlich zu verhindern, besteht z. B. im Einsatz des von der Firma HGV entwickelten „Aerokill“. Dieses Gerät hindert die Aerosole am Austritt aus dem Kanalschacht und drückt sie durch einen starken Luftstrom gegen eine Vlieswand, an der sich das Wasser-Luft-Gemisch niederschlägt, abtropft und so in den Kanalschacht zurückgeführt wird [36].

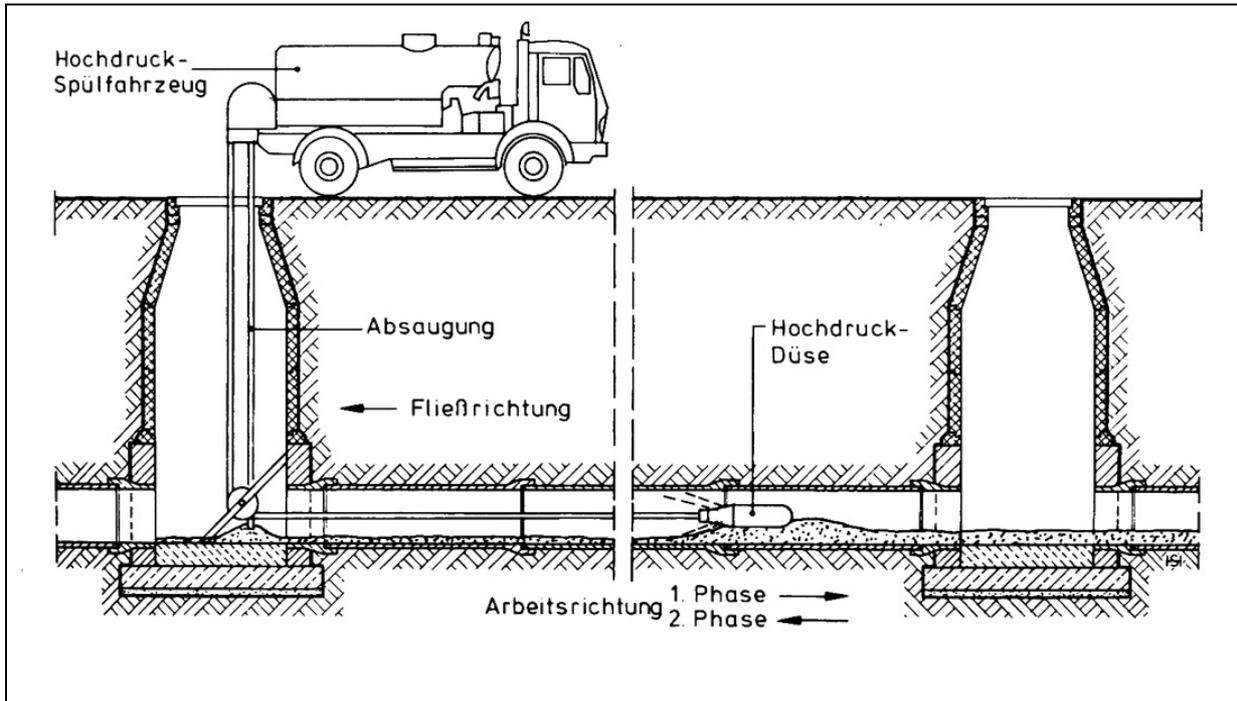


Abbildung 5: Arbeitsablauf beim Hochdruckspülverfahren [49]



Abbildung 6: Austretende Aerosole bei der Reinigung mit dem HD-Spülverfahren vor Ort (I)



Abbildung 7: Aerosole bei der Reinigung mit dem HD-Spülverfahren im Versuch (I)

Umgang bei der Reinigung von Asbestzementrohren

Die Bearbeitung von Asbestzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z. B. Abschleifen, Hoch- oder Niederdruckreinigung oder Abbürsten ist laut TRGS 519 Abs. 4.2 Satz 1 nicht zulässig. Viele der in der Kanalreinigung eingesetzten Verfahren entfernen die Verschmutzungen, Ablagerungen und Inkrustationen durch Aufbringen von mechanischer oder hydraulischer Energie auf die Rohrwand. Eine oberflächenabtragende Wirkung ist zu vermuten. Unter dieser Voraussetzung sind diese Verfahren für die Anwendung bei Asbestzementrohren nicht zulässig. Grundsätzlich kann jedoch nach der „Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen“ (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) § 44 Abs. 2 von den TRGS abgewichen werden, wenn eine ebenso wirksame Maßnahme zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt getroffen wird. Dies bedeutet, die in der TRGS 519 definierte Unzulässigkeit bestimmter Reinigungsverfahren verliert durch den Einsatz von geeigneten Schutzmaßnahmen, wie z.B. das Tragen von Schutzkleidung, ihre Gültigkeit. Unter Berücksichtigung der gefahrstoffrechtlichen Zusammenhänge stellt Tabelle 2 für die Reinigung von AZ-Rohren Verfahren mit bzw. ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen vor.

Tabelle 2: Einsetzbarkeit von Reinigungsverfahren für AZ-Rohre in Anlehnung an die TRGS 519 mit bzw. ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen

Reinigungsverfahren mit besonderen Sicherheitsmaßnahmen	Reinigungsverfahren ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
<i>Verfahren mit Wasserdruck</i>	
Hochdruckspülverfahren	–
<i>Spülverfahren</i>	
–	Stauspülung
	Schwallspülung
<i>Mechanische Verfahren</i>	
manuelle Reinigung mit Hilfsmitteln wie Hacken, Schleifen, Sandstrahlen, Nass- oder Trockenbürsten etc.	–
Reinigung mit Reinigungsgeräten wie Kanalspirale, Lockerungsketten etc.	–
Reinigung mit Spezialgeräten wie Bohr-, Fräs-, Schneid-, Sandstrahlgeräte etc.	–
Molche in Druckleitungen z.B. Polly-Molch	–
<i>andere Verfahren</i>	
–	Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Zugabe von Luft oder Polymeren in das Abwasser
–	Chemische Reinigung
	Biologische Reinigung

Umgang beim Bohren von Hausanschlussstutzen im Anbohrverfahren , entnommen aus BGI 664 [5]

Anwendungsbereich

Anbohren von AZ-Rohren in erdverlegten Wasserrohrleitungen mittels Anbohrarmatur zum Anbinden von Hausanschlussleitungen

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Bei diesen Arbeiten ist eine Ausnahmegenehmigung vom Expositionsverbot nach § 43 Abs. 7 Gefahrstoffverordnung erforderlich. Gegebenenfalls ist zusätzlich eine einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an die zuständige Aufsichtsbehörde und die Berufsgenossenschaft notwendig.
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen

Arbeitsvorbereitung

Bereit zu stellen sind:

- Absperrmaterial für Gefahrbereiche
- Handbrause / Waschbürste und Wasserentnahmestelle
- Anbohrarmatur nach DIN 3543-2 für AZ-Rohre
- Anbohrgerät mit hartmetallbestücktem Bohrer oder hartmetallbestücktem Lochfräser, Spülschlauch und je nach Bedarf Hilfsventil
- Atemschutzmaske (mindestens Schutzstufe P2)

Arbeitsausführung

- Arbeitsbereich abgrenzen
- Rohr maschinell grob freilegen; Restarbeiten in Handschachtung. Rohr und Boden feucht halten.
- Vorgesehene Anbohrstelle feucht, ggf. mittels Wasserstrahl und Handbrause / Waschbürste vom Restboden reinigen
- Montieren der Anbohrarmatur; je nach Armaturenbauart Hilfsventil einschrauben und Spülschlauch befestigen
- Anbohrgerät aufsetzen, je nach Armaturenbauart vorher Ventileinsatz entfernen
- Anbohren des AZ-Rohres
- Nach der Anbohrung austretendes Wasser mittels Spülschlauch in das Erdreich der Baugrube ablassen
- Schließen der Armatur oder des Hilfsventils und Demontage des Anbohrgerätes
- Je nach Armaturenbauart Montieren des Ventileinsatzes in die Anbohrarmatur, Abbau des Spülschlauches und des Hilfsventils
- Reinigen der Arbeitsmittel mit Wasser, Ablassen des Reinigungswassers in das Erdreich der Baugrube
- Boden der Baugrube sowie freigelegtes AZ-Rohr mit einer Füllsandschicht abdecken
- Anbinden der neu verlegten Hausanschlussleitung an den Anschlussstutzen der Anbohrarmatur
- Verfüllen der Baugrube
- Arbeitsbereich freigeben

Entsorgung

Die asbesthaltigen oder asbestkontaminierten Abfälle dürfen nicht geworfen, geschüttet, zerkleinert oder geshreddert werden und sind entsprechend den Annahmebedingungen des örtlichen Abfallbeseitigers unter Beachtung der gefahrgutrechtlichen Bestimmungen zu verpacken. Für die Bereitstellung zum Transport sind die Behältnisse oder Verpackungen nach Nummer 9.3 Abs. 2 der TRGS 519 zu kennzeichnen und vor dem Zugriff Dritter zu sichern. Entsorgung gemäß den Anforderungen des Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Verhalten bei Störungen

Muss beim Arbeitsablauf von diesem geprüften Verfahren abgewichen werden, ist die Arbeit zu unterbrechen und der sachkundige Verantwortliche zwecks Abstimmung der weiteren Vorgehensweise zu verständigen.

Umgang beim Abbruch bzw. Ausbau von Asbestzementrohren

Die BG-Information 664 gibt Hinweise zur Anwendung folgender Verfahren des Abbruchs bzw. des Ausbaus von Asbestzementrohren: Halbschalenverfahren, Rohrknacken, Sägeverfahren und das hydros®PLUS-Press-/Ziehverfahren.

Abbruch bzw. Ausbau im Halbschalenverfahren, entnommen aus BGI 664 [5]

Anwendungsbereich

Ausbau von AZ-Rohren bis DN 400 in erdverlegten Wasserrohrleitungen (z. B. bei Rohrbrüchen, Einbindungs- und Umlegungsarbeiten). Trennen der Rohre mittels Halbschalenverfahren (Rohrkapsel) einschließlich Aufsägen der Rohrkupplungen.

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an zuständige Aufsichtsbehörde und Berufsgenossenschaft notwendig.
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen

Arbeitsvorbereitung

Bereitzustellen sind:

- Absperrmaterial für Gefahrbereiche
- Gummistiefel
- Handbrause / Waschbürste und Wasserentnahmestelle

- Geeignetes Faserbindemittel mit Auftragevorrichtung (Pinsel, Sprühflasche oder Drucksprühgerät) oder reißfeste PE-Folie / Klebeband
- Geeigneter, sicher verschließbarer und gemäß Nummer 9.3 Abs. 2 TRGS 519 gekennzeichnete Behälter (bei körnigen, gewebten oder stückigen Abfällen z.B. ausreichend fester Kunststoff sack)
- Langsamlaufende, hartmetallbestückte Trenngeräte (Sägen, Fräsen; maximal 4 Zähne/Zoll, v_{max} 1,5 m/s). Bei elektrisch betriebenen Trenngeräten müssen diese mit einer geeigneten Kapselung (Schutzart mindestens IP 54) ausgestattet sein und über einen vorgeschalteten Fehlerstrom (FI)-Schutzschalter ($I \leq 30$ mA) betrieben werden. Bei überflutetem Graben dürfen nur nicht elektrische Geräte (Handsäge, Druckluftsäge oder –fräse), die die oben genannten Kriterien erfüllen, verwendet werden
- Aufkleber „Achtung, enthält Asbest“
- Halbschalentrennvorrichtung (Rohrkapsel) mit Reinigungsadapter und Filtersack
- Holzbohlen, Vorschlaghammer und Keile zum Unterbauen
- Rohrhebeklammer oder Textilhebebänder für größere Rohrnennweiten
- Neues Rohrstück und Rohrkupplung (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Atemschutzmaske (mindestens Schutzstufe P2)

Arbeitsausführung

- Arbeitsbereich abgrenzen
- Rohr maschinell grob freilegen; Restarbeiten in Handschachtung. Rohr und Boden feucht halten.
- Vorgesehene Trennstelle feucht, ggf. mittels Wasserstrahl und Handbrause / Waschbürste vom Restboden reinigen
- Dichtes Montieren der beiden Halbschalen (Rohrkapsel) um das Rohr; Unterbauen der Rohrkapsel mit Verbauhölzern und Keilen
- Trennen des Rohres an zwei Stellen durch Hammerschläge auf die beiden Meißel der Rohrkapsel
- Obere Halbschale der Rohrkapsel öffnen, das abgetrennte Rohrstück und größere Bruchstücke entnehmen und in geeigneten Behälter geben

- AZ-Rohr auf ganzer Länge ausbauen! Hierzu Rohrenden beiderseits der Trennstellen aus der Reka-Kupplung ziehen; ggf. Kupplungen mit Trenngeräten auftrennen (hierbei mit Wasser besprühen)
- AZ-Rohrstücke aus der Baugrube heben
- AZ-Rohrstücke für Lagerung an der Baustelle oder für Transport auf LKW vollständig mit Restfaserbindemittel versiegeln oder vollständig in Folie einschlagen oder im noch feuchten Zustand sofort in geeigneten Behälter geben und diesen verschließen
- Einbau eines neuen Rohr- oder Formstückes mittels Rohrkupplungen (jeweils z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff); AZ-Rohranschlussstelle hierbei nicht kalibrieren!
- Reinigen der Arbeitsmittel mit Wasser. Rohrkapsel mittels Reinigungsadapter und Filtersack mit Wasser durchspülen. Ablassen des Reinigungswassers in das Erdreich der Baugrube. Filtersack in geeigneten Behälter geben
- Verfüllen der Baugrube
- Arbeitsbereich freigeben

Entsorgung

Die asbesthaltigen oder asbestkontaminierten Abfälle dürfen nicht geworfen, geschüttet, zerkleinert oder geshreddert werden und sind entsprechend den Annahmebedingungen des örtlichen Abfallbeseitigers unter Beachtung der gefahrgutrechtlichen Bestimmungen zu verpacken. Für die Bereitstellung zum Transport sind die Behältnisse oder Verpackungen nach Nummer 9.3 Abs. 2 der TRGS 519 zu kennzeichnen und vor dem Zugriff Dritter zu sichern. Entsorgung gemäß den Anforderungen des Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Verhalten bei Störungen

Muss beim Arbeitsablauf von diesem geprüften Verfahren abgewichen werden, ist die Arbeit zu unterbrechen und der sachkundige Verantwortliche zwecks Abstimmung der weiteren Vorgehensweise zu verständigen.

Abbruch bzw. Ausbau durch Rohrknacken, entnommen aus BGI 664 [5]

Anwendungsbereich

Ausbau von AZ-Rohren bis DN 500 in erdverlegten Wasserrohrleitungen (z. B. bei Rohrbrüchen, Einbindungs- und Umlegungsarbeiten). Trennen der Rohre mittels Rohrknacken (Kettenrohrschneider) einschließlich Aufsägen der Rohrkupplungen.

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an zuständige Aufsichtsbehörde und Berufsgenossenschaft notwendig.
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen

Arbeitsvorbereitung

Bereitzustellen sind:

- Absperrmaterial für Gefahrbereiche
- Gummistiefel
- Handbrause / Waschbürste und Wasserentnahmestelle
- Geeignetes Faserbindemittel mit Auftragevorrichtung (Pinsel, Sprühflasche oder Drucksprühgerät) oder reißfeste PE-Folie / Klebeband
- Geeigneter, sicher verschließbarer und gemäß Nummer 9.3 Abs. 2 TRGS 519 gekennzeichneter Behälter (bei körnigen, gewebten oder stückigen Abfällen z.B. ausreichend fester Kunststoff sack)
- Hydraulik-Rohrschneider für DN 100 bis DN 500 bzw. Handrohrschneider für DN 50 bis DN 400

- Langsamlaufende, hartmetallbestückte Trenngeräte (Sägen, Fräsen; maximal 4 Zähne/Zoll, v_{max} 1,5 m/s). Bei elektrisch betriebenen Trenngeräten müssen diese mit einer geeigneten Kapselung (Schutzart mindestens IP 54) ausgestattet sein und über einen vorgeschalteten Fehlerstrom (FI)-Schutzschalter ($I \leq 30$ mA) betrieben werden. Bei überflutetem Graben dürfen nur nicht elektrischen Geräte (Handsäge, Druckluftsäge oder –fräse), die die oben genannten Kriterien erfüllen, verwendet werden
- Aufkleber „Achtung, enthält Asbest“
- Rohrhebeklammer oder Textilhebebänder für größere Rohrnennweiten
- Neues Rohrstück (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Neue Rohrkupplung (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Atemschutzmaske (mindestens Schutzstufe P2)

Arbeitsausführung

- Arbeitsbereich abgrenzen
- Rohr maschinell grob freilegen; Restarbeiten in Handschachtung. Rohr und Boden feucht halten.
- Vorgesehene Trennstelle feucht, ggf. mittels Wasserstrahl und Handbrause / Waschbürste vom Restboden reinigen
- Montieren des Rohrschneiders (Stahlkette mit Schneidrollen) nach Bedienungsanleitung an der ersten Trennstelle. Zum leichteren Herausheben des Rohrstückes Schnittwinkel $< 90^\circ$ zur Rohrachse
- Knacken des Rohres durch Spannen der Stahlkette unter Besprühen mit Wasser
- Wiederholen des Knackvorganges an der Zweiten Trennstelle
- Herausgetrenntes AZ-Rohrstück aus der Baugrube heben
- Das AZ-Rohr sollte auf ganzer Länge ausgebaut werden! Hierzu Rohrenden beiderseits der Trennstellen aus der Reka-Kupplung ziehen; ggf. Kupplungen mit Trenngeräten auftrennen (hierbei mit Wasser besprühen)
- AZ-Rohrstücke aus der Baugrube heben

- AZ-Rohrstücke für Lagerung an der Baustelle oder für Transport auf LKW vollständig mit Restfaserbindemittel versiegeln oder vollständig in Folie einschlagen oder im noch feuchten Zustand sofort in geeigneten Behälter geben und diesen verschließen
- Einbau eines neuen Rohr- oder Formstückes mittels Rohrkupplungen (jeweils z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff); AZ-Rohranschlussstelle hierbei nicht kalibrieren!
- Reinigen der Arbeitsmittel mit Wasser. Rohrkapsel mittels Reinigungsadapter und Filtersack mit Wasser durchspülen. Ablassen des Reinigungswassers in das Erdreich der Baugrube. Filtersack in geeigneten Behälter geben
- Verfüllen der Baugrube
- Arbeitsbereich freigeben

Entsorgung

Die asbesthaltigen oder asbestkontaminierten Abfälle dürfen nicht geworfen, geschüttet, zerkleinert oder geshreddert werden und sind entsprechend den Annahmebedingungen des örtlichen Abfallbeseitigers unter Beachtung der gefahrgutrechtlichen Bestimmungen zu verpacken. Für die Bereitstellung zum Transport sind die Behältnisse oder Verpackungen nach Nummer 9.3 Abs. 2 der TRGS 519 zu kennzeichnen und vor dem Zugriff Dritter zu sichern. Entsorgung gemäß den Anforderungen des Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Verhalten bei Störungen

Muss beim Arbeitsablauf von diesem geprüften Verfahren abgewichen werden, ist die Arbeit zu unterbrechen und der sachkundige Verantwortliche zwecks Abstimmung der weiteren Vorgehensweise zu verständigen.

Abbruch bzw. Ausbau im Sägeverfahren, entnommen aus BGI 664 [5]

Anwendungsbereich

Ausbau von AZ-Rohren bis DN 250 in erdverlegten Wasserrohrleitungen (z. B. bei Rohrbrüchen, Einbindungs- und Umlagarbeiten). Trennen der Rohre mittels Sägeverfahren einschließlich Aufsägen der Rohrkupplungen.

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an zuständige Aufsichtsbehörde und Berufsgenossenschaft notwendig.
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen

Arbeitsvorbereitung

Bereitzustellen sind:

- Absperrmaterial für Gefahrbereiche
- Gummistiefel
- Handbrause / Waschbürste und Wasserentnahmestelle
- Geeignetes Faserbindemittel mit Auftragevorrichtung (Pinsel, Sprühflasche oder Drucksprühgerät) oder reißfeste PE-Folie / Klebeband
- Geeigneter, sicher verschließbarer und gemäß Nummer 9.3 Abs. 2 TRGS 519 gekennzeichnete Behälter (bei körnigen, gewebten oder stückigen Abfällen z.B. ausreichend fester Kunststoff sack)
- Langsamlaufende, hartmetallbestückte Trenngeräte (Sägen, Fräsen; maximal 4 Zähne/Zoll, v_{\max} 1,5 m/s). Bei elektrisch betriebenen Trenngeräten müssen diese mit einer geeigneten Kapselung (Schutzart mindestens IP 54) ausgestattet sein und über einen

vorgeschalteten Fehlerstrom (FI)-Schutzschalter ($I \leq 30$ mA) betrieben werden. Bei überflutetem Graben dürfen nur nicht elektrische Geräte (Handsäge, Druckluftsäge oder –fräse), die die oben genannten Kriterien erfüllen, verwendet werden

- Aufkleber „Achtung, enthält Asbest“
- Neues Rohrstück (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Neue Rohrkupplung (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Atemschutzmaske (mindestens Schutzstufe P2)

Arbeitsausführung

- Arbeitsbereich abgrenzen
- Rohr maschinell grob freilegen; Restarbeiten in Handschachtung. Rohr und Boden feucht halten.
- Vorgesehene Trennstelle feucht, ggf. mittels Wasserstrahl und Handbrause / Waschbürste vom Restboden reinigen
- Montieren des Trenngerätes nach Bedienungsanleitung an der ersten Trennstelle
- Trennen des Rohres an der ersten Trennstelle unter Besprühen mit Wasser
- Wiederholen des Vorganges an der zweiten Trennstelle
- Herausgetrenntes AZ-Rohrstück aus der Baugrube heben
- Das AZ-Rohr sollte auf ganzer Länge ausgebaut werden! Hierzu Rohrenden beiderseits der Trennstellen aus der Reka-Kupplung ziehen; ggf. Kupplungen mit Trenngeräten auftrennen (hierbei mit Wasser besprühen)
- AZ-Rohrstücke aus der Baugrube heben
- AZ-Rohrstücke für Lagerung an der Baustelle oder für Transport auf LKW vollständig mit Restfaserbindemittel versiegeln oder vollständig in Folie einschlagen oder im noch feuchten Zustand sofort in geeigneten Behälter geben und diesen verschließen
- Einbau eines neuen Rohr- oder Formstückes mittels Rohrkupplungen (jeweils z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff); AZ-Rohranschlussstelle hierbei nicht kalibrieren!

- Reinigen der Arbeitsmittel mit Wasser. Ablassen des Reinigungswassers in das Erdreich der Baugrube
- Verfüllen der Baugrube
- Arbeitsbereich freigeben

Entsorgung

Die asbesthaltigen oder asbestkontaminierten Abfälle dürfen nicht geworfen, geschüttet, zerkleinert oder geshreddert werden und sind entsprechend den Annahmebedingungen des örtlichen Abfallbeseitigers unter Beachtung der gefahrgutrechtlichen Bestimmungen zu verpacken. Für die Bereitstellung zum Transport sind die Behältnisse oder Verpackungen nach Nummer 9.3 Abs. 2 der TRGS 519 zu kennzeichnen und vor dem Zugriff Dritter zu sichern. Entsorgung gemäß den Anforderungen des Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Verhalten bei Störungen

Muss beim Arbeitsablauf von diesem geprüften Verfahren abgewichen werden, ist die Arbeit zu unterbrechen und der sachkundige Verantwortliche zwecks Abstimmung der weiteren Vorgehensweise zu verständigen.

Grabenloses Auswechseln im hydros®PLUS-Press-/Ziehverfahren, entnommen aus BGI 664 [5]

Anwendungsbereich

Grabenlose Auswechslung von AZ-Rohren bis DN 400 erdverlegter Wasserrohrleitungen mit dem hydros®PLUS-Press-/Ziehverfahren.

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an zuständige Aufsichtsbehörde und Berufsgenossenschaft notwendig.
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen
- Der Aufenthalt unbefugter Personen im Arbeitsbereich ist verboten.

Arbeitsvorbereitung

Bereitzustellen sind:

- Absperrmaterial für Gefahrenbereiche
- Gummistiefel
- Handbrause / Waschbürste und Wasserentnahmestelle
- Geeigneter, sicher verschließbarer und gemäß Nummer 9.3 Abs. 2 TRGS 519 gekennzeichnete Behälter (bei körnigen, gewebten oder stückigen Abfällen z.B. ausreichend fester Kunststoffstoffsack)
- hydros®PLUS-Rohrziehanlage, Zuggestänge, Übergangsadapter von AZ-Rohr auf Nerohr, Spaltkegel und hydraulische Knackvorrichtung mit Wasserberieselung, Teleskopsehere zum Zerschneiden der Gummiringe, Teleskoprechen, abwaschbares Material (z.B. Folie) für Zwischenbaugruben, Auffangbehälter mit Deckel, verschließbarer Kunststoffstoffsack mit Schürze und Halteschlaufen an Eckpunkten

- zugelassene P2-Halbmaske und Einwegschutzanzug vorhalten/bereitstellen
- Aufkleber „Achtung, enthält Asbest“ zur Kennzeichnung des Behälters
- Verbotsschilder nach TRGS 519, Nummer 6, Abs.2. Nr.2
- Neue Rohre (z.B. aus Stahl, GGG, Kunststoff)
- Atemschutzmaske (mindestens Schutzstufe P2)

Arbeitsausführung

- Arbeitsbereich abgrenzen und kennzeichnen
- Rohr im Bereich der Maschinen-, Rohr- und Zwischenbaugruben maschinell grob freilegen; Restarbeiten in Handschachtung. Rohr und Boden feucht halten
- Zwischenbaugruben mit abwaschbarem Material (z.B. Folie) auskleiden
- Rohrtrennung für den Ausbau von Schiebern, Hausanschlüssen, Hydranten entsprechend geprüfter Verfahren BT 3 oder 4 (Rohrknacken bzw. Sägeverfahren) für Arbeiten mit geringer Exposition gemäß Nummer 2.10 Abs. 8 TRGS 519 durchführen
- Herstellen der Seilverbindung und Einzug des Zuggestänges mittels hydraulischer Seilwinde
- Aufschieben des Übergangsadapters auf das Rohrende des AZ-Rohres in der Rohrbau-grube. Montage des neuen Rohres an den Adapter
- Einbau des Auffangbehälters und Montage von Abstützung und Spaltkegel auf Rohrende sowie hydraulischer Knackvorrichtung und Wasserberieselung in der Zwischenbaugrube, siehe Abbildung
- Einlegen des Kunststoffesackes in Auffangbehälter, Befestigung der Halteschlaufen an Verbauwand. Aufklappen der Schürze
- Der eigentliche Einwirkungsbereich in der jeweiligen Baugrube (maschinelle Entfernung des AZ-Rohrmaterials aus dem Erdreich und Zerkleinerung mittels Spaltkegel oder hydraulischer Knackvorrichtung) ist fortlaufend mittels Wasserberieselung feucht zu halten
- Auswechslung mittels Hydros®PLUS-Rohrzieh-anlage durchführen. Bedienung der Anlage durch Maschinisten vom Rand der Maschinenbaugrube, Beobachtung des Ausbau-vorganges durch Monteur vom Rand der Zwischenbaugrube. Zerkleinerung der AZ-Rohre erfolgt durch Auffahren des Rohrstranges auf Spaltkegel. Zerschneiden der Gum-

miringe von Rohrkupplungen mittels Teleskopschere und ggf. erforderliche Verteilung der AZ-Rohrstücke im Auffangbehälter mittels Teleskoprechen vom Baugrubenrand aus vornehmen

- Zerkleinerung des Reststückes mittels hydraulischer Knackvorrichtung
- Reinigen der in der Zwischenbaugrube eingesetzten Arbeitsgeräte und Abspülen der Baugrubenauskleidung vom Baugrubenrand aus. Ablassen des Reinigungswassers in das Erdreich der Baugrube
- Betreten der Baugrube zum Verschließen des Kunststoffesackes mit den feuchten AZ-Rohrstücken. Auffangbehälter mittels Deckel verschließen und aus Baugrube heben. Kunststoffesack sofort in geeigneten Behälter geben und diesen verschließen
- Baugrubensohle mit Füllboden bedecken
- Ausbau der Arbeitsgeräte aus der Zwischenbaugrube
- Bei Ziehstrecken mit mehreren Zwischenbaugruben Umsetzen der Arbeitsgeräte in die nächste Zwischenbaugrube und Auswechslung des entsprechenden Ziehabschnittes wie vor beschrieben
- AZ-Rohrstück zwischen Maschinen- und letzter Zwischenbaugrube auf ganzer Länge zerstörungsfrei ausbauen
- Verfüllen der Baugruben
- Arbeitsbereich freigeben

Entsorgung

Die asbesthaltigen oder asbestkontaminierten Abfälle dürfen nicht geworfen, geschüttet, zerkleinert oder geshreddert werden und sind entsprechend den Annahmebedingungen des örtlichen Abfallbeseitigers unter Beachtung der gefahrgutrechtlichen Bestimmungen zu verpacken. Für die Bereitstellung zum Transport sind die Behältnisse oder Verpackungen nach Nummer 9.3 Abs. 2 der TRGS 519 zu kennzeichnen und vor dem Zugriff Dritter zu sichern. Entsorgung gemäß den Anforderungen des Merkblatts „Entsorgung asbesthaltiger Abfälle“ der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA).

Verhalten bei Störungen

Muss beim Arbeitsablauf von diesem geprüften Verfahren abgewichen werden, ist die Arbeit zu unterbrechen und der sachkundige Verantwortliche zwecks Abstimmung der weiteren Vorgehensweise zu verständigen.

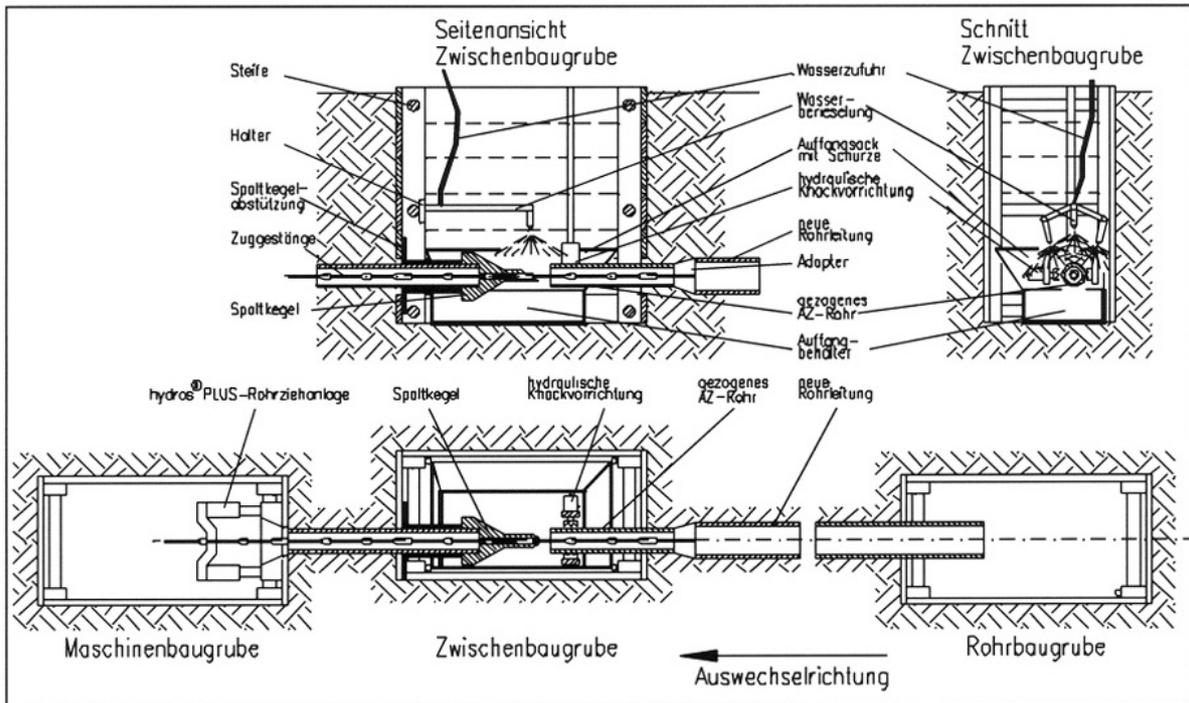


Abbildung 8: Prinzipskizze mit Zwischenbaugrube zur Bergung der AZ-Rohrstücke [5]

3 Flier

Hintergrund

Im Auftrag des Ministeriums für Arbeit und Soziales, Qualifikation und Technologie des Landes NRW...

hat das IKT -Institut für Unterirdische Infrastruktur- im Rahmen des Forschungsvorhabens „Umgang mit Asbestzementrohren“ Betriebsempfehlungen für Kanalisationsen entwickelt.

Denn:

- Trotz des allgemeinen Verwendungsverbot für Asbest dürfen Abwasserrohre aus Asbestzement (AZ) im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten (ASI-Tätigkeiten) weiterhin betrieben werden.
- Es besteht der begründete **Verdacht der Asbestexposition** bei der Durchführung dieser Arbeiten.
- **Es fehlen** vielfach **Gefahrenanalysen und Betriebsempfehlungen** für den Umgang mit Asbestzementrohren in der Abwasserentsorgung.
- Es bestehen Unsicherheiten bezüglich der Verbote und Einschränkungen im Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb.
- Eine Verbesserung des Informationsaustausches zwischen Auftraggeber und Auftragnehmer hinsichtlich des Vorliegens von AZ erscheint notwendig.

Im Rahmen des Projektes wurden **praxisnahe Kriterien für die Erkennung von Asbestzementrohren** vor Ort entwickelt

und

die **gängigen Betriebsprozesse des Kanalbetriebs hinsichtlich einer Gefährdung des Personals durch Asbestfasern eingeschätzt.**

Schwerpunkte der Untersuchung waren:

- Die Reinigung von Asbestzementkanälen,
- der Abbruch und Ausbau und
- das Bohren von Hausanschlussstutzen.

Ergebnisse

Erkennung von Asbestzementrohren

Die Voraussetzung zum Beherrschen einer Gefahrensituation ist die Erkennung der Gefahr. Dies bedeutet im ersten Schritt die Erkennung von Asbestzementrohren im Kanalbetrieb.

Asbestzementrohre lassen sich erkennen durch:

- die Kennzeichnung des Rohres mit Norm, Hersteller, Herstellungsdatum und Produkttyp AT,
- die Querschnittsform: Kreisprofil,
- die maximale Rohrlänge von 6.0 m,
- das Verhältnis der Wanddicke zur Nennweite
- die Farbe: grau, schwarz oder rot,
- der Oberflächenstruktur des Rohres,
- den Klang beim Anschlagen,
- der Bruchtextur,
- das Schadensbild und
- die typischen Rohrverbindungen:
- Reka- oder RKG- bzw. RKK-Kupplung.

Diese Aufzählung beschränkt sich auf den Überblick der Erkennungskriterien. Für eine detailliertere Analyse vor Ort wird auf den Fragebogen im Merkblatt „Asbestzementrohre im Kanalbetrieb – Erkennung und Umgang verwiesen“.

Umgang mit AZ-Rohren

Organisatorische Maßnahmen

- Benennung eines sachkundigen Verantwortlichen nach TRGS 519
- Wenn nichts anderes gefordert ist, eine einmalige unternehmensbezogene Anzeige vor Aufnahme der Arbeiten gemäß § 37 Gefahrstoffverordnung / Nummer 3.2 TRGS 519 an zuständige Aufsichtsbehörde und Berufsgenossenschaft
- Erstellen einer Betriebsanweisung und Unterweisung der beim Umgang mit asbesthaltigen Gefahrstoffen beschäftigten Arbeitnehmer nach § 20 Gefahrstoffverordnung
- Arbeitsausführung nur durch fachkundige und in das Arbeitsverfahren eingewiesene Personen

Umgang bei der Reinigung von Asbestzementrohren

Die Bearbeitung von Asbestzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z. B. Abschleifen, Hoch- oder Niederdruckreinigung oder Abbürsten ist laut TRGS 519 Abs. 4.2 Satz 1 nicht zulässig. Viele der in der Kanalreinigung eingesetzten Verfahren entfernen die Verschmutzungen, Ablagerungen und Inkrustationen durch Aufbringen von mechanischer oder hydraulischer Energie auf die Rohrwand. Eine oberflächenabtragende Wirkung ist zu vermuten. Unter dieser Voraussetzung sind diese Verfahren für die Anwendung bei Asbestzementrohren nicht zulässig. Grundsätzlich kann jedoch nach GefStoffV §44 Abs. 2 von den TRGS abgewichen werden, wenn eine ebenso wirksame Maßnahme zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt getroffen wird. Dies bedeutet, die in der TRGS 519 definierte Unzulässigkeit bestimmter Reinigungsverfahren für Asbestzeugnisse verliert durch den Einsatz von geeigneten Schutzmaßnahmen, wie z.B. das Tragen von Schutzkleidung, ihre Gültigkeit.

Unter Berücksichtigung dieser gefahrstoffrechtlichen Zusammenhänge stellt Tabelle 3 für die Reinigung von AZ-Rohren Verfahren mit bzw. ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen vor.

Tabelle 3: Einsetzbarkeit von Reinigungsverfahren für AZ-Rohre in Anlehnung an die TRGS 519

Reinigungsverfahren mit besonderen Sicherheitsmaßnahmen	Reinigungsverfahren ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Verfahren mit Wasserdruck	
Hochdruckspülverfahren	–
Spülverfahren	
–	Stauspülung
–	Schwallspülung
mechanische Verfahren	
manuelle Reinigung mit Hilfsmitteln	–
Reinigung mit Geräten wie Kanalspirale	–
Reinigung mit Spezialgeräten wie Bohrergerät	–
Molche	–
andere Verfahren	
–	Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Zugabe von Luft, Polymeren
–	chemische Reinigungsverfahren
–	biologische Reinigungsverfahren

Umgang mit Asbestzementrohren im Kanalbetrieb

Der Umgang mit AZ-Rohren ist im Rahmen von Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten zulässig. Das Arbeitspersonal kommt insbesondere bei der Reinigung (s.o.), dem Bohren von Hausanschlussstutzen und dem Ausbau mit AZ-Rohren in Kontakt.

Für das Bohren von Hausanschlussstutzen und den Ausbau von AZ-Rohren gibt es vom Berufsgenossenschaftlichen Institut für Arbeitssicherheit geprüfte Verfahren. Diese Verfahren wurden für den Bereich der Wasserversorgung entwickelt und können auf die Abwasserentsorgung übertragen wer-

den. Sie sind in der BG-Information 664 veröffentlicht. Bei Einhaltung der dort beschriebenen Arbeitsweisen ist mit einer geringen Exposition von Asbestfasern zu rechnen.

Diese Verfahren sind:

- das Anbohrverfahren,
- das Halbschalenverfahren,
- der Ausbau durch Rohrknacken,
- das Sägeverfahren und
- das hydros@PLUS-Press-/Ziehverfahren.

Diese Verfahren mit geringer Exposition sind in der BG-Information BGI 664 "Verfahren mit geringer Exposition" aufgelistet und beschrieben. Sie enthält unter anderem Hinweise zum Anwendungsbereich, zu organisatorischen Maßnahmen, zur Arbeitsvorbereitung und -ausführung, zur Entsorgung und Anweisungen zum Verhalten bei Störfällen.

Diese Angaben wurden zusammen mit den Hinweisen zur Kanalreinigung in das Merkblatt „Erkennung und Umgang von Asbestzementrohren im Kanalbetrieb“ übernommen.

Hinweise zu Betrieb und Dokumentation

Die im vorliegenden Flyer gegebenen Hinweise zum Umgang mit Asbestzementrohren können in die Dienst- und Betriebsanweisungen für den Kanalbetrieb, die von den Kanalnetzbetreibern in Nordrhein-Westfalen auf der Grundlage der Selbstüberwachungsverordnung Kanal (SüwV Kan) zu erstellen sind, eingearbeitet werden.

Haben Sie Fragen ? (Ansprechpartner)

Diese Spalte wird nach Aussage von Herrn Holter-Hauke für alle Flyer des MASQT einheitlich gestaltet. Als Vorlage dient das angehängte Beispiel-Exemplar.

Um den Inhalt und den Platz dieser Position kümmert sich die Redaktion des MASQT !

Asbestzementrohre im Kanalbetrieb

Hinweise zur Erkennung und zum Umgang

III Anhang

1 Asbest

1.1 Allgemeine Grundlagen zum Werkstoff Asbest

Asbest ist ein natürlich vorkommendes Mineral in feinfaseriger Form. Er setzt sich hauptsächlich aus den chemischen Elementen Sauerstoff und Silizium zusammen und gehört damit zu der Gruppe der Silikate. Die Grundform aller Silikate ist das Silizium-Sauerstoff-Tetraeder, bei dem ein vierwertiges Siliziumion von vier Sauerstoffionen umgeben wird [7]. Abbildung 1.1 zeigt den Aufbau des Silizium-Sauerstoff-Tetraeders. Bei der Bildung der Minerale verbinden sich die Tetraeder zu symmetrischen und periodischen Gitterstrukturen. Die verschiedenen Silikate unterscheiden sich durch die vielfältigen Verknüpfungsarten der Tetraeder und durch die weiteren an der Bindung beteiligten Elemente [46]. Bei der Verknüpfung ordnen sich die Tetraeder zu kristallographischen Strukturen in Form von Insel-, Gruppen-, Ring-, Ketten-, Band-, Schicht- und Gerüstsilikaten an. Asbest kommt in zwei Erscheinungsformen vor, als Band- und als Schichtsilikat [43].

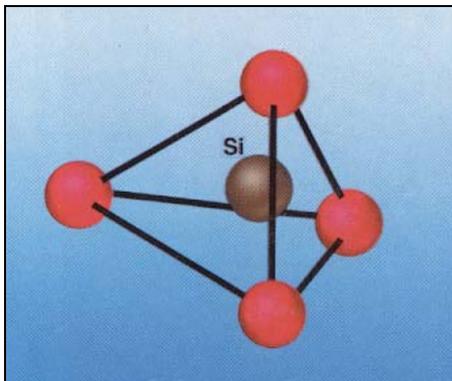


Abbildung 1.1: Silizium-Sauerstoff-Tetraeder [46]

Die Asbestarten unterteilen sich in die Gruppe der Amphibolasbeste und die Gruppe der Serpentinaste. Tabelle 1.1 stellt die unterschiedlichen Asbestarten vor.

Amphibolasbeste sind als Bändersilikate in Form von Doppelketten aufgebaut. Bei den Kettensilikaten sind die SiO_4 -Tetraeder zu langen Ketten verknüpft. Ketten entstehen, wenn die aufeinanderfolgenden Tetraeder mit den vorhergehenden und mit den folgenden je ein Sauerstoffatom gemeinsam haben. Erfolgt eine weitere Verknüpfung von zwei Einzelketten in der Form, dass die eine Kette in jedem zweiten Tetraeder ein Sauerstoffatom mit jedem zweiten Tetraeder der anderen Kette gemeinsam hat, dann entstehen sogenannte Doppelketten oder Bänder. Aufgrund dieser Struktur wachsen die Minerale der Amphibolgruppe säulig bis faserig. Die Bandstruktur der Amphibole ist der Grund für die spontane Längsspal-

tung in viele weitere dünne Fasern. Die wichtigste Asbestart aus der Gruppe der Amphibole ist der Krokydolith [7].

Tabelle 1.1: Asbestarten, zusammengestellt nach [7]

Serpentinasbest (Schichtsilikat)	Amphibolasbest (Bändersilikat)
Chrysotil (Weißasbest)	Krokydolith (Blauasbest)
	Amosit (Braunasbest)
	Anthophyllit
	Tremolit
	Aktinolith

Die Serpentinaste sind aus miteinander verbundenen Doppelketten zu ganzen Netzen zusammengesetzt und bilden die sogenannten Schichtsilikate. Die Tetraeder sind so miteinander verbunden, dass drei der vier Sauerstoffatome gleichzeitig auch Nachbartetraedern angehören, so dass ein zweidimensionales Netzwerk mit einer Schicht- oder Blattstruktur entsteht [7]. Chrysotil oder auch Weißasbest, der wichtigste Asbest der Serpentinegruppe, besteht nicht aus echten Fasern, sondern setzt sich aus zusammengerollten Blättchen zusammen. Diese Röllchenstruktur ist begründet durch die Anlagerung einer Magnesiumhydroxid-Oktaeder-Schicht an die Silizium-Sauerstoff-Tetraeder-Schicht zu einem Zwischenschichtsilikat. Durch die größeren Atomabstände der $Mg(OH)_4$ -Oktaeder krümmen sich die aus zwei Schichten zusammengesetzten Blättchen und wickeln sich zu kleinen Röllchen auf [43]. Abbildung 1.2 und Abbildung 1.3 zeigen die verschiedenen Faserstrukturen von Chrysotil und Krokydolith.

Die faserige Struktur der Asbeste ist eine Besonderheit unter den Mineralen der Silikatgruppe. Sie bildet sich bei den Entstehungsprozessen der Minerale im Erdinneren aus. Serpentinaste und Amphibolaste sind metamorphen Ursprungs, d.h. sie sind durch nachträgliche Umwandlung aus magmatischen und sedimentären Mineralen und Gesteinen entstanden. Die Faserstruktur entsteht dadurch, dass das junge Mineral zunächst noch nicht fest auskristallisiert, sondern als Gel in die Spalten des umliegenden Gesteins eindringt. Verschieben sich die Gesteinswände durch Bewegungen der Erdkruste, zieht das Gel Fäden, und es entsteht die typische Faserstruktur [43,46].

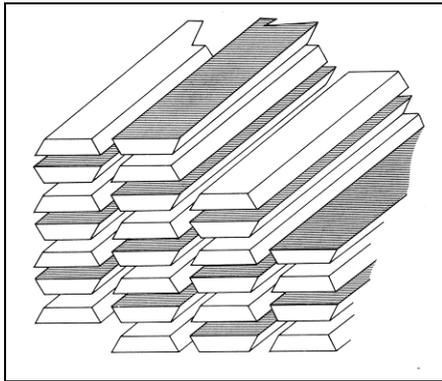


Abbildung 1.2: Bandstruktur von Krokydolith [46]

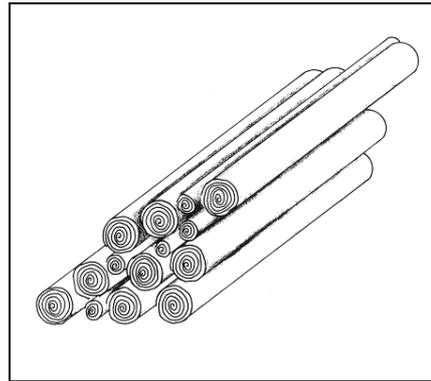


Abbildung 1.3: Röllchenstruktur von Chrysotil [46]

Der Chrysotil unterscheidet sich neben der Struktur auch durch seine chemische Zusammensetzung von den Amphibolasbesten. Seine Hauptbestandteile sind Siliziumoxid, Magnesiumoxid und Wasser. Bei gleicher Struktur unterscheiden sich auch die Amphibolasbeste durch ihre chemische Zusammensetzung voneinander. Zum Beispiel besteht der Krokydolith größtenteils aus Siliziumoxid und Eisenoxid, der Amosit hingegen aus Siliziumoxid, Eisenoxid und Magnesiumoxid. Tabelle 1.2 zeigt die chemische Zusammensetzung der beiden wichtigsten Asbestarten Chrysotil und Krokydolith.

Tabelle 1.2: Chemische Zusammensetzung von Chrysotil und von Krokydolith, zusammengestellt aus [43] und [53]

Oxide	Chrysotil	Krokydolith
SiO ₂	38-44	49-56
MgO	38-42	0-3
FeO	0-3	13-21
Fe ₂ O ₃	0-5	13-20
H ₂ O	12-14	2-5
Al ₂ O ₃	0-2	0-1
Na ₂ O	0-1	4-9
CaO	0-2	0-3
K ₂ O	0-1	0-1
Spuren	Ni, Mn, Cr	Mn
alle Angaben in Gew.-%		

Der ungleiche kristallographische Aufbau und die unterschiedlichen Massenanteile der chemischen Elemente Eisen, Aluminium, Kalium, Natrium, Calcium und Magnesium verleihen den Asbestarten verschiedene Eigenschaften.

Die Fasern des Chrysotils sind weiß, grau oder gelblich und sind sehr fein und leicht (vgl. Abbildung 1.4 und Abbildung 1.5). Sie sind wesentlich dünner als die des Krokydoliths, ihr

Durchmesser beträgt mit 0,02 bis 0,04 μm ungefähr ein Fünftel bis ein Zehntel. Das spezifische Gewicht liegt zwischen 2,2 g/cm^3 und 2,6 g/cm^3 , Weißasbest ist somit ähnlich leicht wie Aluminium. Die Fasern sind sehr flexibel und elastisch und deshalb sehr gut verspinnbar. Die Zugfestigkeit ist sehr hoch, die Werte liegen zwischen 210 N/mm^2 und 560 N/mm^2 und reichen an die Zugfestigkeit von Stahl heran. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes von 1500 $^\circ\text{C}$ ist Chrysotil hitzebeständig, aber nicht unverbrennbar. Die Beständigkeit gegen Laugen ist sehr gut, die gegen Säuren aufgrund des hohen Magnesiumgehaltes jedoch schlecht. Bei Angriff von Säuren werden die Fasern zersetzt und lösen sich auf. Der Weißasbest ist aber beständig gegen Korrosion und Fäulnis. Der elektrische Widerstand liegt je nach Verunreinigung durch Eisen, Nickel oder Chrom zwischen 0,003 $\text{M}\Omega\text{cm}$ und 0,15 $\text{M}\Omega\text{cm}$, somit leitet Chrysotil den elektrischen Strom schlecht. Aufgrund der Röllchenstruktur befinden sich im Inneren der Faser luftgefüllte Räume, die die Wärmeleitung verhindern und den Schall gut absorbieren. Weißasbest ist wie auch die anderen Asbestarten sehr hart und abriebfest. Durch die große spezifische Faseroberfläche besitzt er eine gute Adhäsionsfähigkeit [46].

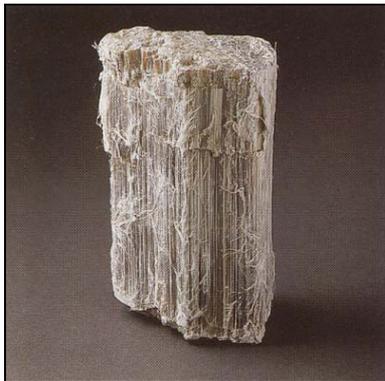


Abbildung 1.4: Das Mineral Chrysotil (Weißasbest) [46]

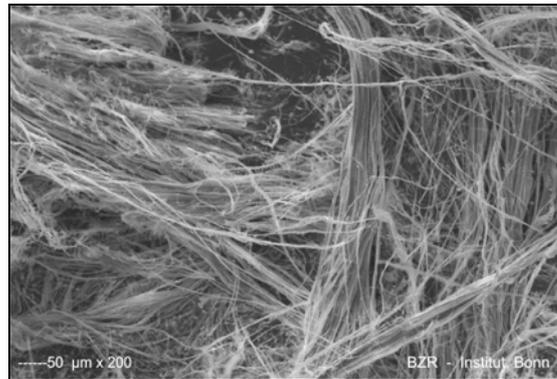


Abbildung 1.5: Chrysotilfasern unter dem Rasterelektronenmikroskop (IV)

Die Fasern des Krokydoliths sind blau, lang und spröde (vgl. Abbildung 1.6 und Abbildung 1.7). Sie sind etwa so dick wie Glasfasern und besitzen einen Durchmesser von 0,1 bis 0,2 μm . Die Bandstruktur der Amphibolasbeste ermöglicht beim Krokydolith eine einfache Längsspaltung der Fasern in viele weitere dünnere Fasern. Die Verspinnbarkeit der Fasern ist eher schlecht. Die Zugfestigkeit mit 280 N/mm^2 bis 420 N/mm^2 liegt in der Nähe der Werte von Chrysotil, reicht aber nicht an dessen oberen Grenzwert der Zugfestigkeit heran. Das spezifische Gewicht ist etwas größer und erreicht Werte zwischen 2,8 g/cm^3 und 3,6 g/cm^3 . Die Beständigkeit in Säuren und Laugen ist gut, die Fasern verlieren in beiden Fällen nur gering an Gewicht. Ebenso gut beständig ist er gegen Fäulnis und Korrosion. Der Schmelzpunkt liegt beim Blauasbest bei 1180 $^\circ\text{C}$ und somit niedriger als beim Chrysotil. Dennoch ist Krokydolith hitzebeständiger als Weißasbest. Der Gewichtsverlust nach zwei Stunden bei 1000 $^\circ\text{C}$ beträgt im Gegensatz zum Chrysotil mit 14 % nur 0,8 %. Die elektrische Leitfähigkeit nimmt aufgrund der enthaltenden Eisenverbindungen von bis zu 30 Gew.-% im Vergleich zum Weißasbest zu. Die Werte für den elektrischen Widerstand liegen zwischen 0,2 $\text{M}\Omega\text{cm}$

und 0,5 MΩcm, somit besitzen die Fasern eine gewisse, wenn auch geringe Leitfähigkeit. Durch die lockere Bandstruktur befindet sich zwischen den Fasern viel Luft, die die Wärmeisolation und die Schallabsorption erhöht. Ebenso wie der Chrysotil besitzt der Krokydolith eine hohe Reibfestigkeit und Härte. Die Fähigkeit, Stoffe zu binden, ist ähnlich ausgeprägt [46].



Abbildung 1.6: Das Mineral Krokydolith (Blauasbest) [46]

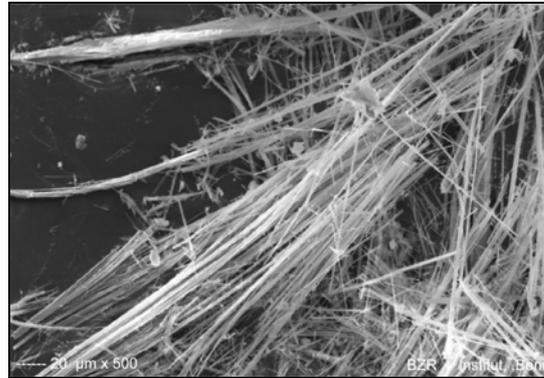


Abbildung 1.7: Amphibolasbestfasern unter dem Rasterelektronenmikroskop (IV)

Aufgrund der vielen unterschiedlichen Werkstoffeigenschaften waren die Einsatzmöglichkeiten für Asbest sehr zahlreich und machten ihn zum "Werkstoff der tausend Möglichkeiten" [1]. Es gibt kaum einen Industriezweig, in dem Asbest nicht zum Einsatz kam. Er fand überall dort Anwendung, wo seine ausgezeichneten Eigenschaften gefragt waren. Die Einsatzpalette erstreckt sich vom Isoliermaterial gegen Hitze und elektrischen Strom über Filtermaterial bei chemischen Prozessen und in der Getränkeindustrie bis hin zum Baumaterial wie Spritzasbest, Asbestzementplatten und Asbestzementrohre [1,43,46].

Der größte Anteil des Rohasbestes wurde für die Herstellung von Asbestzementprodukten importiert. 1975 lag der Anteil der Asbestzementproduktion an der Gesamtproduktion asbesthaltiger Produkte in der Bundesrepublik Deutschland bei ungefähr 72 %. Dies entspricht etwa 64 % des in der Industrie verwendeten Rohstoffs Asbest [1].

Unter anderem wurden viele Produkte aus Asbestzement für die Wasserversorgung und Abwasserableitung hergestellt. Für den Einsatz in der Kanalisation wurden Rohre, Düker, Stauraumkanäle, Rohrverbindungen, Formstücke und Schächte aus Asbestzement hergestellt [31,37,38]. Der Anteil der Asbestzementrohre an der Asbestzementproduktion lag 1975 bei 15,2 % [1]. Asbestzementrohre wurden unter anderem als Druckrohre für Trink- und Abwasserleitungen, als Kanalrohre für Misch-, Schmutz- und Regenwasserkanäle, als Druckwasserleitungen und Brunnenrohre für die Grundwasserabsenkung, als Rohre zur Haus- und Grundstücksentwässerung, als Rohre für Abgas- und Lüftungsleitungen, als Mantelrohre für Fernheizleitungen, als Rohre für Großrohrpostanlagen, als Gewächshausheizleitungen, als Brückenleitungen, als Abwasserdüker und als Säulenverkleidung im Hochbau eingesetzt [1,37,38].

In den 50er und 60er Jahren wurden in der BRD aufgrund des geringen Preises und der günstigen Materialeigenschaften rund 30.000 km Trinkwasserrohre aus Asbestzement verlegt. Dies entspricht einem Anteil von 10 % am gesamten Trinkwassernetz. In den verschiedenen Bundesländern ist der Anteil der Asbestzementrohre am Versorgungsnetz unterschiedlich hoch, Schleswig-Holstein ist mit fast 53 % führend. In Nordrhein-Westfalen liegt der Anteil bei 8,8 % [1]. Der Anteil der Asbestzementrohre im Abwasserbereich ist bis dato unbekannt, er dürfte schätzungsweise ähnliche Werte wie in der Wasserversorgung erreichen.

1.2 Gesundheitsgefahren durch Asbest

Mit zunehmender Verbreitung wuchs auch die Beunruhigung innerhalb der Bevölkerung gegenüber dem Rohstoff Asbest. Seit Beginn des letzten Jahrhunderts ist bekannt, dass Asbest Krankheiten auslösen kann, die sogar zum Tode führen können [1,43]. Mit besonderem Augenmerk wurde die Verursachung von Krebserkrankungen durch Asbestfasern verfolgt. Die Aufnahme der faserförmigen Asbeststäube erfolgt über die Atemluft und die Nahrung. Nach heutigem Kenntnisstand kommt der Aufnahme der Fasern über die Atemwege die weitaus größere gesundheitliche Bedeutung zu. Die krankmachende Wirkung der Asbestfasern ist begründet in der Fasergestalt und der chemischen Beständigkeit. Besonders gesundheitsschädigend sind die inhalierten langen, dünnen Asbestfasern. Die Gefährlichkeit der Fasern nimmt mit kleiner werdender Länge und wachsendem Querschnitt ab. Als besonders kritische Faserabmessungen gelten Längen oberhalb 5 μm , Durchmesser unterhalb 3 μm und Verhältnisse zwischen Länge und Durchmesser oberhalb drei zu eins [53].

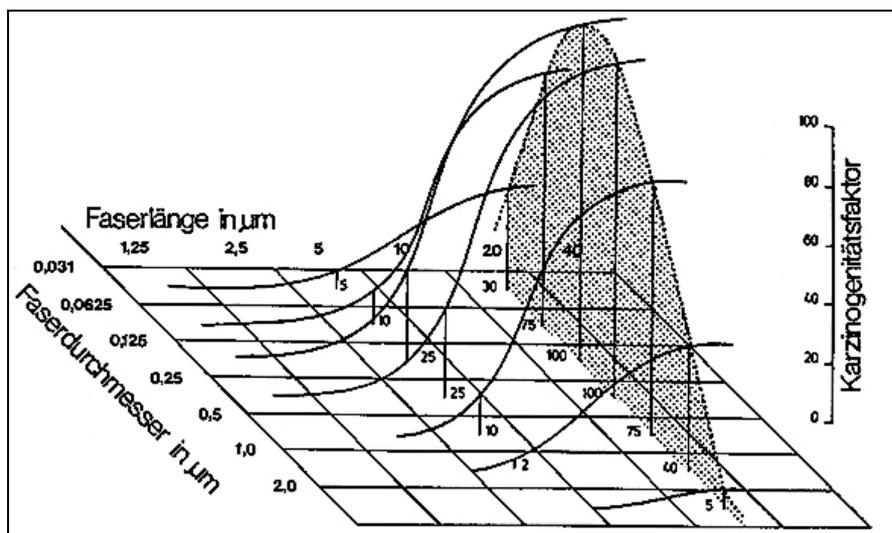


Abbildung 1.8: Hypothetische Häufigkeitsverteilung der Karzinogenität von Asbestfasern in Abhängigkeit von Länge und Durchmesser (nach Pott 1980) [43]

Abbildung 1.8 stellt die krebserzeugende Wirkung der Asbestfasern in Abhängigkeit des Faserdurchmessers und der Faserlänge dar. Die von einer Asbestfaser ausgehende Krebsge-

fahr ist nicht allein von der Faserlänge oder dem Faserdurchmesser sondern aus einer Kombination beider Größen bestimmt. Beispielsweise ist der Karzinogenitätsfaktor einer Faser mit konstanter Länge von 20 μm in hohem Maße vom Faserdurchmesser abhängig. Die maximale tumorerzeugende Wirkung von Fasern dieser Länge ist bei einem Durchmesser von 0,1875 μm bis 0,375 μm zu erwarten. Für kleinere und größere Faserdurchmesser nimmt die krebsauslösende Wirkung ab, zum Beispiel beträgt sie für einen Faserdurchmesser von 2,5 μm „nur“ noch 5 %. Das heisst, 5 % aller Fasern dieser Abmessungen haben im Tierversuch zu einer Krebsentstehung geführt. Ebenso variiert der Karzinogenitätsfaktor bei unveränderlichem Faserdurchmesser mit der Länge der Faser. Die größte tumorerzeugende Wirkung einer Faser mit dem Durchmesser 1,5 μm liegt bei einer Faserlänge von 20 μm und beträgt in etwa 40 %. Die Krebsgefahr nimmt mit kleiner werdender Faserlänge ab und liegt für Fasern mit einer Länge von 5 μm bei 2 %.

Krokydolith und einige weitere Amphibolasbeste sind aufgrund ihrer Neigung zur Längsspaltung besonders gesundheitsgefährdend. Die Fasern spleissen an den Faserenden auf, und es entstehen Fasern, die aufgrund ihrer Länge und ihres Durchmessers einen Karzinogenitätsfaktor von nahezu 100 % besitzen.

Sowohl bei der Anwendung asbesthaltiger Produkte als auch bei deren Entsorgung muss in der Regel mit einer Freisetzung von Asbestfasern kritischer Abmessungen in die Atemluft gerechnet werden [7].

Mittlerweile sind vier durch Asbest verursachte Krankheiten nachgewiesen und als Berufskrankheit anerkannt: Lungenasbestose, Pleuraasbestose, Lungenkrebs und Mesotheliome.

Bereits 1900 wurde der Zusammenhang zwischen einer Asbestbelastung und einer tödlich verlaufenden Lungenverhärtung, der sogenannten Lungenasbestose, nachgewiesen. Sie entsteht durch das Einatmen der feinen Asbestfasern, die sich in der Lunge festsetzen. Da die Asbestfasern chemisch sehr stabil sind, lösen sie sich nicht auf, sondern verbleiben über Jahre in der Lunge. Durch die dauerhafte Reizung des Lungengewebes setzt eine verstärkte Zellproduktion des Binde- und Stützgewebes ein. Dies führt zu einer Verdickung und Verhärtung dieses passiven Gewebes, das keine Organfunktion erfüllt, und zu einer Verminderung des aktiven Lungengewebes. Die Folge sind Atemnot, Reizhusten sowie im fortgeschrittenen Stadium Rechtsherzbelastung und entzündliche Verstopfungen der Bronchien. Die Lungenasbestose geht mit einer erheblichen Einschränkung der Lungenfunktion einher, die bis zum Tode durch Erstickten führen kann [1,43,46].

Die Pleuraasbestose ist eine Verschwartung und Verdickung des Brustfells. Das Brustfell kleidet den inneren Brustkorb aus. Es überzieht das Zwerchfell und umhüllt die Lunge von außen. Wie auch bei der Lungenasbestose wird die Pleuraasbestose durch Reizung des Gewebes durch aus der Lunge abwandernde Asbestfasern ausgelöst. Dabei kommt es auch zu starken Störungen der Lungentätigkeit [1,43].

Beide Asbestosen entstehen überwiegend durch langjährige und hohe Asbestfaserexpositionen am Arbeitsplatz. Die Latenzzeit für die Asbestosen, d.h. die Zeit seit Beginn der Asbesteinwirkung am Arbeitsplatz bis zum Diagnosezeitpunkt, liegt im Mittel bei 21 Jahren mit Extremwerten von 2 Jahren und 53 Jahren. Die Lungenasbestose wurde 1936 in die Liste der entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten aufgenommen. Die Minderung der Erwerbsfähigkeit wird mit mindestens 20 % angesetzt. Die Pleuraasbestose hingegen wurde erst 1988 als Berufskrankheit anerkannt. Eine Minderung der Erwerbsfähigkeit wird nur im Ausnahmefall einer Lungenfesselung gewährt [1,43].

Eine weitere Gruppe von Erkrankungen, die durch Asbest ausgelöst werden können, sind verschiedene Krebsarten, darunter der Lungenkrebs und das Bronchialkarzinom. Zu dieser Erkenntnis kam man bereits 1933. Als Grund für die Entstehung eines Krebses wird eine Störung der Zellprogrammierung angenommen. Sie kann durch freiwerdende Zellgifte wie Eisen, Chrom, Kobalt, Mangan, Zinn und Nickel bei der Auflösung von Chrysotilfasern entstehen. Als weitere Ursache kommt die zufällige Einlagerung von Fremd-DNA in den Zellkern in Frage. Diese Fremd-DNA stammt von verletzten Zellstrukturen. Sie bleibt an den Asbestfasern hängen und wird mit dem Eindringen der Fasern in den Zellkern eingetragen [43,46].

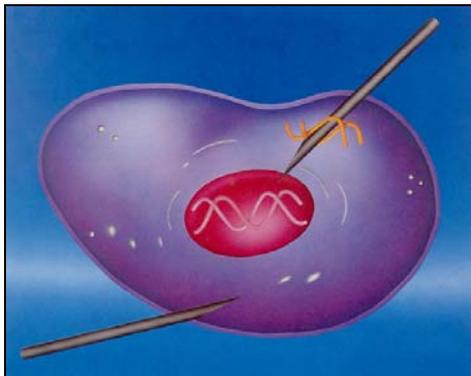


Abbildung 1.9: Mögliche Schädigung der Zelle durch Asbestfasern [46]

„Unten durchsticht eine Asbestfaser die Zellmembran; die Zelle bekommt ein Leck. Oben: Eine Asbestfaser transportiert ein Bruchstück einer Fremd-DNA in den Zellkern; der Zellkern verändert sich. Dadurch kann es zu ungehinderter Zellvermehrung kommen“ [46].

Entscheidend für die Entstehung einer Krebserkrankung der Atemwege ist die individuelle Disposition und das Zusammentreffen von mehreren krebsauslösenden Faktoren. So zum Beispiel erhöht sich das Risiko, an Lungenkrebs zu erkranken, um ein Vielfaches bei gleichzeitiger Asbestbelastung und Rauchen. Der Mittelwert der Latenzzeit bei Lungenkrebs beträgt 25 Jahren mit einem Maximum von 58 Jahren und einem Minimum von 10 Jahren [1,46].

Ein weitere Krebserkrankung, die eindeutig mit einer Asbestbelastung in Zusammenhang steht, ist das Mesotheliom, ein bösartig wucherndes Krebsgeschwulst im Rippen- und Bauchfell. Dieser Tumor wird als Signaltumor bei der Asbesttumorforschung bezeichnet, da die Entstehung der Mesotheliome überwiegend auf tatsächlich vorliegende Asbestexposition zurückgeführt werden konnte. Die Ursache für die Entstehung dieser Krebsart ist die schon

oben beschriebene Störung der Zellprogrammierung. Auffällig ist, dass diese Erkrankung nicht nur bei Arbeitern der Asbestindustrie, sondern auch bei der Bevölkerung in der Nachbarschaft und Familienangehörigen festgestellt werden konnte. Im Vergleich zu den anderen Asbestkrankungen kann für das Auftreten eines Mesothelioms eine kurze und geringfügige Asbesteinwirkung ausreichen. Somit ist neben den Arbeitern der Asbestindustrie ebenso die Allgemeinbevölkerung vom Rippen- und Bauchfellkrebs betroffen, insofern sie Asbestexpositionen ausgesetzt ist. Das Mesotheliom wurde 1977 in die Liste der entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten aufgenommen. Die Latenzzeit beträgt im Mittel 32 Jahre bei Extremwerten von 10 Jahren und 60 Jahren. Die restliche Lebenserwartung der Betroffenen ist beim Mesotheliom des Rippen- und Bauchfells außerordentlich schlecht. Vom Zeitpunkt der Diagnose an überlebt nur die Hälfte der Patienten die folgenden sechs Monate. Nur in wenigen Einzelfällen ist eine Überlebenszeit von mehr als zwei Jahren zu beobachten [1,43,46].

Seit längerer Zeit ist Asbest in Verdacht, weitere Krebsarten auszulösen. In der Diskussion stehen vor allen Dingen der Kehlkopfkrebs, der Magen- und Darmkrebs, der Eierstock-, der Brust- sowie der Nierenkrebs. Obwohl der Zusammenhang einer Asbestbelastung und eines erhöhten Risikos eines Gastrointestinalkarzinoms als gesichert aufzufassen ist, wurde diese Krebsart noch nicht der Liste der entschädigungspflichtigen Berufskrankheiten hinzugefügt. Die Krebsentstehung in Brust und Eierstöcken ist nicht zweifelsfrei mit einer Asbestbelastung in Verbindung zu bringen [53]. Der Kehlkopfkrebs wird mittlerweile von den Berufsgenossenschaften entschädigt, soweit eine entsprechend lange Asbestexposition am Arbeitsplatz nachgewiesen werden kann [6].

1.3 Rechtliche Grundlagen

Die rechtlichen Grundlagen zum Thema Asbest sind sehr vielfältig und die verfügbaren Unterlagen entsprechend umfangreich [7,43]. Sie beruhen auf internationalem, nationalem, Länder- und Gebietskörperschaftlichem Recht. Diese Rechtsvorschriften beziehen sich auf die Gebiete Gefahrstoffe, Luftreinhaltung, Abfallbeseitigung, berufsgenossenschaftlicher Arbeitsschutz, staatliches Arbeits- und Sozialrecht und baurechtliche Festlegungen [43]. Aus diesem Grund kann dieses Thema im Rahmen des vorliegenden Forschungsberichtes nicht im Detail erläutert werden. Neben einer kurzen Einführung in die allgemeine Struktur wird hier nur auf die wesentlichen Inhalte in Bezug auf die Prozesse des Kanalbetriebes eingegangen.

Der Umgang mit Gefahrstoffen war bis zur Einführung der GefStoffV (Gefahrstoffverordnung) im Jahr 1986 Sache des Arbeitsschutzrechts. Die GefStoffV brachte eine neue Grundlage, die wiederum aus dem Gesetz zum Schutz vor gefährlichen Stoffen (Chemikaliengesetz - ChemG) abgeleitet ist. Das Chemikaliengesetz beinhaltet die Umsetzung von EG-Richtlinien. Es wird ergänzt durch die Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbrin-

gens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnissen nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalienverbotsordnung – ChemVerbotsV) .

Nach § 3a (1), ChemG, gehören Stoffe und Zubereitungen zur Gruppe der gefährlichen Stoffe und gefährlichen Zubereitungen, wenn sie u. a. krebserzeugend sind. Die ChemVerbotsV verbietet in § 1 die Asbestarten Aktinolith, Amosit, Anthophyllit, Chrysotil, Krokydolith und Tremolit. Die im Anhang dieser Verordnung aufgeführten Ausnahmeregelungen gelten nicht für Rohre aus Asbestzement, da der Grenzwert für den Massengehalt an Asbestfasern überschritten wird und asbestfreie Ersatzstoffe und Erzeugnisse auf dem Markt angeboten werden.

Die GefStoffV findet nach § 2 (1) Anwendung bei gefährlichen Stoffen und Zubereitungen im Sinne des § 3a des Chemikaliengesetzes. Die Gefährlichkeitsmerkmale werden in der GefStoffV näher erläutert als im ChemG. Demnach sind Stoffe und Zubereitungen krebserzeugend, wenn sie bei Einatmen, Verschlucken oder Aufnahme über die Haut Krebs erregen oder die Krebshäufigkeit erhöhen können. Die GefStoffV verbietet in § 15 die Herstellung und die Verwendung von Asbest. Dieses Verbot wird im Anhang IV, Nr. 1, dieser Verordnung in Bezug auf Zubereitungen, die einen Massengehalt von mehr als 0,1 vom Hundert Asbest enthalten und Erzeugnisse, die Asbest oder vorgenannte Zubereitungen enthalten, ausgedehnt bzw. präzisiert. Darüber hinaus dürfen Arbeitnehmer nach § 15a (1) Asbest auch nicht ausgesetzt sein, da dieses Material zu den besonders gefährlichen krebserzeugenden Stoffen gehört. Ausnahmen von dieser Regelung gelten für Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an bestehenden Anlagen ... , soweit die Einhaltung des Gebotes nach Satz 1 nach dem Stand der Technik nicht möglich ist. Allerdings ist die Bearbeitung von Asbestergzeugnissen mit Arbeitsgeräten, die deren Oberfläche abtragen, wie z.B. Abschleifen, Hoch- und Niederdruckreinigen oder Abbürsten nach Anhang IV ,Nr.1, ausdrücklich verboten.

Grundsätzlich kann jedoch nach der „Verordnung zum Schutz vor gefährlichen Stoffen“ (Gefahrstoffverordnung – GefStoffV) § 44 Abs. 2 von den TRGS abgewichen werden, wenn eine ebenso wirksame Maßnahme zum Schutz des menschlichen Lebens, der menschlichen Gesundheit und der Umwelt getroffen wird. Dies bedeutet zum Beispiel, die in der TRGS 519 definierte Unzulässigkeit bestimmter Reinigungsverfahren verliert durch den Einsatz von geeigneten Schutzmaßnahmen, wie z.B. das Tragen von Schutzkleidung, ihre Gültigkeit.

Aufgrund der oben beschriebenen Ausnahmen ist der Umgang mit dem Gefahrstoff Asbest nicht vollständig ausgeschlossen werden. Für diese Fälle definiert die GefStoffV im vierten Abschnitt Allgemeine Umgangsvorschriften für Gefahrstoffe. Nach § 16 (Ermittlungspflicht) hat der Arbeitgeber festzustellen, ob es sich im Hinblick auf den vorgesehenen Umgang um einen Gefahrstoff handelt. Ist dies der Fall, so fordert die GefStoffV die Einleitung von Maßnahmen zum Schutz des menschlichen Lebens und der Umwelt und die Überwachung der in der Luft vorhandenen Gefahrstoffkonzentrationen. Der Arbeitgeber ist nach § 20 verpflichtet eine Betriebsanweisung zu erstellen, in der auf die Gefahren beim Umgang mit Gefahrstoff-

fen hingewiesen wird. Sie dient als Grundlage für die notwendige Unterweisung des Personals. Die Durchführung von Arbeiten im Zusammenhang mit dem Umgang von Gefahrstoffen sind nach § 37 der zuständigen Behörde (StAfA) spätestens 14 Tage vor Beginn anzuzeigen. Spezielle Vorgaben zum Umgang mit Asbest bei Abbruch- und Sanierungsarbeiten sind in § 39 festgelegt.

Die TRGS 519 (Technische Regel für Gefahrstoffe) geht speziell auf den Umgang mit Asbest und asbesthaltigen Gefahrstoffen bei Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten ein. Sie bezieht sich auf § 17 Abs. 1 der Gefahrstoffverordnung, nach dem beim Umgang mit Gefahrstoffen die erforderlichen Maßnahmen nach den allgemeinen und besonderen Vorschriften der Verordnung, den geltenden Arbeitsschutz- und Unfallverhütungsvorschriften und im übrigen nach den allgemein anerkannten sicherheitstechnischen, arbeitsmedizinischen und hygienischen Regeln sowie den sonstigen gesicherten arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen getroffen werden müssen. Durch die TRGS werden insbesondere die in § 17 Abs. 1 der Verordnung genannten Regeln und Erkenntnisse inhaltlich näher bestimmt, soweit dies ihrer Art nach möglich ist, und, soweit es an einschlägigen Rechtsvorschriften fehlt, unmittelbar Pflichten des Arbeitgebers begründet.

Die TRGS 519 beschreibt den asbestbedingten Arbeitsschutz für ASI-Arbeiten einschließlich Abfallentsorgung umfassend. Die Vorschriften der Gefahrstoffverordnung sind eingearbeitet. Zum Teil wurden auch Regelungen zum Dritt- und Umweltschutz getroffen. Dies trifft im besonderen Maße für die Maßnahmen der Luftreinhaltung zu. Die TRGS 519 folgt folgendem systematischen Aufbau [33]:

- Allgemeine Anforderungen,
- differenziert nach Art der Arbeit,
- differenziert nach Höhe der Faserfreisetzung und Arbeitsmenge,
- differenziert nach Art des Asbestproduktes in Verbindung mit der Höhe der Faserfreisetzung,
- Arbeiten im Freien und in Innenräumen und
- Arbeitnehmerschutz und Schutz Dritter.

Die Technische Richtlinie definiert die erlaubten ASI-Arbeiten folgendermaßen. Die Abbrucharbeiten umfassen [52]:

- das Abbrechen von baulichen Anlagen,
- das Demontieren von Anlagen und Geräten,
- einschließlich der erforderlichen Nebenarbeiten.

Zur Sanierung gehören:

- das Entfernen asbesthaltiger Materialien,
- das Ersetzen durch asbestfreie Materialien,
- das Beschichten von schwach gebundenen Asbestprodukten,
- das räumliche Trennung von schwach gebundenen Asbestprodukten,
- einschließlich Nebenarbeiten

um die Gefahr der ungewollten Faserfreisetzung zu beseitigen.

Instandhaltungsarbeiten umfassen alle Maßnahmen zur Bewahrung:

- des Sollzustandes (Wartung),
- zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes (Inspektion),
- zur Wiederherstellung des Soll-Zustandes (Instandsetzung),
- einschließlich des ggf. erforderlichen Wiedereinsetzens asbesthaltiger Produkte,
- einschließlich der erforderliche Nebenarbeiten,
- sowie vorläufige Maßnahmen im Sinne der Asbestrichtlinie (Beschichten, Ausbessern von Beschädigungen, Schließen von Fugen).

Unter den Begriff Nebenarbeiten fallen:

- das Begehen von Räumen, die mit Asbeststaub belastet sind,
- Probenahmen,
- das Ausräumen von asbeststaubbelasteten Räumen,
- das Einrichten von Baustellen,
- das Reinigen asbeststaubbelasteter Räume,
- der betriebliche Transport sowie die Lagerung asbesthaltiger Gefahrstoffe.

Zur Abfallentsorgung gehören:

- die Verfestigung von Spritzasbestabfällen
- die chemische oder thermische Abfallbehandlung
- die Entsorgung auf einer Deponie.

Die TRGS 519 unterscheidet Arbeiten nach dem Ausmaß der zu erwartenden Asbestfaserkonzentration im Arbeitsbereich. Bei einer Konzentration unter 15.000 F/m³ spricht man von Arbeiten mit geringer Exposition. Zwei weitere Kategorien bilden der Bereich 15.000 bis 150.000 F/m³ und der Bereich über 150.000 F/m³ [52].

Die Berufsgenossenschaften der Bauwirtschaft haben unter dem Titel „Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten“ entsprechende Arbeitsverfahren in das „BIA-Verzeichnis geprüfter Arbeitsverfahren mit geringer Exposition nach TRGS 519“ aufgenommen. Der Inhalt wurde im Heft 664 des BGI veröffentlicht [5].

2 Asbestzementrohre

2.1 Herstellung von Asbestzementrohren

Mit der Erfindung von Asbestzement im Jahre 1899 durch den Österreicher Ludwig Hatschek war eine bedeutende Einsatzmöglichkeit für Asbestfasern entdeckt worden. Ihm war es gelungen, ein maschinelles Herstellungsverfahren für diesen neuen Baustoff aus Zement, Asbestfasern und Wasser zu entwickeln. Das Nassverfahren von Hatschek beruht auf dem Grundgedanken, Asbest und Zement mit sehr großem Wasserüberschuss zu mischen, den Brei zu verarbeiten und das überschüssige Wasser während der Verarbeitung wieder abziehen. In erster Linie konzentrierte sich die Produktion auf die maschinelle Herstellung von Platten. Parallel dazu arbeitete Hatschek bis zu seinem Tode im Jahre 1914 an einer Erweiterung des Verfahrens zur maschinellen Herstellung von Rohren [37,38].

Aufbauend auf dieser Idee konstruierten die Italiener Mazza und Mattei im Jahr 1913 aus der Hatschekschen Plattenmaschine die erste Rohrmaschine, mit der es möglich war, nahtlose Rohre herzustellen. Nach einigen wesentlichen Veränderungen gelang es ihnen, die Plattenmaschine für die Rohrerstellung umzurüsten. Im Jahre 1923 waren die Entwicklungen soweit abgeschlossen, dass mit der Serienproduktion begonnen werden konnte [37,38].

Für die Verarbeitung zu Asbestzement kam zum größten Teil Chrysotil wegen seiner günstigen Materialeigenschaften zum Einsatz. Ein geringer Anteil an Krokydolith wurde dem Stoffbrei hinzugefügt, um die Standfestigkeit der Rohre während der Herstellung zu gewährleisten [37,38]. Der Chrysotilanteil lag bei 85 %, der von Krokydolith bei 15 % der gesamten eingesetzten Asbestfasern [1].

Der Rohasbest besteht zum größten Teil aus Faserbündeln. Für die Weiterverarbeitung zu Asbestzement mussten die Bündel in möglichst feine Fasern zerlegt werden. Dieser Arbeitsgang erfolgte in einem Kollergang oder auch in Kugel- und Hammermühlen, in denen der Asbest durch Quetschen, Reiben und Reissen aufgeschlossen wurde [37,38].

Als Bindemittel wurde Portlandzement, Eisenportlandzement und Hochofenzement nach DIN 1164 verwendet. Zuschlagstoffe und Füllstoffe waren nach DIN 19800 und DIN 19850 nicht erlaubt. Lediglich bei Rohren, die nach dem Dampfhärtungsverfahren von Morbelli gehärtet

wurden, wurde ein Teil des Zementes durch Quarzmehl ersetzt. Das Mischungsverhältnis Asbest zu Zement betrug üblicherweise 1:6 in Gewichtsanteilen [37].

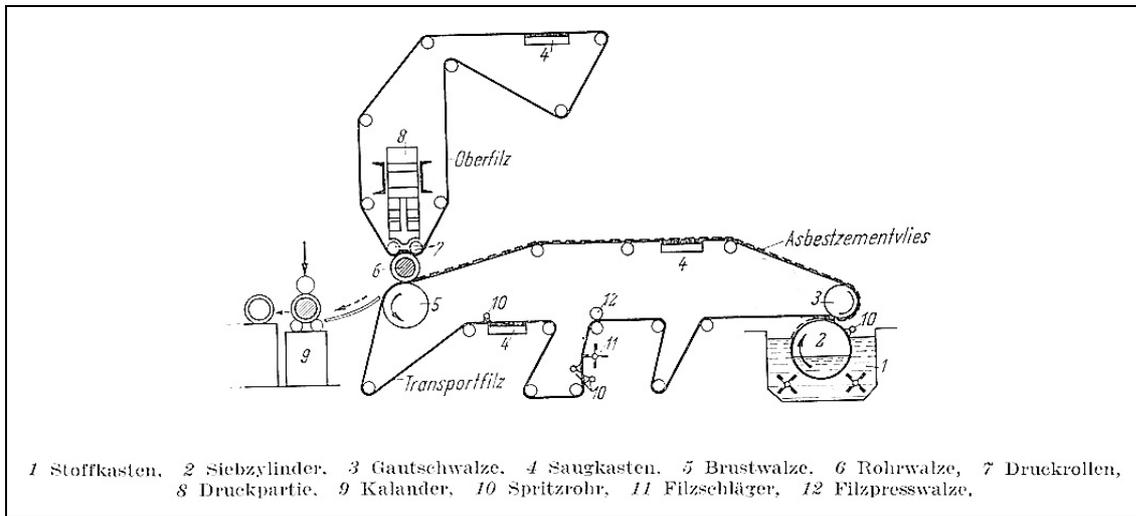


Abbildung 2.1: Schema der Mazza-Rohrmaschine [37]

Bei der Rohrherstellung im Mazza-Verfahren wurden die zuvor aufgeschlossenen Asbestfasern mit Wasser und Zement in einem Rührer zu einem flüssigen Stoffbrei vermischt. Abbildung 2.1 stellt den schematischen Ablauf des Mazza-Verfahrens dar. Ein rotierender Siebzylinder (2) tauchte in den mit dem Stoffbrei gefüllten Stoffkasten (1) ein, und eine dünne Schicht blieb an der Oberfläche des Zylinders haften. Das 0,1 mm bis 0,2 mm dicke Vlies wurde an ein Transportfilz weitergegeben und zur Rohrwalze (6) transportiert. Auf dem Weg zur Rohrwalze wurde ein großer Teil des Wassers über Vakuumsauger (4) entzogen. Der Vlies wurde bis zum Erreichen der angestrebten Rohrdicke auf den Kern aufgewickelt und durch Druckrollen (7) und den Oberfilz weiter entwässert und verdichtet. Der Kern mit dem fertig gewickelten Rohr wurde aus der Maschine ausgeschwenkt und gegen einen neuen Kern ausgetauscht. Anschließend wurde im Kalandar (9) die Oberfläche des rotierenden Rohres geglättet und weiter verdichtet sowie das Rohr etwas aufgeweitet, so dass der Kern herausgezogen werden konnte. Die Länge der hergestellten Asbestzementrohre ist durch die Abmessungen der Rohrmaschine auf Längen bis 6,0 m begrenzt [37,38]. Abbildung 2.2 zeigt die Mazza-Rohrmaschine zur Herstellung von Asbestzementrohren.

Das Erhärten und Abbinden fand nach Erreichen einer bestimmten Anfangsfestigkeit meist im Wasserbad statt. Als weitere Möglichkeit konnten die Rohre auch im Dampfhärtungsverfahren erhärten und abbinden. Die mit einem Kieselsäureträger angereicherten Asbestzementrohre wurden unter einem Dampfdruck von 8 bis 12 atü bei 170° bis 200°C Wärme in einem Druckkessel gelagert. Nach 8 bis 24 Stunden hatten die Rohre bereits eine sehr hohe Festigkeit erreicht und konnten den Autoklaven verlassen [37,38].

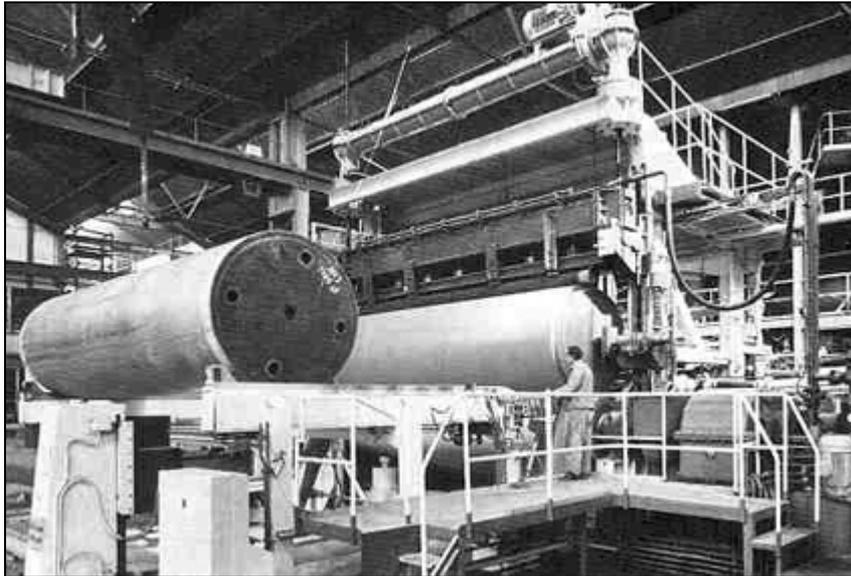


Abbildung 2.2: Rohrmaschine zur Herstellung von Asbestzementrohren im Mazza-Verfahren [38]

Die Lagerung des Rohres im Wasserbad dauerte ungefähr zwei bis drei Wochen. Durch die gleichmäßig abgeführte Abbindewärme wurde das Auftreten von Eigenspannungen und somit das Entstehen von Schwindrissen vermieden. Bei der Nachbearbeitung der Rohre wurden sie auf genaue Längen von 4,0 m, 5,0 m oder 6,0 m, in Sonderfällen auch auf 2,0 m oder 3,0 m zugeschnitten. Druckrohre aus Asbestzement wurden an den Enden noch abgedreht, um eine einwandfreie Passgenauigkeit der Rohrverbindungen zu gewährleisten [37,38].

Beim Mazza-Verfahren richteten sich die Asbestfasern nie in Radialrichtung aus. Durch die geringe Dicke des Vlieses lagen die Fasern nur in der Ebene der Wickelschichten, meist in Transportrichtung des Vlieses. Parallel zur Rohrachse ordneten sich nur wenige Fasern an, so dass die Längsbiegefestigkeit geringere Werte aufweist als die Ringzugfestigkeit. Die Ausrichtung der Asbestfasern wurde durch das Strömungsverhalten im Stoffkasten bestimmt. Siebzyylinder und Rührhaspel erzeugten eine Walzenströmung, die eine Faseranordnung senkrecht zur Längsrichtung des Rohres hervorrief. Durch Änderung der Stoffbewegung im Stoffkasten ließ sich die Ausrichtung der Fasern beeinflussen. Dementsprechend konnte bei der Herstellung von Asbestzementrohren die Festigkeit in Axial- bzw. Tangentialrichtung erhöht oder verringert werden [37,38].

Das Mazza-Verfahren war marktführend auf dem Gebiet der Asbestzementrohrherstellung und wurde Grundlage für viele weitere Entwicklungen und Verfahren. Aber nur sehr wenige Herstellungsverfahren für Rohre brachten es überhaupt bis zur praktischen Einsatzfähigkeit. Weitere Verfahren, die sich in geringem Maße in der technischen Anwendung durchgesetzt haben, waren das Magnani- und das Dalmine-Verfahren [37].

Die Herstellung der Asbestzementrohre gliederte sich bei diesen beiden Verfahren wie auch beim Mazza-Verfahren in vier Arbeitsschritte:

1. Aufbereiten der Asbestfasern und Herstellen der Asbestzementmischung,
2. Wickeln der Rohre auf einer Rohrmaschine,
3. Abbinden und Erhärten der Rohre und
4. Nachbearbeiten der Rohre.

Nur beim zweiten Arbeitsschritt unterschieden sich die verschiedenen Verfahren zur Herstellung von Asbestzementrohren. Dennoch verband alle Wickelverfahren eine Gemeinsamkeit, es konnten produktionsbedingt nur kreisförmige Rohrquerschnitte hergestellt werden. Die anderen drei Schritte verliefen für alle Verfahren nahezu identisch [37].

Magnani ging in der Herstellung beim Wickeln der Asbestzementrohre einen gänzlich anderen Weg als Mazza (vgl. Abbildung 2.3). Bei seinem Verfahren wurde der Stoffbrei über ein an den Walzen entlang fahrendes Rohr (4) in den Spalt zwischen Hohlwalze (5) und Druckwalze (6) gepumpt. Die Hohlwalze ist ein metallischer Rohrkern mit feinen Sieblöchern und diente zur Aufnahme der einzelnen Schichten des Asbestzementbreis. Die Druckwalze, die an der Manteloberfläche mit Rillen versehen ist, drückte gegen die Hohlwalze und verdichtete den Asbestzement. Mit Hilfe eines Vakuums im Inneren der Hohlwalze wurden die Stoffschichten an den Mantel der Hohlwalze gesaugt und das überschüssige Wasser abgezogen. Nach Erreichen der gewünschten Wanddicke wurde die Hohlwalze aus der Maschine ausgehoben und durch eine neue ersetzt. Die Verdichtung war bei diesem Verfahren nicht ausreichend, so dass die Rohre außerhalb der Maschine noch nachverdichtet werden mussten. Gerade für Druckrohre war die Nachverdichtung zum Erreichen einer erforderlichen Festigkeit zwingend notwendig. Ein Vorteil dieses Verfahrens lag in der Möglichkeit, durch entsprechende Steuerung der Walzen auch Rohre mit veränderlichen Durchmessern herstellen zu können. Dies erlaubte die Fertigung von monolithischen Muffenrohren aus Asbestzement [37].

Die Faserlage war bei dem Verfahren nach Magnani zufällig. Durch Aufbringen einer dicken Breischicht auf die Hohlwalze konnten sich die Fasern sowohl in der Schichtebene als auch senkrecht zu dieser Ebene ausrichten. Diese willkürliche Anordnung in der Schichtebene hatte im Vergleich mit dem Mazza-Verfahren eine höhere Längsbiegefestigkeit und eine geringere Ringzugfestigkeit der Rohre zur Folge. Die radial liegenden Fasern werden hinsichtlich einer Rohrbeanspruchung für erdverlegte Rohre nicht ausgenutzt [37].

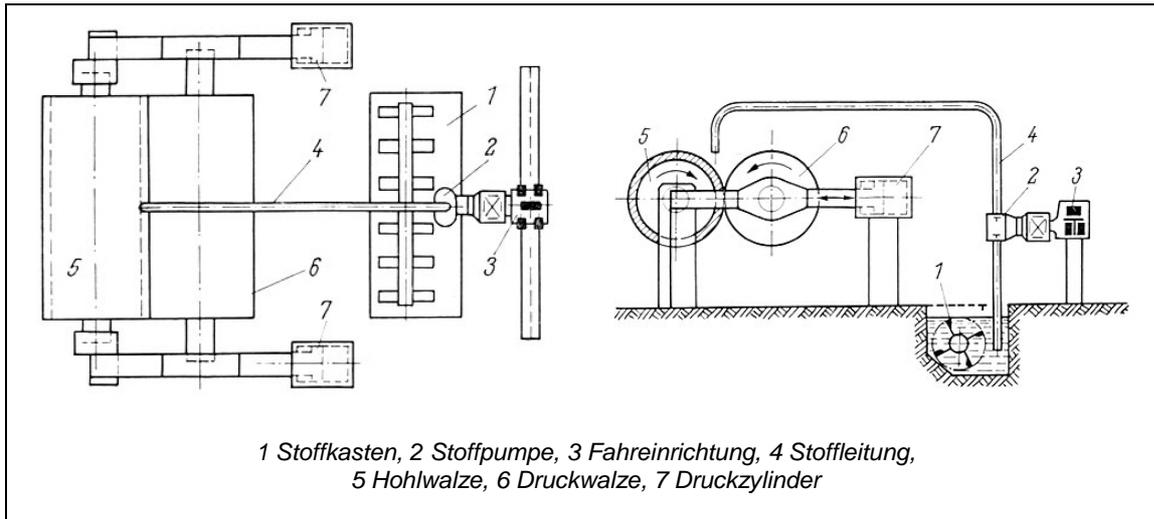


Abbildung 2.3: Schema des Magnani-Verfahrens [37]

Dalmine benutzte ebenfalls eine Plattenmaschine zur Herstellung von Asbestzementrohren. Im Gegensatz zum Mazza-Verfahren wurden nur 25 cm breite Streifen aus dünnem Asbestzementvlies spiralförmig auf einen Kern aufgewickelt. Der Kern wurde während des Wickelvorgangs in Längsrichtung hin- und herbewegt und die Vliesschichten kreuzweise übereinander gelegt. Außerdem war die Herstellung von Rohren mit monolithischen Muffen möglich. Die Rohre besitzen die gleichen Festigkeitseigenschaften wie die nach dem Mazza-Verfahren hergestellten Rohre. Durch die kreuzweise Wickelung weisen die Rohre zusätzlich eine hohe Längsbiegesteifigkeit auf. Diese Tatsache ermöglichte die Fertigung auch großer Längen von bis zu 8 m [37]. Abbildung 2.4 zeigt das Schema des Dalmine-Verfahrens.

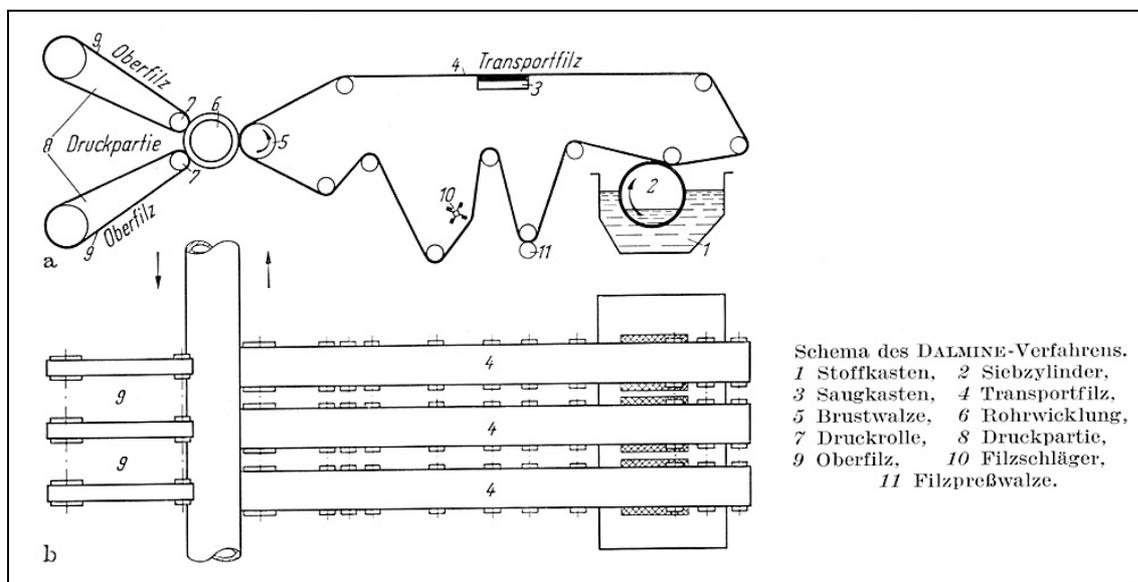


Abbildung 2.4: Schema des Dalmine-Verfahrens [37]

Neben den Wickelverfahren kam auch noch das Injektionsverfahren in geringem Umfang für die Produktion von kurzen Rohren und Formstücken aus Asbestzement zur Anwendung. Das

Injektionsverfahren gehört nicht in die Gruppe der Wickelverfahren. Mit diesem Verfahren war es auch möglich, Asbestzementrohre mit anderen als kreisförmigen Querschnitten herzustellen. Es wurden beispielsweise Lüftungsrohre mit rechteckigem Querschnitt aus Asbestzement hergestellt. Die Herstellung von Asbestzementrohren und -formstücken für die Abwasserentsorgung umfasste ausschließlich Kreisquerschnitte. Die hydraulischen Eigenschaften und die geringen Festigkeiten der im Injektionsverfahren hergestellten Rohre mit rechteckiger oder anderer Querschnittsform aus Asbestzement ließen einen Einsatz als Abwasserrohre grundsätzlich nicht zu. Für die Abwasserentsorgung wurden im Injektionsverfahren kurze Abflussrohre mit Kreisquerschnitt in einer Länge kleiner als 0,5 m und Formstücke bis zu einem Durchmesser DN 250 aus Asbestzement hergestellt [38].

In Abbildung 2.5 ist die Herstellung im Injektionsverfahren schematisch dargestellt. Asbest, Zement und Wasser wurden homogen vermischt und über ein Einspritzaggregat in den unteren, stationären Teil der Form gedrückt. Der obere Teil der Form ist beweglich und wurde wie die Kerne hydraulisch ein- und ausgefahren. Nachdem Kern und Oberform in die Maschine eingefahren bzw. abgesenkt wurden, wurde der Stoffbrei in die Form eingespritzt. Durch den Druckaufbau des Stoffes in der Form wurde das Rohr entwässert und verdichtet. Der Kern wurde ausgefahren und das Rohr oder Formstück zur Nachbehandlung abgelegt. Die Erhärtung der Asbestzementrohre fand wie beim Wickelverfahren auch im Wasserbad statt [38].

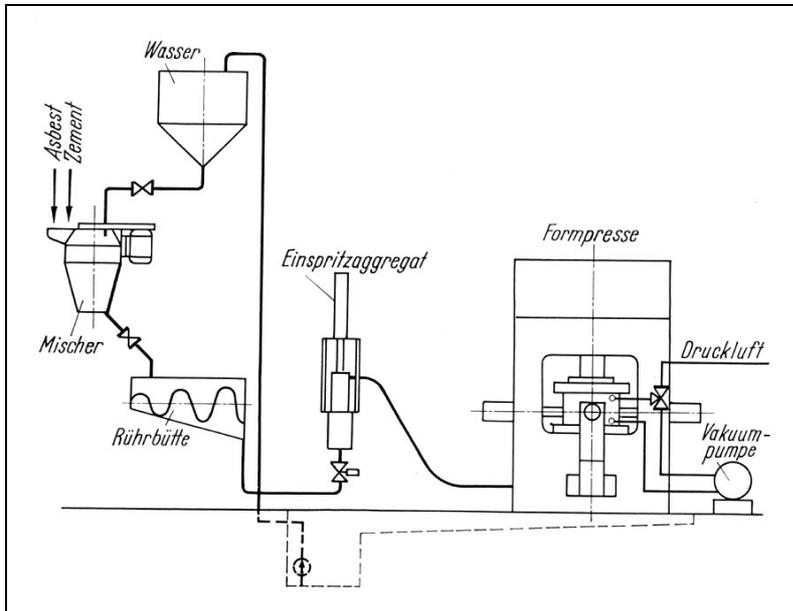


Abbildung 2.5: Schema des Injektionsverfahrens [38]

Die Lage der Asbestfasern war auch beim Injektionsverfahren zufällig. Die Fasern konnten sich beim Einbringen des Stoffbreis in die Form in alle Richtungen positionieren. Die Festigkeitseigenschaften sind deshalb für die verschiedenen Beanspruchungsrichtungen unterschiedlich ausgeprägt. Im Vergleich mit dem Mazza-Verfahren nimmt die Längsbiegefestig-

keit im Gegensatz zur Ringzugfestigkeit ab. Die Fasern mit radialer Orientierung tragen nicht zur Erhöhung der relevanten Festigkeiten bei. Sie werden während der üblichen Rohrbeanspruchungen nicht ausgenutzt [38].

In Deutschland wurden seit 1930 Asbestzementrohre hergestellt und verlegt. Die erste deutsche Herstellerfirma für Asbestzementrohre war die Deutsche Asbestzement AG - heute Eternit AG - in Berlin. Die erste Asbestzementleitung in Deutschland wurde ebenfalls 1930 in der Gemeinde Frauenzimmern in Württemberg verlegt. Weitere Gemeinden zogen nach. Asbestzementrohre wurden sowohl in der Trinkwasserversorgung als auch in der Abwasserableitung eingesetzt [37,38]. Im Zuge der verstärkten Nachfrage nach Asbestzementrohren wurden weitere Firmen gegründet. Die bekanntesten Produzenten von Asbestzementrohren in Deutschland waren neben Eternit die Firmen Wanit, Fulgurit, Durit, Himanit, Toschi und Amroc [37,38,41]. Nach Aussage von Firmenmitarbeitern wurde ausschließlich im alle ausschließlich im Mazza-Verfahren produziert.

Die Produktion von Asbestzementrohren endete mit Ablauf des Jahres 1993. Zu diesem Zeitpunkt war die in der Neufassung der Gefahrstoffverordnung vom Mai 1990 aufgenommene Übergangsfrist bis zum Inkrafttreten des Herstellungsverbots von Asbestzementrohren abgelaufen [43,56]. Diese Übergangsvorschrift bis Ende 1993 sollte den Herstellern ermöglichen, ihre Produktion auf Ersatzstoffe umzustellen [43]. Als Ersatzfasern kommen synthetische organische und natürliche organische Fasern zum Einsatz. Bis zum Inkrafttreten des Herstellungsverbotes von Asbestzementrohren wurden sowohl Asbest- als auch Ersatzfasern zur Produktion von Rohren eingesetzt. Die Rohre wurde unter dem Begriff „Faserzementrohre“ zusammengefasst [7]. Nach Ablauf der festgelegten Übergangsfristen wurden ausschließlich Ersatzfasern für die Herstellung von Rohren verwendet oder die Produktion einiger Hersteller von Asbestzementrohren wurde gänzlich eingestellt. Der Einbau von Asbestzementrohren war bis Ende 1994 erlaubt. Ab diesem Zeitpunkt durften dann nur noch asbestfreie Rohre verlegt werden [56].

2.2 Normen zu Asbestzementrohren

Asbestzementrohre wurden für die Abwasserentsorgung in vier Ausführungsformen hergestellt, als Druck-, Kanal-, Abfluss- und Vortriebsrohre. Dementsprechend wurden verschiedene Normen für Asbestzementrohre veröffentlicht [40,49]. Die Informationen über die veröffentlichten Asbestzementrohrnormen wurden vom Deutschen Informationszentrum für Technische Richtlinien in Berlin zur Verfügung gestellt (vgl. Tabelle 2.2). Eine Übersicht der Normen zu Asbestzementrohren zeigt Tabelle 2.1. Neben den aktuellen Normen konnten zum Teil auch einige alte, zurückgezogene Normen beschafft werden. Der Inhalt der überprüften Normen wird im folgenden kurz vorgestellt.

Der erste Normentwurf für Asbestzementdruckrohre stammt vom Dezember 1954 und die erste Norm trat im Januar 1956 in Kraft. Druckrohre wurden nach DIN 19800 in Nennweiten

von DN 65 bis DN 2000 produziert. In der Norm sind die Rohrmaße und die erforderlichen Wanddicken der Rohre bei Nenndrücken von PN 2,5 bis PN 16 festgelegt. Sie enthält ebenfalls die Richtlinien für die Bemessung von Rohren mit Nennweiten größer als DN 600. Druckrohre wurden ohne Muffe hergestellt und mit glatten oder abgedrehten Rohrenden geliefert. Die Norm wurde mehrmals verändert und nach dem Herstellungsverbot von Asbestzementrohren im November 1994 durch die DIN EN 512 ersetzt. Die Bezeichnung der Rohre wurde in der neuen Norm in Faserzementrohre geändert. In der Herstellung durften nach dieser Norm neben asbestfreien Fasern bis zum Ende 1993 nach wie vor Asbestfasern eingesetzt werden [13,14,22,40].

Tabelle 2.1: Übersicht der Normen zu Asbestzementrohren nach [40]

Norm	Titel
DIN 19800	Asbestzement-Druckrohre
DIN 19830	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke
DIN 19831	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke mit Muffe
DIN 19840	Faserzement-Abflussrohre und -Formstücke ohne Muffe
DIN 19841	Asbestzement-Abflussrohre und -Formstücke ohne Muffe
DIN 19850	Asbestzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle
DIN 19850	Faserzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle
DIN EN 512	Faserzementprodukte: Druckrohre und Verbindungen
DIN EN 588	Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle

Der erste Entwurf einer Norm für Asbestzementkanalrohre wurde im März 1969 und die fertige Norm im Januar 1971 veröffentlicht. Abwasserkanäle aus Asbestzement waren in der DIN 19850 erfasst. Sie wurden im Nennweitenbereich von DN 100 bis DN 1500 in zwei Rohrklassen hergestellt, in der Standardklasse A und in der schweren Klasse B. Kanalrohre wurden ohne Muffe mit glatten oder bearbeiteten Enden hergestellt. Zwischenzeitlich wurde die DIN 19850 im Februar 1991 um den Einsatz von Faserzement ergänzt. Im Januar 1992 wurde die bereits mehrmals überarbeitete Norm durch die neue europäische Norm DIN EN 588 abgelöst. Bis zum Verbot von Asbestzementrohren durften nach dieser Norm sowohl Rohre aus Asbestzement als auch aus Faserzement hergestellt und eingebaut werden. Die Rohre aus Asbestzement durften mit zwei Spitzenden oder mit einem Spitzende und einem Muffenende mit vorgeformter oder angeklebter Muffe gefertigt werden. Die Rohrenden konnten abgedreht oder unabgedreht sein [16,17,18,19,23,40].

Abflussrohre aus Asbestzement wurden in zwei Ausführungen produziert und waren in der DIN 19830 grundsätzlich genormt. Die Abflussrohre mit Muffe unterlagen der DIN 19831,

Abflussrohre ohne Muffe der DIN 19841. Die Entwürfe für diese Normen stammen aus dem Dezember 1958, fester Bestandteil der Normung wurden sie im März 1961. Im November 1982 wurde der Einsatz auf Faserzementrohre erweitert und die neue DIN 19840 "Faserzementrohre und Formstücke für Abwasserleitungen" herausgegeben. Auch diese Normen wurden im Laufe der Zeit mehrfach geändert. Teilweise werden die DIN 19830, DIN 19831 und DIN 19841 durch die neue europäische Norm DIN EN 588 ersetzt. Eine europäische Norm für Hausabflussleitungen ist momentan in Vorbereitung [15,23,40].

Zusätzlich zur konventionellen Bauweise wurden auch Vortriebsrohre aus Asbestzement in geschlossener Bauweise verlegt. Sie unterlagen in ihren Maßen, Lieferbedingungen und Prüfungen DIN 19800 und DIN 19850 sowie den Zulassungbescheiden Z 30.1-1 und Z 30.1-2 des Instituts für Bautechnik in Berlin. Die Regelbaulänge betrug 4 m und 5 m, im Nennweitenbereich bis DN 400 kamen auch Rohre mit einer Baulänge von 1 m zum Einsatz [48,49].

Tabelle 2.2: Liste der Normen zu Asbestzementrohren, zusammengestellt nach Informationen des Deutschen Instituts für Normung

Nr.	Ausgabedatum	Norm	Titel
1	Dez 54	DIN 19800-1 (Entwurf)	Nahtlose Asbestzement- Druckrohe; Maße
2	Jan 56	DIN 19800-1	Asbestzement- Druckrohe; Maße
3	Jan 56	DIN 19800-2	Asbestzement- Druckrohe; Technische Lieferbedingungen
4	Apr 56	DIN 19801 (Entwurf)	Asbestzement- Druckrohrleitungen für Trinkwasser außerhalb von Gebäuden; Richtlinien für Druckprüfungen (Innendruckprüfung)
5	Dez 56	DIN 19801	Asbestzement- Druckrohrleitungen für Wasser außerhalb von Gebäuden; Richtlinien für Druckprüfungen
6	Dez 58	DIN 19830 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke; Technische Lieferbedingungen
7	Dez 58	DIN 19831-1 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Rohre
8	Dez 58	DIN 19831-2 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Bogen
9	Dez 58	DIN 19831-3 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Abzweige, Doppelabzweige, Eckdoppelabzweige
10	Dez 58	DIN 19831-4 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Übergangrohre, -bogen, -abzweige
11	Dez 58	DIN 19831-5 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Sprungrohre
12	Dez 58	DIN 19831-6 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Verbindungsstücke
13	Dez 58	DIN 19831-7 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Klosettbogen, Parallerabzweige
14	Dez 58	DIN 19831-8 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Reinigungsrohre für Grund- und Falleitungen
15	Dez 58	DIN 19831-9 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Balkonabzweige
16	Dez 58	DIN 19841-1 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Rohre
17	Dez 58	DIN 19841-2 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Bogen
18	Dez 58	DIN 19841-3 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Abzweige, Doppelabzweige, Eckdoppelabzweige
19	Dez 58	DIN 19841-4 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Übergangrohre, -bogen
20	Dez 58	DIN 19841-5 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Sprungrohre
21	Dez 58	DIN 19841-6 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Reinigungsrohre für Grund- und Falleitungen
22	Mrz 61	DIN 19830	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke; Herstellung, Gütebestimmung, Prüfverfahren
23	Mrz 61	DIN 19831-1	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Rohre
24	Mrz 61	DIN 19831-2	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Bogen
25	Mrz 61	DIN 19831-3	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Abzweige, Doppelabzweige, Eckdoppelabzweige
26	Mrz 61	DIN 19831-4	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Übergangrohre, -bogen, -abzweige
27	Mrz 61	DIN 19831-5	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe; Sprungrohre
28	Mrz 61	DIN 19831-6	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Verbindungsstücke, Anschlußstücke, Muffenstopfen
29	Mrz 61	DIN 19831-7	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Klosettbogen, Parallerabzweige
30	Mrz 61	DIN 19831-8	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Reinigungsrohre für Grund- und Falleitungen
31	Mrz 61	DIN 19831-9	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit Muffe, Balkonabzweige
32	Mrz 61	DIN 19841-1	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Rohre
33	Mrz 61	DIN 19841-2	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Bogen
34	Mrz 61	DIN 19841-3	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Abzweige, Doppelabzweige, Eckdoppelabzweige
35	Mrz 61	DIN 19841-4	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Übergangrohre, -bogen
36	Mrz 61	DIN 19841-5	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Sprungrohre
37	Mrz 61	DIN 19841-6	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke ohne Muffe, Reinigungsrohre für Grund- und Falleitungen
38	Mrz 69	DIN 19850 (Entwurf)	Asbestzement- Rohre und Formstücke für Abwasserkanäle, Herstellung, Güteanforderung, Prüfung
39	Jun 69	DIN 2410-4 (Entwurf)	Rohre, Übersicht über Normen für Rohre aus Asbestzement

Fortsetzung

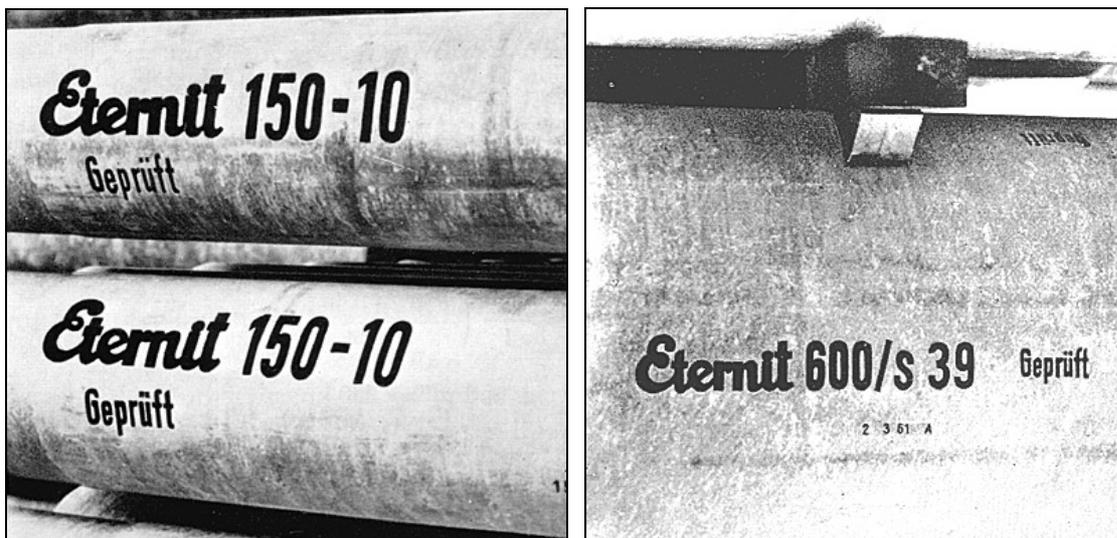
Nr.	Ausgabedatum	Norm	Titel
40	Jan 71	DIN 19850-1	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohre, Abzweige, Bogen, Maße, Technische Lieferbedingungen
41	Jul 71	DIN 19800-1 (Entwurf)	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohre Maße
42	Aug 71	DIN 19800-2 (Entwurf)	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke; Technische Lieferbedingungen
43	Jan 73	DIN 19800-1	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohre Maße
44	Jan 73	DIN 19800-2	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke; Technische Lieferbedingungen
45	Feb 77	DIN 2410-4 (Entwurf)	Rohre, Übersicht über Normen für Rohre aus Asbestzement
46	Aug 77	DIN 19800-3 (Entwurf)	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohrverbindungen, Maße
47	Feb 78	DIN 2410-4	Rohre, Übersicht über Normen für Rohre aus Asbestzement
48	Aug 78	DIN 19830	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke; Herstellung, Gütebestimmung, Prüfverfahren
49	Aug 78	DIN 19850-1	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohre, Abzweige, Bogen, Maße, Technische Lieferbedingungen
50	Mrz 79	DIN 19800-3	Asbestzementrohre und -formstücke für Druckrohrleitungen; Rohrverbindungen, Maße
51	Nov 80	DIN 19850-2 (Entwurf)	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohrverbindungen, Maße
52	Aug 81	DIN 19850-1	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohre, Abzweige, Bogen, Maße, Technische Lieferbedingungen
53	Apr 82	DIN 19850-2	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohrverbindungen, Maße
54	Jun 82	DIN 19850-2	Asbestzementrohre und -formstücke für Abwasserkanäle, Rohrverbindungen, Maße
55	Nov 82	DIN 19830 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke; Technische Lieferbedingungen
56	Apr 83	DIN 19841 (Entwurf)	Asbestzement- Abflußrohre und -Formstücke mit glatten Enden für Abwasserleitungen, Maße
57	Nov 84	DIN 19840-1 (Entwurf)	Faserzement- Abflußrohre und -Formstücke für Abwasserleitungen, Maße
58	Nov 84	DIN 19840-2 (Entwurf)	Faserzement- Abflußrohre und -Formstücke für Abwasserleitungen, Technische Lieferbedingungen
59	Mai 89	DIN 19840-1	Faserzement- Abflußrohre und -Formstücke für Abwasserleitungen, Maße
60	Mai 89	DIN 19840-2	Faserzement- Abflußrohre und -Formstücke für Abwasserleitungen, Technische Lieferbedingungen
61	Feb 91	DIN 19850-1	Faserzement- Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle, Rohre, Abzweige, Bogen, Maße, Technische Lieferbedingungen
62	Feb 91	DIN 19850-2	Faserzement- Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle, Rohrverbindungen, Maße
63	Sep 91	DIN EN 512	Faserzementprodukte; Druckrohre und Verbindungen
64	Jan 92	DIN EN 588-1	Faserzementrohre für Abwasserkanäle und -leitungen; Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke für Freispiegelleitungen
65	Jul 92	DIN 19850-1A1 (Entwurf)	Faserzement- Rohre und -Formstücke für Abwasserkanäle, Rohre, Abzweige, Bogen, Maße, Technische Lieferbedingungen, Änderung 1
66	Sep 93	DIN 2410-4 (Entwurf)	Rohre, Übersicht über Normen für Rohre aus Faserzement und Zubehör
67	Nov 94	DIN 2410-4	Übersicht über Normen für Rohre, Schächte u.a. aus Faserzement
68	Nov 94	DIN EN 512	Faserzementprodukte- Druckrohre und Verbindungen
69	Nov 95	DIN EN 588-2	Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle - Teil 2: Einsteig- und Inspektionsschächte
70	Nov 96	DIN 19850-1	Faserzementrohre und Formstücke für Abwasserkanäle - Teil 1: Maße von Rohren, Abzweigen und Bogen
71	Nov 96	DIN 19850-2	Faserzementrohre und Formstücke für Abwasserkanäle - Teil 2: Maße von Rohrverbindungen
72	Nov 96	DIN EN 588-1	Faserzementrohre für Abwasserleitungen und -kanäle - Teil 1: Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke für Freispiegelleitungen
73	Feb 02	DIN EN 512 A1	Faserzementprodukte- Druckrohre und Verbindungen; Änderung A1: 2001

DIN 19802 bis DIN 1980 Gußeiserne Formstücke für Asbestzement-Druckrohrleitungen

2.3 Kennzeichnung von Asbestzementrohren

Laut den vorliegenden Asbestzementrohrnormen des Deutschen Instituts für Normung mussten die Rohre dauerhaft und deutlich sichtbar gekennzeichnet werden. Die Normen geben keine Auskunft, an welcher Stelle des Rohres die Kennzeichnung anzubringen war. Sie kann deshalb an der äußeren und/oder inneren Rohrwand angebracht sein. Üblicherweise wurde die Kennzeichnung des Rohres nur an der äußeren Rohrwandung vorgenommen. Die Rohrkennzeichnung beinhaltet je nach Rohrtyp, Herstellungszeitpunkt und gültiger Norm verschiedene Angaben [13,14,15,16,17,18,19,22,23].

Druckrohre nach DIN 19800 vom Januar 1956 wurden mit Nenndruck, Nennweite, Herstellerzeichen und Prüfdatum versehen. Abweichend davon forderte die DIN 19800 vom Januar 1973 die Angabe des Herstellungs- statt des Prüfdatums und die Nennung der gültigen Norm "DIN 19800". Nach der europäischen Norm DIN EN 512 wird das Rohr nur auf Wunsch des Käufers mit der Nennweite gekennzeichnet. Zusätzlich muss die verwendete Faserart offengelegt werden. Das Zeichen AT steht für Asbest-Technologie mit Einsatz von Chrysotilfasern, das Zeichen NT für asbestfreie Technologie [13,14,22]. Abbildung 2.6 zeigt die Kennzeichnung eines Asbestzementdruckrohres nach DIN 19800 aus dem Jahre 1956.



a) Nennweite NW 150, Nenndruck ND 10

b) Großrohr Nennweite 600

Abbildung 2.6: Kennzeichnung von Asbestzementdruckrohren nach DIN 19800 Ausgabe 1956 [37]

Kanalrohre nach DIN 19850 vom Januar 1971 erhielten eine Kennzeichnung mit Rohrklasse A oder B, Nennweite, DIN 19850, Zeichen des Herstellers und Herstellungsdatum. Kurzlängen waren durch das Zeichen K kenntlich zu machen. Die Nachfolgenormen vom August 1981, vom Februar 1991 und vom November 1996 forderten die gleiche Kennzeichnung wie die Vorgängernorm. In der Norm vom Februar 1991 wurden sowohl Asbest- als auch andere Fasern bis zum Ende der Übergangsfrist 1993 zur Herstellung zugelassen. Die Kennzeich-

nung nach dieser Norm musste keine Angabe der Faserart (AT/NT) enthalten. Laut der parallel zur DIN 19850 gültigen europäischen Norm DIN EN 588 aus dem Jahre 1996 muss die Kennzeichnung die zuständige Norm "EN 588", die Nennweite, das Herstellerzeichen, das Datum der Herstellung, die Klasse, die Serie S falls zutreffend, das Überwachungskennzeichen falls zutreffend und das Zeichen AT bzw. NT für die Faserart beinhalten [16,17,18,19,23]. In Abbildung 2.7 ist die Kennzeichnung eines Faserzementrohres dargestellt. Es ist der 21.09.1998 als Herstellungsdatum, die Norm EN 588 und die Faserart NT erkennbar.

Die Norm DIN 19840 "Faserzement-Rohre und -Formstücke für Abwasserleitungen" vom Mai 1989 für Abflussrohre aus Asbestzement forderte die Angabe der Nennweite, der DIN 19840, des Herstellerzeichens und gegebenenfalls des DIN-Prüf- und Überwachungszeichens mit Registernummer und des Gütezeichens. Die Kennzeichnung musste als Stempelabdruck mit wetterbeständiger Farbe einmal je laufender Meter angebracht sein. Eine Angabe der Faserart war nach dieser Norm nicht erforderlich [15].



Abbildung 2.7 : Kennzeichnung eines Faserzementrohres nach DIN EN 588 (I)

2.4 Rohrschutz für Asbestzementrohre

Die erste Norm für Asbestzementdruckrohre DIN 19800 vom Januar 1956 schrieb noch keinen Rohrschutz vor. Dieser konnte auf Wunsch des Käufers vertraglich mit dem Hersteller vereinbart werden. Laut den anderen vorliegenden Normen mussten Druckrohre für Leitungen, die Kontakt mit angreifenden Wässern oder Böden haben, entsprechend widerstandsfähig hergestellt oder durch einen Überzug geschützt sein. Der Schutzüberzug konnte kalt oder warm aufgetragen werden, musste fest haften und durfte nicht wasserlöslich sein. Der innere Schutzüberzug durfte die strömungstechnischen Eigenschaften der Rohre nicht mindern. Die Notwendigkeit eines Rohrschutzes wurde im allgemeinen anhand der DIN 4030

"Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase" entschieden. Schutzanstriche bestanden je nach Grad der Aggressivität aus einer oder zwei Schichten, wobei jede Schicht eine Dicke von mindestens 50 µm haben musste [13,14,22].

Kanalrohre aus Asbestzement wurden im allgemeinen ebenso wie Druckrohre entsprechend der vorliegenden Normen mit einem äußeren Rohrschutz versehen. Zusätzlich ist ein innerer Rohrschutz für Schmutz- und Mischwasserkanäle vorgeschrieben. Regenwasserkanäle waren nur in Sonderfällen mit einem inneren Rohrschutz auszurüsten. In DIN 19850 vom November 1996 für Faserzement-Rohre wird kein Rohrschutz gefordert. Die parallel gültige DIN EN 588 räumt die Möglichkeit eines Rohrschutzes für besondere zwischen Hersteller und Käufer vereinbarte Betriebsbedingungen ein. Der Rohrschutz ist nach dieser Norm nicht zwingend erforderlich [16,17,18,19,23].

Auch Abflussrohre nach DIN 19840 vom Mai 1989 mussten mit einem inneren und äußeren Rohrschutz ausgestattet werden [15].

Asbestzementrohre ohne Rohrschutz sind grau. Als Materialien für den inneren und äußeren Rohrschutz kamen Bitumenlösungen, Kunststoffanstriche, Epoxidharzanstriche und Steinkohlenteerpechlösungen in Frage [37,38]. Bitumenlösungen und Steinkohlenteerpechlösungen sind schwarz, Epoxidharzanstriche sind im allgemeinen grau. Abbildung 2.8 zeigt Asbestzementrohre mit und ohne Rohrschutz. Es kamen aber auch rote Schutzanstriche zur Anwendung (III). Kunststoffanstriche wurden wegen der hohen Kosten nur sehr selten eingesetzt. Außerdem kann eine gewollte, korrosionsvermindernde Schutzschichtbildung im Rohr durch Zugabe bestimmter Inhaltsstoffe (Inhibitoren) ins Abwasser ausgelöst werden. Ebenso bestand die Möglichkeit, durch Anwendung von sulfatbeständigem Zement, die Widerstandsfähigkeit des Rohrmaterials zu erhöhen [37,38].

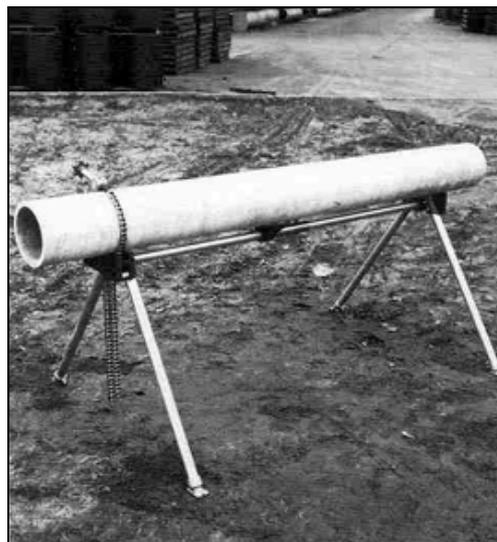
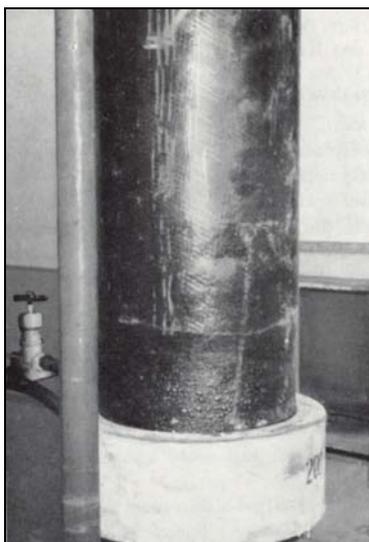


Abbildung 2.8: Asbestzementrohr mit [37] und ohne Rohrschutz [31]

2.5 Rohrverbindungen für Asbestzementrohre

Eine Rohrleitung besteht aus einzelnen Rohren, die durch eine Rohrverbindung zusammengehalten und abgedichtet wird. Die nach dem Mazza-Verfahren hergestellten, glattschäftigen Druck- und Kanalrohre wurden mit einem aus einer Hülsmuffe bestehenden Verbindungselement zusammengefügt. Die erste gummigedichtete Überschiebemuffe für Asbestzementrohre war die in Italien entwickelte Simplex-Kupplung. Aufbauend auf dem Prinzip der Simplex-Kupplung wurden viele weitere Verbindungsarten entworfen [37,38].

Große Verbreitung hat besonders die Reka-Kupplung gefunden. Die Rohrverbindungen, die sich ebenso in der praktischen Anwendung durchgesetzt haben, sind die Gibault- und die Flanschkupplung. Die anderen für Asbestzementdruckrohre entwickelten Rohrverbindungen wie die Super-Simplex-, die Triplex-, die Self-Tite-, die Komet-, die Himanit-, die TC- und die Magnani- Kupplung konnten sich nicht auf dem Markt behaupten [37,38].

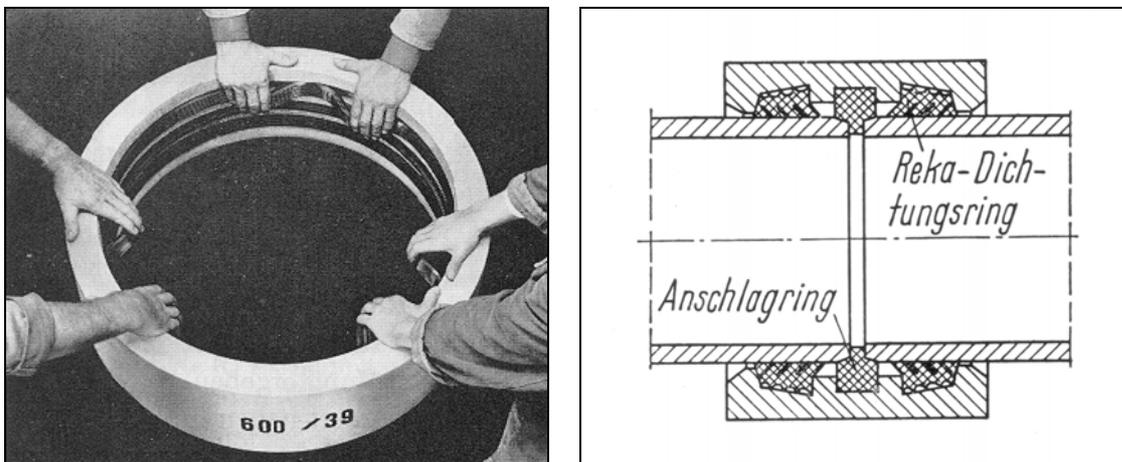


Abbildung 2.9: Reka-Kupplung für Asbestzementdruckrohre [37]

Die Reka-Kupplung beruht auf der Idee der Gleitgummidichtung und besteht aus einer Kombination aus selbstdichtendem Lippenprofil und Keildichtungsprinzip. Dieser Kupplungstyp wurde von Karl Rescheneder aus der Simplex-Kupplung entwickelt [37,38]. Die Reka-Kupplung besteht aus einer Asbestzementhülse mit zwei konischen Kammern, in die Gummidichtungsringe eingelegt wurden [31] (vgl. Abbildung 2.9). Um die Passgenauigkeit der Rohrverbindung zu gewährleisten, war eine Bearbeitung der Rohrenden erforderlich. Die Rohrenden wurden dazu auf eine festgelegte Wanddicke abgedreht [37,38].

Um besonderen Anforderungen gerecht zu werden, wurden Spezialkupplungen entwickelt. Die Reka-Langkupplung ist in der Lage, Längenänderungen in axialer Richtung aufzunehmen. Die Reka-Übergangskupplung ermöglichte die Verbindung von Rohren mit unterschiedlichen Wanddicken und aus unterschiedlichem Material. Die Reka-Reduzierkupplung erlaubte für kleinere Nennweiten bis DN 200 eine Reduzierung des Querschnitts um eine Nennweitenstufe. Die Reka-Anbohrkupplung war für das Einbinden von Hausanschlussleitungen und

anderen Zuläufen geeignet. Die Herstellung von Leitungen mit Abwinkelungen konnte durch den Einsatz der Reka-Winkelkupplung erreicht werden. Für die Herstellung von zugfesten Rohrverbindungen, die auch Kräfte in Längsrichtung des Rohres übertragen können, kam die Z-O-K-Kupplung zur Anwendung [37,38]. Abbildung 2.10 zeigt die Spezialformen der Reka-Kupplung.

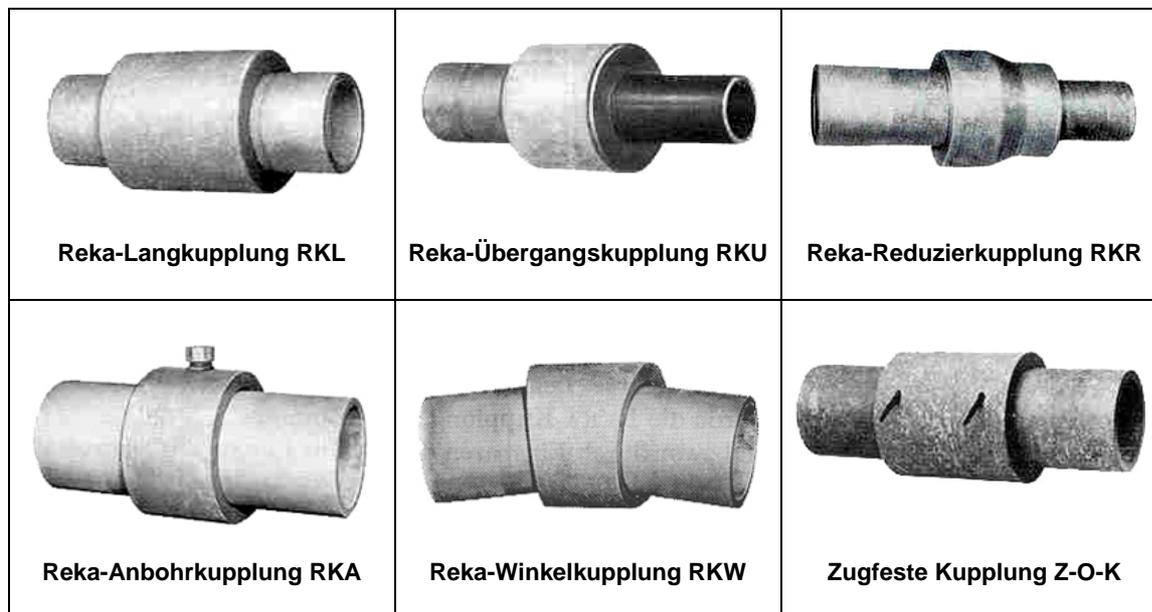


Abbildung 2.10: Spezialformen der Reka-Kupplung [37,38]

Wie bei den Druckrohren hatte sich auch für Freispiegelleitungen überwiegend die Reka-Kupplung durchgesetzt. Sie wurde sowohl für die Verbindung von drucklosen Kanalrohren als auch von Abflussrohren eingesetzt. Um den Einbau bei Freispiegelleitungen zu erleichtern, wurde die Reka-Kupplung modifiziert. Für den Einsatz der Kupplungen bei Kanalrohren wurde das Profil der Gummidichtung verändert und die Dichtlippen verlängert. Es gibt zwei Typen der weiterentwickelten Reka-Kupplung. Die RKG-Kupplung ermöglichte die Verbindung von unkalibrierten Kanalrohren. Die RKK-Kupplung wurde zum Verbinden von Rohren mit kalibrierten, also abgedrehten Rohrenden verwendet [31,37,38].

Für Kanalrohre wurden ebenso Spezialausführungen der RKG- und RKK-Kupplung entwickelt wie für Druckrohre. Die Spezialausführungen sind analog zur Reka-Kupplung die Übergangskupplung, die Langkupplung, die Reduzierkupplung und die zugfeste Kupplung. Die Sonderformen wurden sowohl für kalibrierte als auch für unkalibrierte Rohre hergestellt. Die Bezeichnung beginnt entweder mit RKG oder RKK. Das folgende Zeichen gibt den Typ der Rohrverbindung an [31,37,38].

Als Rohrverbindungen für Abflussrohre kamen ebenfalls die für Kanalrohre vorgestellten Rohrverbindungen in Frage. Im Gegensatz zu Druck- und Kanalrohren wurden Abflussrohre auch mit aufgeklebter Muffe hergestellt. Die Verbindung der Rohre erfolgte über Spitzende und Muffe [37,38].

Für Vortriebsrohre aus Asbestzement wurden Rohrverbindungen eingesetzt, die die Übertragung der während des Einbaus wirkenden Kräfte ermöglichten [48,49]. Abbildung 2.11 und Abbildung 2.12 zeigen gängige Varianten für die Verbindung von Vortriebsrohren.

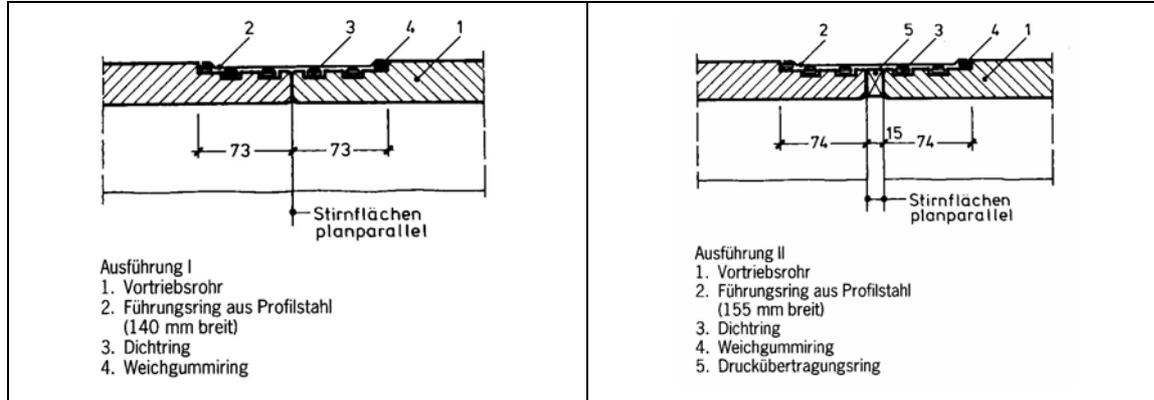


Abbildung 2.11: Rohrverbindungen mit Edelstahlführungsring für Asbestzementvortriebsrohre [49]

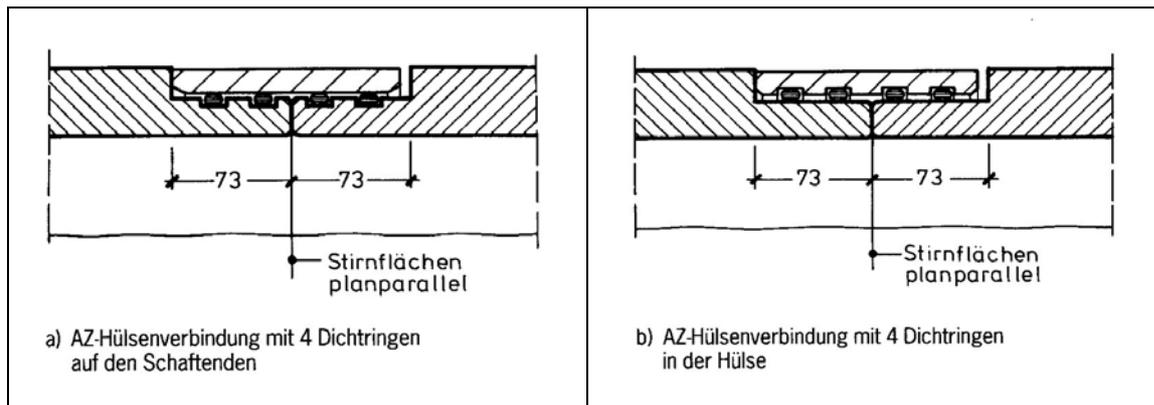


Abbildung 2.12: Rohrverbindungen mit AZ-Hülse als Führungsring für AZ-Vortriebsrohre [49]

2.6 Formstücke für Asbestzementrohre

Formstücke sind Teile, mit denen in einer Rohrleitung Verzweigungen, Kreuzungen, Richtungsänderungen und Leitungsabschlüsse hergestellt werden können. Für Asbestzementdruckrohre kamen im allgemeinen Formstücke aus Guss zum Einsatz (vgl. Abbildung 2.13). Die Formstücke waren in der DIN 19802 bis DIN 19808 genormt. Im geringen Umfang wurden mit zunehmendem Durchmesser auch Formstücke aus Stahl verwendet. Für Bögen in Druckrohrleitungen wurden auch Asbestzementbögen eingesetzt [37,38].



Abbildung 2.13: Formstücke aus Guss für Asbestzementdruckrohrleitungen [38]

Für Kanalrohre konnten wegen der geringeren Beanspruchung im Gegensatz zu Druckrohren auch Formstücke aus Asbestzement eingesetzt werden (vgl. Abbildung 2.14). Für die Einbindung von Hausanschlussleitungen wurden Abzweige, Sattelstutzen und Abzweigstutzen verwendet. Für Richtungswechsel standen Bogen aus Asbestzement mit verschiedenen Winkeln zur Verfügung [37,38].

Die Kennzeichnung der Rohrverbindungen und Formstücke für Asbestzementdruckrohre ist nicht einheitlich. Die DIN 19800 vom Januar 1956 machte keine Angaben zur Kennzeichnung der Rohrverbindungen und Formstücke. Die Ausgabe vom Januar 1973 dagegen forderte für Rohrverbindungen und Formstücke die Angabe der Nennweite, des Nenndrucks, der DIN 19800 und des Herstellerzeichens. Die DIN EN 512 vom November 1994 macht zur Kennzeichnung von Formstücken keine Angaben. Für Rohrverbindungen umfasst die Kennzeichnung die Nennweite, wenn gewünscht, Nenndruck, Herstellerzeichen und Produkttyp AT bzw. NT [13,14,22].

Die Kennzeichnungen von Rohrverbindungen und Formstücken aus Asbestzement für Kanalrohre variieren in Abhängigkeit der zum Zeitpunkt der Herstellung gültigen Norm. Die verschiedenen Ausgaben der DIN 19850 vom August 1981, Februar 1991 und November 1996 forderten die Angabe der Rohrklasse, der Nennweite, der DIN 19850 und des Herstellerzeichens sowohl für Rohrverbindungen als auch für Formstücke. Die Ausgabe vom Januar 1971 machte keine Angaben zur Kennzeichnung von Rohrverbindungen. Für Formstücke entspricht die Kennzeichnung den Vorgaben der anderen Ausgaben. Die DIN EN 588 vom November 1996 verlangt die Kennzeichnung der Rohrverbindungen und Formstücke mit "EN

588", Nennweite, Herstellerzeichen, Herstellungsdatum, Klasse und Produkttyp [16,17,18,19,23]. Die DIN 19840 vom Mai 1989 für Abwasserleitungen aus Asbestzement forderte nur für Formstücke die Angabe der Nennweite, der DIN 19840, des Herstellerzeichens, bei Bögen der Gradzahl und gegebenenfalls des DIN-Prüf- und Überwachungszeichens mit Registernummer und des Gütezeichens [15].

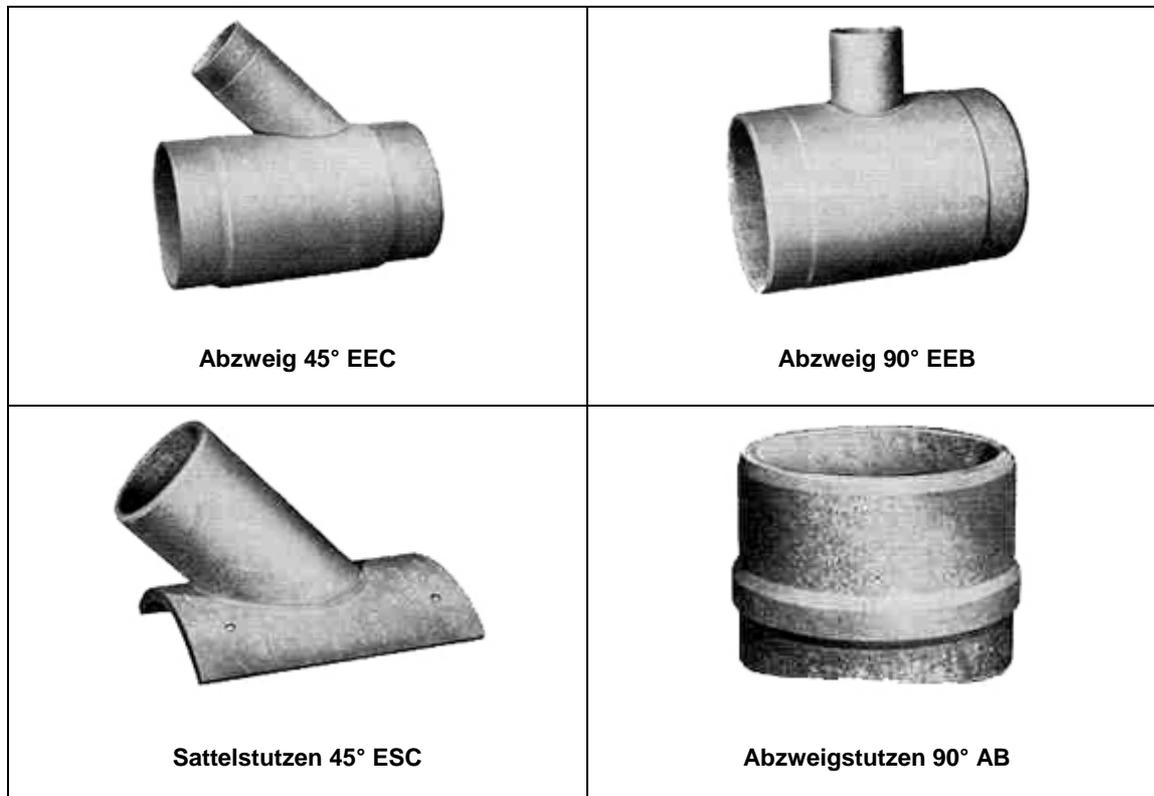


Abbildung 2.14: Formstücke aus Asbestzement für Kanalrohre [38]

Im Vergleich mit den anderen Normen zu Asbestzementrohren ist nur in der DIN EN 588 die Kennzeichnung mit dem Herstellungsdatum gefordert. Die anderen Normen sahen dies nicht vor [13,14,15,16,17,18,19,22,23].

3 Analyse der Betriebsprozesse des Kanalbetriebs

Tabelle 3.1: Zusammenstellung und Bewertung der Kanalbetriebsprozesse (Grobeinschätzung auf Literaturbasis, keine Messwerte!)

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Reinigung									
Schwallspülung (drucklos) mit fest eingebauten Absperrorganen	im Kanal	kein Personal erforderlich	durch erhöhte Fließgeschwindigkeit	im Wasser	—	—	¹ gegen null	—	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Schwallspülung (drucklos) mit mobilen Absperrorganen	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal bzw. Schacht	durch erhöhte Fließgeschwindigkeit	im Wasser, am Reinigungsgerät, in der Luft, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Stauspülung (drucklos) mit automatischem Einbringen der Geräte	im Kanal	kein Personal erforderlich	durch erhöhte Fließgeschwindigkeit und Reibung	im Wasser, am Reinigungsgerät, in der Luft	—	—	¹ gegen null	—	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Stauspülung (drucklos) mit manuellem	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der	durch erhöhte Fließgeschwindigkeit und Reibung	im Wasser, am Reinigungsgerät, in der Luft, an	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt, ohne besondere Sicherheits-

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] 4BK-Report [6] 5Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Einbringen der Geräte		Geräte im Kanal/ Schacht	bung	der Kleidung					maßnahmen
Hochdruck-Spülverfahren	im Kanal	außerhalb des Kanals, am offenen Schacht, beim Einbringen der Geräte im Schacht bzw. Kanal	durch hohen Druck des Wasserstrahls, durch erhöhte Fließgeschwindigkeit, durch Schlagen der Düse, durch Reibung des Schlauchs an der Sohle	im Sauggut, im Wasser, im Aerosol, am Reinigungsgerät, an der Kleidung, in der Luft	mit der Atemluft, Einatmen des Aerosols	—	² 500.000 F/m ³	III	nach GefStoffV erlaubt unter Einsatz besonderer Sicherheitsmaßnahmen, z.B. persönlicher Sicherheitsausrüstung
Manuelle Reinigung mit Hilfsmitteln	im Kanal	im Kanal, Arbeit von Hand	durch Energiezufuhr in Form von Hacken, Schleifen etc.	in der Luft, im Wasser, an der Kleidung, an den Geräten	mit der Atemluft	—	³ Sandstrahlen > 10 ⁸ F/m ³ , Trockenbürsten > 10 ⁶ F/m ³ , Nassbürsten 4*10 ⁵ F/m ³ , Schleifen 9*10 ⁶ F/m ³	III	nach GefStoffV erlaubt unter Einsatz besonderer Sicherheitsmaßnahmen, z.B. persönlicher Sicherheitsausrüstung
Reinigung mit Reinigungsgeräten wie Kanalspiralen,	im Kanal	beim Aufbau im Schacht, außerhalb bei Reinigung, im Schacht	durch Aufbringen von Energie auf die Rohrwand	in der Luft, im Wasser, am Gerät, im Reinigungsgut, an der	mit der Atemluft	—	³ über 150.000 F/m ³ , Nassbür-	II oder III	nach GefStoffV erlaubt unter Einsatz besonderer Sicher-

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Lockerungsketten etc.		beim Entfernen des Reinigungsgutes und der Geräte		Kleidung			ten 400.000 F/m ³		heftsmaßnahmen, z.B. persönlicher Sicherheitsausrüstung
Molche in Druckleitungen z. B. Polly-Molch	im Kanal	außerhalb des Kanals bei Reinigung, im Kanal beim Einbringen und Bergen der Geräte	durch Reibungsenergie an der Rohrwand	im Sauggut, im Wasser, am Reinigungsgerät, in der Luft, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	nicht eindeutig geklärt, eher erlaubt
Reinigung mit Spezialgeräten wie schlagende Bohr- bzw. Fräs-, Schneid- und Sandstrahlgeräte (Meißel, Kettschleuderkopf etc.)	im Kanal	außerhalb des Kanals bei Reinigung, im Kanal bzw. Schacht beim Einbringen und Bergen der Geräte	durch Aufbringen von mechanischer Energie auf die Rohrwand durch Sand, Wasser, Ketten, Meißel, Bohrer, Fräsen	im Wasser, im Aerosol, am Gerät, in der Luft, an der Kleidung	mit der Atemluft, Einatmen des Aerosols	—	² mind. 500.000 F/m ³ , wenn nicht 1.500.000 F/m ³	III	nach GefStoffV erlaubt unter Einsatz besonderer Sicherheitsmaßnahmen, z.B. persönlicher Sicherheitsausrüstung
Erhöhung der Fließgeschwindigkeit durch Zugabe von Luft oder Polymeren in das Abwasser (drucklos)	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal/Schacht	durch Erhöhung der Fließgeschwindigkeit	im Wasser	—	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Chemische Reinigungsverfahren (drucklos)	im Kanal	außerhalb des Kanals	Auflösen der Zementmatrix	im Wasser	—	—	¹ gegen null	I	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Biologische Reinigungsverfahren (drucklos)	im Kanal	außerhalb des Kanals	Auflösen der Zementmatrix	im Wasser	—	—	¹ gegen null	I	erlaubt, ohne besondere Sicherheitsmaßnahmen
Inspektion									
Bauliche Untersuchung									
Außeninspektion									
Begehung der Leitungstrasse	außerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals	—	—	—	—	—	—	erlaubt
Seismik (Exploration)									
Reflexion									
Refraktion									
Seismische Tomographie									
Luftschallseismik									
Magnetik									

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Elektromagnetik Geoelektrik Georadar Schürfe Bohrungen Sondierungen									
Freilegung der Leitung	Arbeiten im Erdreich, außerhalb des Kanals	in Baugrube, außerhalb des Kanals	durch mechanische Einwirkung (Beschädigung)	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Inneninspektion									
Begehen / Befahren	im Kanal	im Kanal bei begehbaren Querschnitten, sonst außerhalb	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand	in der Luft, im Wasser, an der Kleidung	über die Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Endoskopie, manuell	im Kanal	im Kanal, Bohrung im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand und bei	in der Luft, im Wasser, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000	⁴ Unter 150.000 F/m ³	II	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
			Bohrung			F/m ³			
Endoskopie per Roboter	im Kanal	Beim Einbringen der Geräte, sonst Abstand, Bohrung im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand und bei Bohrung	in der Luft, im Wasser, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} Unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Kanalspiegelung	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal / Schacht	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand	in der Luft, im Wasser, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Kanalfernsehen	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal	durch Reibung der Geräte an der Rohrwandung, Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand	in der Luft, im Wasser, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Bestimmung der Ablagehöhen mit Verfahren der Vermessungskunde	im Kanal	im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand, durch Reibung der Geräte an der Wand	in der Luft, im Wasser, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Bestimmung der Ablage- rungshöhe mit der Dükerver- messungsein- heit	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen der Geräte im Kan- al	durch Reibung der Geräte an der Rohrwand, Faserabgabe bei Ober- fläche im stark verwitterten Zu- stand	im Wasser, in der Luft	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwit- terung	I	erlaubt
Bestimmung der Lageabwei- chung mit Ver- fahren der Vermessung	im Kanal	im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand, durch Reibung der Ge- räte an der Wand	im Wasser, in der Luft	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwit- terung	I	erlaubt
Bestimmung der Lageabwei- chung mit <ul style="list-style-type: none"> • Inklinome- ter • druckmes- sender Schlauch- waage • Laser 	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen der Geräte im Kan- al	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwit- terung	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Profilmessung mit <ul style="list-style-type: none"> • Verfahren der Vermessung • 3D-Laser-Scan-System 	im Kanal	im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand	im Wasser, in der Luft	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Profilmessung mit <ul style="list-style-type: none"> • Kalibermessgeräten • optisch-elektrischen Verfahren • Lasermessgeräten • Echolot-Scanner 	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen der Geräte im Kanal	Faserabgabe bei Oberfläche im stark verwitterten Zustand, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Baugrunderkundung mit	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen der	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche,	im Wasser, in der Luft, am Gerät,	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD	⁵ 400 F/m ³ bei Verwit-	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
<ul style="list-style-type: none"> geophysikalischen Verfahren (Impuls-Echo-Georadar) Belastungsversuch (MAC) 		Geräte im Kanal	durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	an der Kleidung		500.000 F/m ³	terung		
Multisensorische Kanalinspektion mit Robotern (KARO, PIRAT, SSET, Sonomolch)	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen der Geräte im Kanal	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Hydraulische Untersuchungen									
Hydraulische Untersuchung mit Abflussmessung ohne Querschnittseinengung (Fließformel, volumetrische Messung, v/A-	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Verfahren, SIMK- Verfahren, Tracer-Verfahren)									
Hydraulische Untersuchung mit Abflussmessung mit Querschnittseinengung (Messwehr, Venturi-Kanal)	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Hydraulische Untersuchung mit Fließtiefenmessung mit Drucksensoren	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Hydraulische Untersuchung mit Fließtiefenmessung mit Ultraschall-Echolot	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Hydraulische Untersuchung mit direkter Fließgeschwin-	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
digkeitsmessung (MID)			der Geräte an der Rohrwand						
Hydraulische Untersuchung mit lokaler Fließgeschwindigkeitsmessung (MID, Messflügel, Sensoren)	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Hydraulische Untersuchung mit Fließtiefen- und Geschwindigkeitsmessung (Ultraschall- Doppler- oder Fließgeschwindigkeitssensor)	im Kanal	im Kanal, im Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Umweltrelevante Untersuchungen									
Prüfung der Wasserdichtigkeit mit • Wasser-	im Kanal	beim Einbringen der Geräte im Kanal, sonst außerhalb	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ Unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
<ul style="list-style-type: none"> Luftüberdruck Luftunterdruck 			der Rohrwand						
Muffenprüfung	im Kanal	im Kanal, im begehbaren Bereich	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ Unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Prüfung örtlicher Schadensbereiche	im Kanal	im Kanal	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ Unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Schachtprüfung	im Schacht	im Schacht	nur wenn Schacht aus AZ: Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ Unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Infiltrationsprüfung	im Kanal	im Kanal	Faserabgabe bei stark verwitterter	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwit-	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
			Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand				terung		
Rauchtest	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Rauchbomben und der Absperriblase im Kanal	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Leckortung mit Verfahren der Akustik Elektrik Infrarotthermographie	im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche, durch Reibung der Geräte an der Rohrwand	im Wasser, in der Luft, am Gerät	mit der Atemluft, im Wasser	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Sonderleistungen									
Schädlingsbekämpfung	Im Kanal	Im Kanal / Schacht	Faserabgabe bei stark verwitterter Oberfläche	im Wasser, in der Luft		—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Reparatur									
Ausbesserungsverfahren									

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Höhenregulierung von Schachtabdeckungen ohne Ausbau	außen am Schacht	außerhalb des Kanals	nur wenn Schacht aus AZ	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Höhenregulierung von Schachtabdeckungen mit Ausbau	außen am Schacht	außerhalb des Kanals	nur wenn Schacht aus AZ	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	¹ unter 150.000 F/m ³	II	erlaubt
Ersatz von Steighilfen	im Schacht	im Schacht	nur wenn Schacht aus AZ: beim Bohren	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung der Schachtwand	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Ausbessern von Fehlstellen im Schacht	im Schacht	im Schacht	nur wenn Schacht aus AZ, beim Bearbeiten der Oberfläche	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Ersatz einzelner Rohre in offener Bauweise	außerhalb des Rohres in der Baugrube	außerhalb des Rohres in der Baugrube	beim Abtrennen des defekten Rohrstückes	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	II	erlaubt
Ersatz einzelner	außerhalb	außerhalb des	beim Abtrennen	in der Luft, am	mit der Atemluft	—	BIA-	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Rohre in offener Bauweise im Halbschalenverfahren	des Rohres in der Baugrube	Rohres in der Baugrube	des defekten Rohrstückes	Arbeitsgerät, an der Kleidung			Verfahren unter 15.000 F/m ³		
Ersatz einzelner Rohre in offener Bauweise mit Rohrknacken	außerhalb des Rohres in der Baugrube	außerhalb des Rohres in der Baugrube	beim Abtrennen des defekten Rohrstückes	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	BIA-Verfahren unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Ersatz einzelner Rohre in offener Bauweise im Sägeverfahren	außerhalb des Rohres in der Baugrube	außerhalb des Rohres in der Baugrube	beim Abtrennen des defekten Rohrstückes	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	BIA-Verfahren unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Bohrung für einen neuen Anschlussstutzen	bei offener Bauweise in der Baugrube	in der Baugrube	beim Bohren	in der Luft	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II	erlaubt
Bohrung für einen neuen Anschlussstutzen im Anbohrverfahren	bei offener Bauweise in der Baugrube	in der Baugrube	beim Bohren	in der Luft	mit der Atemluft	—	BIA-Verfahren unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Nachträgliches Einsetzen eines	bei offener Bauweise in der	in der Baugrube	bei Abtrennen des defekten Rohrstücks mit	in der Luft	mit der Atemluft	—	^{1,4} unter 150.000	II oder III	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Abzweiges	Baugrube		Werkzeugen				F/m ³		
Ausbesserung von Fehlstellen durch Mörtel im Kanal per Hand	innerhalb des Rohres	innerhalb des Kanals	bei der Vorbereitung der Oberfläche, bei stark verwitterter Oberfläche	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Stabilisierung begehbare Kanäle mit Hilfe von Spannringen	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei stark verwitterter Oberfläche, durch Abrieb beim Setzen der Spannringe	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Ausbesserung nichtbegehbare Kanäle durch Roboter (KA-TE, Sika Robot, kanaltec EL 300, KAS-RO, PEKA-Tech, ROBBY-Tech, PRIMO)	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, beim Einsetzen des Roboters in den Kanal, ansonsten Abstand	beim Bohren, Fräsen, Spachteln, bei stark verwitterter Oberfläche	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im Abwasser	mit der Atemluft, im Wasser	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Injektionsverfahren									
Injektion von innen mit Robotern	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, innerhalb beim Einbringen der Geräte, an-	bei stark verwittertem Kanal, durch Reibung der Geräte, bei Boh-	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung, im	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000	^{1,4} unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
		sonsten Abstand	rung	Abwasser		F/m ³			
Injektion von außen	außerhalb des Kanals, Kamera und Packer im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal	durch Reibung der Geräte, bei stark verwitterter Oberfläche	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung, im Abwasser	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Injektion von innen bei begehbarem Querschnitt	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei der Vorbereitung der Wand, beim Einbringen des Arbeitsgeräts in den Kanal	in der Luft, an der Kleidung, am Arbeitsgerät	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Injektion von innen bei nicht-begehbarem Querschnitt	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, innerhalb beim Einbringen des Arbeitsgeräts	bei den Vorarbeiten, beim Einbringen des Arbeitsgeräts	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Injektion von Rohrverbindungen bei begehbarem Querschnitt (Posatryn-, Seali-Tryn-, TelegROUT-, Cherne-, MUSA-, Janssen-Abwasser- Sanierung-, Preß-	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei der Vorbereitung der Wand, beim Einbringen des Arbeitsgeräts in den Kanal	in der Luft, an der Kleidung, am Arbeitsgerät	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Lining-Verfahren)									
Injektion von Anschlusskanälen und -einbindungen (Lateral Sealing System)	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, innerhalb beim Einbringen des Arbeitsgeräts	bei den Vorarbeiten, beim Einbringen des Arbeitsgeräts	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ oder Abfräsen	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Abdichten von Kanälen mittels Flutungsverfahren	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, am Schacht	stark verwitterter Kanal	in der Luft an der Kleidung	mit der Atemluft	eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Jet-Grouting-Verfahren (Soilcrete-, Rodinjet-, Terrajet-, Hochdruckinjektions-, Hochdruckbodenvermörtelungsverfahren)	außerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal	—	—	—	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Scope-Verfahren zur unterirdischen Korrektur von Lageabweichungen	außerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, Absperrblase im Kanal	beim Einbringen der Geräte in den Kanal	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
chungen									
Soil-Fracturing-Verfahren zur Stabilisierung und Verfestigung	außerhalb des Kanals, Packer im Kanal	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte in den Kanal	beim Einbringen der Geräte	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	⁵ 400 F/m ³ bei Verwitterung	I	erlaubt
Abdichtungsverfahren									
Abdichtungen von außen mit Schrumpfschläuchen	außerhalb des Kanals in der Baugrube	außerhalb des Kanals in der Baugrube	bei der Vorreinigung, bei stark verwittertem Kanal	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung des Rohres mit Schwamm,	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Abdichtung von außen mit Außenmanschetten	außerhalb des Kanals in der Baugrube	außerhalb des Kanals in der Baugrube	bei der Vorreinigung, bei starker Verwitterung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung des Rohres mit Schwamm,	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Abdichtung von innen durch Oberflächenbehandlung (wie bei Beton)	innerhalb des Kanals	bei begehbaren Kanälen innerhalb des Kanals, sonst außerhalb	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät, im Abwasser	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	I	erlaubt
Abdichtung der Rohrverbindungen von innen mit Abdichtungstoffen (Fermadur-, Hydrotite-	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei der Vorreinigung, bei starker Verwitterung des Kanals	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät, im Abwasser	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	Verbot von HD nach TRGS 519

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Verfahren)									
Abdichtungen von innen mittels Innenmanschette (Kurzschlauch-Verfahren: PART-LINER)	innerhalb des Kanals	bei begehbaren Kanälen innerhalb des Kanals sonst außerhalb	bei der Vorreinigung mit HD, bei starker Verwitterung des Kanals	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät, im Abwasser	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	Verbot von HD nach TRGS 519
Abdichtungen von innen mittels Innenmanschette (Quick-LockV4A-Liner, Snap-Lock-System, Link-Pipe, RIVA)	innerhalb des Kanals	bei begehbaren Kanälen innerhalb des Kanals sonst außerhalb, Packer im Kanal	bei der Vorreinigung mit HD, bei starker Verwitterung des Kanals, beim Einbringen der Geräte	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät, im Abwasser	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	Verbot von HD nach TRGS 519
Abdichtungen von innen mittels Elastomer-manschette (Weco-Seal-, Amex 10-Verfahren)	innerhalb des Kanals	bei begehbaren Kanälen innerhalb des Kanals sonst außerhalb, Packer im Kanal	bei der Vorreinigung durch Abwischen, bei starker Verwitterung des Kanals, beim Einbringen der Geräte	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät, im Abwasser	mit der Atemluft	Reinigung des Rohres mit Schwamm, eventuell Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	Verbot von HD nach TRGS 519
Renovierung									

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Beschichtungsverfahren									
Auspressverfahren in begehbaren Kanälen (Kanalsanierungssystem PORR)	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Fräsen ca. 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auspressverfahren in nicht-begehbaren Kanälen	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, am Schacht, beim Einbringen der Geräte	bei stark verwittertem Kanal, beim Einbringen der Geräte	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Fräsen ca. 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Verdrängungsverfahren (Tate-, Siment-Verfahren)	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, am Schacht, im Kanal beim Einbringen der Geräte	durch Reibung der Geräte, bei starker Verwitterung des Kanals	in der Luft, am Gerät, an der Kleidung	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Fräsen ca. 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Aufspritzverfahren per Hand	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei der Vorbehandlung, bei stark verwittertem Kanal	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Aufspritzverfahren (Faserrückverankertes Beschichtungssystem)	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Aufspritzverfahren (Ruswroe-System)	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei der Vorbehandlung, bei stark verwittertem Kanal	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Aufspritzverfahren maschinell (Preload-Verfahren, SBS-Molch)	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals, beim Einbringen der Geräte im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Anschleuderverfahren in begehbarem Bereich	innerhalb des Kanals	innerhalb des Kanals	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Anschleuderverfahren in nichtbegehbarem Bereich (Centriline)	innerhalb des Kanals	außerhalb des Kanals oder der Baugrube, beim Einbringen der Geräte im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³	^{1,4} unter 15.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Auskleidung mit	außerhalb	außerhalb des	bei stark verwit-	in der Luft, an	mit der Atemluft	Reinigung mit HD	¹ unter	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Rohren im konventionellen Rohrstrangverfahren im begehbaren Bereich	des Kanals in der Baugrube	Kanals in der Baugrube, beim Einbringen der Geräte im Kanals	tertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	der Kleidung, am Geräte		500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	15.000 F/m ³		
Auskleidung mit Rohren im konventionellen Rohrstrangverfahren im nicht-begehbaren Bereich (Spülbohrverfahren, Kaliberbersten)	außerhalb des Kanals in der Baugrube	außerhalb des Kanals in der Baugrube	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Wiederherstellung der Einbindung der Anschlusskanäle in offener Bauweise	am neu verlegten Inliner und den alten HAS-Leitungen	innerhalb der Baugrube	beim versehentlichen Anbohren des Altkanals	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	—	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Wiederherstellung der Einbindung der Anschlusskanäle im begehbaren Bereich	innerhalb des neu verlegten Inliner	innerhalb des neu verlegten Inliner	beim versehentlichen Anbohren des Altkanals aus AZ	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
ren Bereich									
Wiederherstellung der Einbindung der Anschlusskanäle im nichtbegehbaren Bereich	innerhalb des Inliners bei maschinellen Arbeiten, sonst außerhalb in Baugrube	außerhalb in Baugrube	beim versehentlichen Anbohren des Altkanals aus AZ	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit Rohren im Thermoline-Verfahren	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reinigung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit Rohren im Wellrohr-Verfahren	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reinigung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
						F/m ³			
Auskleidung mit Rohren im Verformungsverfahren (U-Liner, Compact Pipe, Subline-, Nupipe-, Uponor Omega, Ex Konstruktion Verfahren)	bis DN 400 im Schacht, dann Baugrube	bis DN 400 im Schacht, dann Baugrube	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit Rohren im Reduktionsverfahren (Rolldown, Swaggeling)	in der Baugrube	in der Baugrube	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit Rohren im Langrohrverfahren mit verschiedenen Einbringverfahren (Einzieh-, Einschub-, Einfahrverfahren)	in der Baugrube	in der Baugrube	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
						19*10 ⁶ F/m ³			
Auskleidung mit Rohren im Kurzrohrverfahren mit verschiedenen Einbringverfahren (Einzieh-, Einschub-, Einfahrverfahren)	im Schacht, je nach Verfahren auch im Kanal	im Schacht, je nach Verfahren auch im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit Rohren mit Spezialverfahren (Inter-Line-, MCS-Inliner-, RintubeVerfahren)	in der Baugrube	in der Baugrube	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit örtlich hergestellten Rohren mit Ringraum im Wickelrohrverfahren (Rib-	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernis-	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
Loc, Ersag, SPR, Flap Loc)						sen durch Fräsen $19 \cdot 10^6$ F/m ³			
Auskleidung mit örtlich hergestellten Rohren ohne Ringraum im Wickelrohrverfahren (Rib Loc Expanda Pipe, Inspecta Pipe)	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen $19 \cdot 10^6$ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit örtlich hergestellten, erhärtenden Rohren im Schlauchverfahren mit Einziehen durch Inversion (Insituform, Paltem PAL, Phoenix, Inpipe)	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen $19 \cdot 10^6$ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit örtlich herge-	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei	in der Luft, an der Kleidung, am	mit der Atemluft	Reinigung mit HD	¹ unter 15.000	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] 4BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
stellten, erhärtenden Rohren im Schlauchverfahren mit Einziehverfahren (KM- Inliner, Copeflex, Softlining, Berolina-Liner, Paltem S-Z, Multiliner)			der Vorbehandlung, durch Reibung	Geräte		500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	F/m ³		
Auskleidung von Anschlußkanälen im Schlauchverfahren (Insituform KAS, Insituform FAS, KM-Houseliner, Brawoliner, Konudur Home Liner)	im Kanal	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen 19*10 ⁶ F/m ³	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt
Auskleidung mit örtlich hergestellten, erhärtenden Rohren im Noppenverfahren mit ver-	im Schacht	im Schacht	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Geräte	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m ³ , Entfernen von Hindernis-	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltsort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
schiedenen Einbringverfahren (Trolinig-System)						sen durch Fräsen $19 \cdot 10^6 \text{ F/m}^3$			
Auskleidung aus montierten Einzelelementen in Form von Sohlenauskleidungen	im Schacht, im Kanal	im Schacht, im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m^3 , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen $19 \cdot 10^6 \text{ F/m}^3$	⁴ unter 150.000 F/m^3	II oder III	erlaubt
Auskleidung aus montierten Einzelelementen in Form von Auskleidungen des Gasraums	im Schacht, im Kanal	im Schacht, im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m^3 , Entfernen von Hindernissen durch Fräsen $19 \cdot 10^6 \text{ F/m}^3$	⁴ unter 150.000 F/m^3	II oder III	erlaubt
Auskleidung aus montierten Einzelelementen in Form von Vollauskleidungen	im Schacht, im Kanal	im Schacht, im Kanal	bei stark verwittertem Kanal, bei der Vorbehandlung, durch Reibung	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	Reinigung mit HD 500.000 F/m^3 , Entfernen von Hindernissen	⁴ unter 150.000 F/m^3	II oder III	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
						sen durch Fräsen $19 \cdot 10^6$ F/m ³			
Erneuerung									
Erneuerung in offener Bauweise im Haubenverfahren in begehbaren Kanälen	in der Baugrube am Kanal	in der Baugrube am Kanal	bei stark verwittertem Kanal, beim Bearbeiten des Kanals durch Bohren, Stemmen	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in offener Bauweise im Gewölbeverfahren in begehbaren Kanälen	in der Baugrube am Kanal	in der Baugrube am Kanal	bei stark verwittertem Kanal, beim Bearbeiten des Kanals durch Bohren, Stemmen	in der Luft, an der Kleidung, am Gerät	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in halboffener Bauweise	im Boden, im Graben	in der Startbaugrube, außerhalb der Baugrube	bei der Zerstörung des Altröhres, beim Transport aus der Baugrube	in der Luft, am Arbeitsgerät, im Bauschutt	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in geschlossener Bauweise im bergmännischen	im Boden	in der Startbaugrube, im Stollen	bei der Entfernung des Altkanals, bei Transport des Altkanals	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
schen Stollen-vortrieb			nals	Bauschutt					
Erneuerung in geschlossener Bauweise im Schildvortrieb per Hand mit Tübbing- auskleidung (Mini-Tunnel- System)	im Boden	in der Startbau- grube, im Stol- len Arbeit auch per Hand	bei der Entfer- nung des Altkan- nals, bei Trans- port des Altkan- nals	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im Bauschutt	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in geschlossener Bauweise im bemannt arbei- tenden Rohr- vortrieb	im Boden	im Boden, im Vortriebsrohr, an der Orts- brust	beim Zerstören und Abtranspor- tieren des Altkan- nals	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im Bauschutt	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in geschlossener Bauweise im unbemannt arbeitenden Rohrvortrieb	im Boden	in der Startbau- grube oder im Schacht	beim Zerstören und Abtranspor- tieren des Altkan- nals	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im Bauschutt	mit der Atemluft	—	⁴ unter 150.000 F/m ³	II oder III	erlaubt
Erneuerung in geschlossener Bauweise im Berstverfahren	im Boden	in der Startbau- grube oder im Schacht, Ab-	beim Zerstören des im Boden verbleibenden	bei erneuten Bodenarbeiten	mit der Atemluft bei Bodenaushub	Reinigung mit HD 500.000	¹ unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

Betriebsprozess	Ort der Arbeit	Aufenthaltort der Beschäftigten	Faserfreisetzung	Fasertransport	Faseraufnahme	Faserkonzentration Vorarbeiten	Faserkonzentration	Bewertung des Betriebsprozesses	
								Gefährdungskategorie	rechtlich
¹ geschätzt ² Albracht [1] ³ Bossenmayer [7] ⁴ BK-Report [6] ⁵ Berichte 7/80 Umweltbundesamt [53]									
		stand, kein Abtransport	Altkanals			F/m ³			
Erneuerung in geschlossener Bauweise im Rohrziehverfahren (Hydros-Zieh-Verfahren)	im Boden, in der Start- und Zielbaugrube	außerhalb der Baugruben während des Ziehvorgangs, sonst innerhalb	beim Ziehen des Altrohrs, bei der Zerstörung des Altrohrs, beim Abtransport des Bauschutt	in der Luft, am Arbeitsgerät, an der Kleidung, im Bauschutt	mit der Atemluft	—	BIA- Verfahren unter 15.000 F/m ³	I	erlaubt

IV Literatur

- [1] Albracht, Gerd; Schwerdtfeger, Oswald A.: Herausforderung Asbest; Universum Verlagsanstalt, 1991.
- [2] ATV-Handbuch: Bau und Betrieb der Kanalisation; 4. Auflage; Ernst & Sohn; 1995.
- [3] ATV-DVWK-Regelwerk 1/2001: ATV-M 143 Teil 1 – Grundlagen - Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und –leitungen; Hennef; GFA 2001.
- [4] Berufsförderungswerk e.V. des Bauindustrieverbandes Berlin - Brandenburg: Erwerb der Sachkunde nach Nr. 2.7 der TRGS 519 für ASI-Arbeiten an Asbestzementprodukten bzw. ASI-Arbeiten geringen Umfangs im Bereich erdverlegter Rohrleitungsbau.
- [5] Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft: Berufsgenossenschaftliche Informationen für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit (BGI 664): Verfahren mit geringer Exposition gegenüber Asbest bei Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten; Juli 2000.
- [6] BK-Report: Faserjahre: Berufsgenossenschaftliche Hinweise zur Ermittlung der kumulativen Asbestfaserstaub-Dosis am Arbeitsplatz (Faserjahre) und Bearbeitungshinweise zur Berufskrankheit Nr. 4104 (Lungenkrebs); 2. ergänzte und aktualisierte Auflage; Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (HVBG); 1994.
- [7] Bossenmayer; Schumm; Tepasse: Asbest-Handbuch: Ergänzbare Leitfaden für die Sanierungspraxis; Berlin: Erich Schmidt Verlag; 1991.
- [8] Bundesgesetzblatt Jahrgang 1999 Teil I Nr. 52, ausgegeben zu Bonn am 29. November 1999 Anhang IV Nr. 1 Asbest.
- [9] Deutsches Institut für Normung: DIN 1230 Teil 1 Steinzeug für die Kanalisation - Rohre und Formstücke mit Muffe – Maße; Berlin, Köln, Beuth Verlag, September 1979.
- [10] Deutsches Institut für Normung: DIN 19522 Teil 1 Gußeiserne Abflußrohre und Formstücke ohne Muffe (SML) – Maße; Berlin, Beuth Verlag, Februar 1983.
- [11] Deutsches Institut für Normung: DIN 19530 Rohre und Formstücke aus Stahl mit Steckmuffe für Abwasserleitungen – Maße; Berlin, Beuth Verlag, Februar 1983.

- [12] Deutsches Institut für Normung: DIN 19691 Rohre aus duktilem Gußeisen mit Steckmuffe für Entwässerungskanäle und -leitungen – Maße; Berlin, Beuth Verlag, Juli 1978.
- [13] Deutsches Institut für Normung: DIN 19800 Asbestzement-Druckrohre – Maße; Blatt 1 und 2; Berlin, Köln, Beuth Verlag, Januar 1956.
- [14] Deutsches Institut für Normung: DIN 19800 Asbestzementrohre und –formstücke für Druckrohrleitungen; Blatt 1 und 2; Berlin, Köln, Beuth Verlag, Januar 1973.
- [15] Deutsches Institut für Normung: DIN 19840 Faserzement-Rohre und - Formstücke für Abwasserleitungen – Maße; Teil 1; Berlin, Beuth Verlag, Mai 1989.
- [16] Deutsches Institut für Normung: DIN 19850 Asbestzementrohre und –formstücke für Abwasserkanäle; Blatt 1; Berlin, Köln, Beuth Verlag, Januar 1971.
- [17] Deutsches Institut für Normung: DIN 19850 Asbestzementrohre und –formstücke für Abwasserkanäle - Rohre, Abzweige, Bogen - Maße, Technische Lieferbedingungen; Teil 1; Berlin, Beuth Verlag, August 1981.
- [18] Deutsches Institut für Normung: DIN 19850 Faserzement-Rohre und - Formstücke für Abwasserkanäle - Rohre, Abzweige, Bogen - Maße, Technische Lieferbedingungen; Teil 1; Berlin, Beuth Verlag, Februar 1991.
- [19] Deutsches Institut für Normung: DIN 19850-1 Faserzement-Rohre und - Formstücke für Abwasserkanäle - Teil 1: Maße von Rohren, Abzweigen und Bogen; Berlin, Beuth Verlag, November 1996.
- [20] Deutsches Institut für Normung: DIN 4032 Betonrohre und Formstücke - Maße, Technische Lieferbedingungen; Berlin, Beuth Verlag, Januar 1981.
- [21] Deutsches Institut für Normung: DIN 4035 Stahlbetonrohre und zugehörige Formstücke - Maße, Technische Lieferbedingungen; Berlin, Beuth Verlag, August 1995.
- [22] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 512 Faserzementprodukte - Druckrohre und Verbindungen; Berlin, Beuth Verlag, November 1994.
- [23] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 588-1 Faserzementrohre für Abwasserleitungen und –kanäle - Teil 1: Rohre, Rohrverbindungen und Formstücke für Freispiegelleitungen; Berlin, Beuth Verlag, November 1996.

- [24] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 598 Rohre und Formstücke aus duktilem Gußeisen und ihre Verbindungen für die Abwasser-Entsorgung - Anforderungen und Prüfverfahren, Deutsche Fassung EN 598; Berlin, Beuth Verlag, November 1994.
- [25] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 752-5 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 5: Sanierung; Berlin, Beuth Verlag, Juni 1998.
- [26] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 752-5 Entwässerungssysteme außerhalb von Gebäuden, Teil 7: Betrieb und Unterhalt; Berlin, Beuth Verlag, Juni 1998.
- [27] Deutsches Institut für Normung: DIN EN 877 Rohre und Formstücke aus Gußeisen, deren Verbindungen und Zubehör zur Entwässerung von Gebäuden - Anforderungen, Prüfverfahren und Qualitätssicherung, Deutsche Fassung EN 877; Berlin, Beuth Verlag, Januar 2000.
- [28] Diburg, Bianca: Umweltschutz und Arbeitsschutz in Betriebsprozessen von Kanalnetzbetreibern - am Beispiel des Umganges mit Asbestzementrohren; Diplomarbeit, unveröffentlicht; Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe Umwelttechnik und Ökologie im Bauwesen, Projektbüro Umwelttechnik, Oktober 2002.
- [29] Eternit AG: Informationsprospekt; Rohre aus glasfaserverstärktem Polyesterharz.
- [30] Eternit AG: Informationsprospekt; Rohrsysteme aus Faserzement - Herstellung, Anwendung, Lieferprogramm.
- [31] Eternit AG: Tiefbau-Taschenbuch - Eternit-Rohrsysteme für Wasser und Abwasser; Stand 01.04.1981.
- [32] FBS - Fachvereinigung Betonrohre und Stahlbetonrohre e. V. Bonn: Technisches Handbuch - FBS-Kanalsysteme. DIN-Norm plus ultra; 1999.
- [33] Freie und Hansestadt Hamburg; Behörde für Arbeit, Gesundheit und Soziales: Umgang mit Asbest bei ASI-Arbeiten: Erläuterungen zur neuen TRGS 519 mit ergänzenden Anforderungen des Amtes für Arbeitsschutz Hamburg; Hamburg, März 1995.
- [34] Gefahrstoffverordnung in der Fassung der Verordnung vom 15. November 1999; (BGBl. S.2233).
- [35] Haus der Technik e. V.: Lehrgangsunterlagen zum Erwerb der Sachkunde für Abbruch und Sanierung von Asbestprodukten gemäß TRGS 519, Anlage 3; Abschnitt 4: von Herrn Dipl.-Ing. Uwe Schubert, BZR Bonn; April 2002.

- [36] HGV Haltermann Gerätebau und Vertrieb; Prospekt „Aerokill“.
- [37] Hünenberg, K.: Das Asbestzementdruckrohr; Berlin Göttingen Heidelberg: Springer Verlag, 1963.
- [38] Hünenberg, K.; Tessendorf, H.: Handbuch für Asbestzementrohre; 2. Auflage; Berlin Heidelberg New York: Springer Verlag, 1977.
- [39] IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur: Kanalreinigung mit dem HD-Verfahren; Stand September 2002.
- [40] Informationszentrum für Technische Richtlinien: Aufstellung über Normen zu Asbestzement- und Faserzementrohren; Berlin, 2002.
- [41] Klos, Harald: Asbestzement - Technologie und Projektierung; Wien: Springer-Verlag, 1967.
- [42] Kunststoffrohrverband e.V. Bonn: Kunststoffrohrhandbuch - Rohrleitungssysteme für die Ver- und Entsorgung sowie weitere Anwendungsgebiete; 3. Auflage; Essen: Vulkan-Verlag, 1997.
- [43] Linster, Werner; Schmidt, Albrecht; Nowak, Thomas: Asbest - Kompendium für Betroffene, Planer und Sanierer; 2. überarbeitete und aktualisierte Auflage; Heidelberg: Verlag C. F. Müller, 1996.
- [44] Morfels, H., Schrömann, J.: Asbestfasern im Trinkwasser und ihre Bewertung in: Asbest-Handbuch: Ergänzbarer Leitfaden für die Sanierungspraxis; Berlin: Erich Schmitd Verlag, 1991.
- [45] Poeschel, Eva; Köhling, Alfons: Asbestersatzstoff-Katalog: Erhebung über im Handel verfügbare Substitute für Asbest und asbesthaltige Produkte; Band IX: Bautechnische Produkte (Asbestzement); Schriftenreihe der Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Erhebung des Battelle-Instituts; Herausgeber: Bundesanstalt für Arbeitsschutz, Dortmund; Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, 1985.
- [46] Pütz, Jean: Asbest-Report: Vom Wunderstoff zur Altlast: Risiko - Chancen und Gefahren; Köln, vgs Verlagsgesellschaft, 1989.
- [47] Richtlinie 1999/77/ EG der Kommission vom 26. Juli 1999
- [48] Stein, Dietrich, Niederehe, Wilhelm: Instandhaltung von Kanalisationen; 2., überarbeitete und erweiterte Auflage; Berlin: Ernst & Sohn; 1992.
- [49] Stein, Dietrich: Instandhaltung von Kanalisationen; 3. Auflage; Berlin: Ernst & Sohn; 1998.

- [50] Steinzeug GmbH: Steinzeughandbuch; 9. neubearbeitete Auflage, 1998.
- [51] Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 517: Asbest Herstellen und Verwenden; Köln, Carl Heymanns Verlag, Februar 1992.
- [52] Technische Regeln für Gefahrstoffe TRGS 519: Asbest Abbruch-, Sanierungs- oder Instandhaltungsarbeiten; Köln, Carl Heymanns Verlag, September 2001.
- [53] Umweltbundesamt: Berichte 7/80: Luftqualitätskriterien: Umweltbelastung durch Asbest und andere faserige Feinstäube; Berlin: Erich Schmid Verlag, 1980.
- [54] VDI-Richtlinie 3866 Blatt 1: Bestimmung von Asbest in technischen Produkten; Entnahme und Aufbereitung der Proben; Dezember 2000.
- [55] Verordnung über Verbote und Beschränkungen des Inverkehrbringens gefährlicher Stoffe, Zubereitungen und Erzeugnisse nach dem Chemikaliengesetz (Chemikalien-Verbotsverordnung); Bundesgesetzblatt Jahrgang 1996 Teil I Nr. 39; Bonn, Juli 1996.
- [56] Verordnung zur Novellierung der Gefahrstoffverordnung, zur Aufhebung der Gefährlichkeitsmerkmaleverordnung und zur Änderung der Ersten Verordnung zum Sprengstoffgesetz; 26. Oktober 1993; (BGBl. S.1782, Stand 01.12.1993).

Weitere Informationsquellen

- (I) IKT - Institut für Unterirdische Infrastruktur: Bildmaterial; Gelsenkirchen, Oktober 2002.
- (II) IKT – Institut für Unterirdische Infrastruktur: Videomaterial von Asbestzementrohren im Betrieb, Gelsenkirchen, Oktober 2002.
- (III) Michatz, Johannes: Fernmündliche Mitteilung vom 30.09.2002; Eternit AG, Berlin.
- (IV) Schubert, Uwe: Bildmaterial und mündliche Mitteilung vom 01.10.2002; BZR Institut; Bonn.