

Jetzt  
kaufen auf  
[shop.wvgw.de](http://shop.wvgw.de)  
Als Print oder  
PDF-Download

Deutscher Verein des  
Gas- und Wasserfaches e.V.



[www.dvgw-forschung.de](http://www.dvgw-forschung.de)

# Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung des Zustands und der Restnutzungsdauer von Asbestzement- Rohren in der Trinkwasserverteilung

## Abschlussbericht

**Dr.-Ing. Angelika Becker**

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH,  
Mülheim an der Ruhr

**Timo Jentzsch**

IWW Rheinisch-Westfälisches Institut für Wasserforschung gemeinnützige GmbH,  
Mülheim an der Ruhr

**Herausgeber**

DVGW Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches e. V.

Technisch-wissenschaftlicher Verein

Josef-Wirmer-Straße 1–3

53123 Bonn

T +49 228 91885

F +49 228 9188990

[info@dvgw.de](mailto:info@dvgw.de)

[www.dvgw.de](http://www.dvgw.de)

# **Entwicklung eines Konzepts zur Bewertung des Zustands und der Restnutzungsdauer von Asbestzement- Rohren in der Trinkwasserverteilung**

**Abschlussbericht**

September 2022

DVGW-Förderkennzeichen W 201721

## Zusammenfassung

In Deutschland sind für die Trinkwasserverteilung schätzungsweise noch 36.000 km Asbestzementrohre in Betrieb; der Einbauzeitraum der Rohre liegt zwischen 1930 und Ende 1994. Seit 1995 sind die Herstellung und der Einbau dieses Rohrtyps zwar verboten, der Weiterbetrieb der Rohre ist aber zulässig. Die aktuelle DVGW-Schadensstatistik weist als mittleres Rohrleitungsalter für AZ-Rohre ca. 62 Jahre aus. Allgemeine Annahmen gehen von einer Nutzungsdauer der Rohre von ca. 70 bis 80 Jahren aus. Somit nähern sich diese Rohre dem Ende der prognostizierten Nutzungsdauer mit der Konsequenz eines prinzipiell erhöhten Rehabilitations- und damit Investitionsbedarfs. Als Schwierigkeit erweist sich bei dieser Situationsbewertung, dass in Deutschland für AZ-Rohr-Netze keine abgestimmten Methoden zur Zustandsbewertung bzw. zustandsorientierten Instandhaltungsplanung vorliegen, wie es eigentlich das technische Regelwerk fordert (W 400-3).

Der Prozess der Zustandsverschlechterung von AZ-Rohren wird gesteuert durch das Korrosionsverhalten der Rohre, d. h. der Zementmatrix, die Materialeigenschaften und die auf das Rohr einwirkenden Belastungen. Entkalkung und Erweichung der Rohrwand durch Innen- und Außenkorrosionsprozesse sind die Hauptfaktoren der korrosionsbedingten Zustandsverschlechterung, wobei für den Schädigungsgrad und die zukünftige Ausfallwahrscheinlichkeit insbesondere Außenkorrosionsprozesse (Boden/Grundwasser) ausschlaggebend sind. Bei Einhaltung der Vorgaben der TrinkwV (Calcitlösekapazität) können Innenkorrosionsprozesse als untergeordnet und der Zustand der Innenoberfläche als quasi konstant angesehen werden.

Als ein wichtiges Ergebnis des Projektes kann die Definition von korrosionskritischen Schwellenwerten und Stabilitätsgrenzen hervorgehoben werden, die eine gute Basis für die Übernahme der Ergebnisse in die Instandhaltungsplanung und ins technische Regelwerk bieten. Das erarbeitete Zustandsbewertungskonzept für AZ-Rohr- und Muffenproben bietet gute Voraussetzungen für die Nutzungsdauerprognose sowie für die Validierung bestehender Modelle (z. B. auf Basis von Ausfallkurven, Alterungsmodellen, WVU-spezifischen Kennzahlen).

Bei der Prognose der Nutzungsdauer der AZ-Rohre liegt ein Großteil im Bereich von 80 bis 100 Jahren; das entspricht zum Bewertungszeitpunkt 2020/21 einer Restnutzungsdauer von 30 bis 40 Jahren. Ausschlaggebend sind die eher moderate Entkalkungsdynamik sowie die überwiegend hohen Festigkeiten der Rohre, die auch nach 50 Jahren Betrieb deutlich oberhalb der Normanforderungen liegen. Im Falle geringer Festigkeit/niedriger Entkalkung besteht eine Überlagerung durch Mikrorissbildung (bodenseitig treibende Einflüsse) und/oder lokal begrenzte Erweichung der Rohrwand als Trigger für die Ausfallwahrscheinlichkeit. Die korrosionsbedingte Zustandsverschlechterung ist aber keine notwendige Voraussetzung für die Ausfallwahrscheinlichkeit der AZ-Rohre, sondern werkstoffspezifische Besonderheiten sind zu berücksichtigen. AZ-Rohre verhalten sich nur geringfügig elastisch. Das geringere statische Widerstandsmoment kleinerer Nennweiten und die für spröde Werkstoffe typische höhere Empfindlichkeit gegenüber Längsbiegespannungen bewirkt die Anfälligkeit gegenüber Bettungsfehlern, Bodenbewegungen und Schrumpfungerscheinungen infolge Wasserentzug im Leitungsbereich. Vor diesem Hintergrund sind auch der Klimawandel und die damit verbundenen Auswirkungen durch ausgedehnte Hitze- und Kälteperioden zu betrachten inkl. des erhöhten Wasserbedarfs in den Sommermonaten (zyklische Druckschwankungen, Lastwechsel).





# Inhaltsverzeichnis

1	Hintergrund und Zielsetzung des Projektes .....	1
1.1	Projektumsetzung .....	7
1.2	Zusammenarbeit mit Projektpartnern .....	9
2	Stand von Wissenschaft und Technik.....	10
2.1	Asbestzementrohre in der Trinkwasser-Verteilung .....	12
2.1.1	Asbest – Eigenschaften von Asbestfasern .....	12
2.1.2	Asbestlagerstätten und Weltproduktion .....	15
2.1.3	Asbestfasergewinnung .....	16
2.1.4	Gesundheitliche Bewertung von Asbestfasern .....	17
2.2	Asbestzement-Druckrohre – Herstellung und Werkstoffeigenschaften .....	20
2.2.1	Herstellung und Ausführungsarten von Asbestzement-Druckrohren.....	20
2.2.2	Asbestzementdruckrohre – Werkstoffeigenschaften.....	26
2.2.3	Mechanische Eigenschaften von Asbestzementrohren .....	28
2.2.4	Rohrverbindungen.....	31
2.2.5	Schäden an Asbestzementrohren .....	36
2.2.6	Schadenswahrscheinlichkeit .....	40
2.2.7	Bodenbelastungs-Kennwerte und Einfluss des Klimas auf das Ausfallverhalten von Asbestzementrohren.....	42
2.2.8	Einfluss des Innendrucks auf das Ausfallverhalten von Asbestzementrohren..	45
2.3	Korrosionsverhalten von Asbestzementrohren .....	46
2.3.1	Carbonatisierung.....	47
2.3.2	Innenkorrosion .....	47
2.3.2.1	Bewertung der Korrosivität des Wassers mittels Aggressivitäts-Indizes ...	52
2.3.2.2	Mikrobieller Angriff und Biofilmbildung.....	55
2.3.2.3	Korrosionsschutz durch Dosierung von trinkwassergeeigneten Inhibitoren	55
2.3.3	Außenkorrosion.....	56
2.4	Zerstörungsfreie Inspektionstechniken zur Zustandsbewertung von Asbestzementrohren.....	59
3	Untersuchungsmethoden .....	65
3.1	Rahmenbedingungen .....	65
3.2	Entwicklung einer Untersuchungsmethodik zur Zustandsbewertung von Asbestzementrohren.....	65
3.3	Erfassung von werkstoffspezifischen Kennwerten.....	67
3.3.1	Erfassung von Wanddicke und Rohrinneindurchmesser .....	67
3.3.2	Korrosionsschutz – Außen – und Innenkorrosionsschutz .....	68
3.3.3	Dokumentation.....	68
3.4	Ermittlung des Korrosionszustands .....	68
3.4.1	Untersuchung der Entkalkungsfront .....	68
3.4.2	Elementanalyse mit dem Rasterelektronenmikroskop und energie-dispersiver Röntgenspektroskopie (EDX) .....	70
3.4.3	Härteverlust – Erweichung .....	71
3.4.4	Schabeprobe zur lokalisierten Ermittlung des Tiefenprofils des Schädigungsgrades.....	72
3.5	Werkstoffprüfung.....	73

3.5.1	Messung der Druckfestigkeit mit dem Rückprallhammer .....	73
3.5.2	Scheiteldruckprüfung.....	75
3.5.3	3-Punkt-Biegeversuche an Flachproben.....	78
3.5.4	Prognose der Nutzungsdauer mittels statischer Berechnung .....	79
4	Darstellung der Forschungsergebnisse .....	81
4.1	Datenbestand - Rohrnetz .....	82
4.1.1	Schadensentwicklung.....	84
4.2	Einflussfaktoren der Zustandsverschlechterung .....	90
4.2.1	Innenkorrosion und Wechselwirkungen Rohrwerkstoff/Trinkwasser .....	90
4.2.2	Einsatz von Korrosionsinhibitoren auf Phosphatbasis .....	97
4.2.3	Außenkorrosion und Wechselwirkungen Rohrwerkstoff/Boden und Grundwasser.....	98
4.3	Ergebnisse zur Zustandsbewertung – Integrität der AZ-Rohre .....	107
4.3.1	Zustandsverschlechterung durch Entkalkung und Erweichung der Rohrwand – Innen- und Außenkorrosion .....	107
4.3.2	Zustandsverschlechterung und Entkalkungsgeschwindigkeit .....	109
4.3.3	Einfluss der Verteilung der Entkalkungsstellen.....	111
4.3.4	Zustandsverschlechterung und Erweichung des Zementsteins .....	112
4.3.5	Ergebniss der Messungen mit dem Rückprallhammer.....	113
4.3.6	Ergebnisse der 3-Punkt-Biegeversuche .....	115
4.3.7	Ergebnisse der Scheiteldruckversuche – Festigkeitsverlust durch Entkalkung	116
4.4	Nutzungsdauerprognose auf Basis der Zustandsbewertung.....	120
4.5	Ergebnisse der Muffen-Untersuchungen .....	124
4.5.1	Allgemeines .....	124
4.5.2	Muffen.....	124
4.5.3	Dichtungen.....	127
5	Kernergebnisse des Forschungsvorhabens.....	130
6	Leitfäden .....	132
6.1	Asbestzementtypische Schadens-Datenbank .....	132
6.2	Kriterien zur Beurteilung eines Wasserversorgungsnetzes auf die Freisetzung von Asbestfasern.....	134
7	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	137
7.1	Nutzen der Forschungsergebnisse für die Wasserversorgung .....	138
7.2	Umsetzung der Forschungsergebnisse in die Praxis .....	138
8	Literaturverzeichnis .....	140
9	Abbildungsverzeichnis.....	161
10	Tabellenverzeichnis .....	165