

Rehabilitation von Rohrleitungen

Sanierung und Erneuerung von Ver- und Entsorgungsnetzen

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG

Impressum:

Rehabilitation von Rohrleitungen - Sanierung und Erneuerung von Ver- und Entsorgungsnetzen
ISBN: 978-95773-181-4

Herausgeber:

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Bauhaus-Universität Weimar
Coudraystr. 7
99421 Weimar
Internet: <http://www.uni-weimar.de/wbbau/>

Bezugsmöglichkeiten:

Bauhaus-Universitätsverlag als Imprint von VDG Weimar
www.vdg-weimar.de
T: 03643-83030
F: 03643-830313

Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Bauhaus-Universität Weimar
Coudraystr. 7
99421 Weimar
T: 03643-584627
F: 03643-584637
info@bauing.uni-weimar.de
www.uni-weimar.de/wbbau/

Redaktion: Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt
Satz und Layout: Dipl.-Ing. Roy Holzhey

Druck: Schätzl Druck GmbH & Co. KG, Donauwörth

Kromsdorf, 3. Auflage 2015

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind über <http://d-nb.de> abrufbar.

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG

Autorenverzeichnis

Kapitel 1 – Technische Versorgung und Nutzung des unterirdischen Bauraums

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher, Dr.-Ing. W. Berger, Dr.-Ing. D. Mälzer

Kapitel 2 – Begriffsbestimmungen der Rehabilitation (Sanierung und Erneuerung)

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher

Kapitel 3 – Rohrmaterialien und ihre Eigenschaften

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher

Kapitel 4 – Sanierung und Erneuerung von Wasserversorgungsnetzen

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher

Kapitel 5 – Sanierung und Erneuerung von Gasrohrnetzen

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher

Kapitel 6 – Rehabilitationsstrategien

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher, Dipl.-Ing. (FH) M. Beck, Dipl.-Ing. I. Kropp

Kapitel 7 – Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen

Prof. Dr.-Ing. B. Bosseler, Dipl.-Ing. B. Diburg

Kapitel 8 – Rehabilitation von Fernwärmekanälen und -leitungen

Prof. Dr.-Ing. habil. H. Roscher

entwickelt im Zuge des
Weiterbildenden Studiums Wasser und Umwelt der
Bauhaus-Universität Weimar

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG

Vorwort

Seit der 1. Auflage des Skriptes „Rehabilitation von Rohrleitungen – Sanierung und Erneuerung von Verteilungs- und Entsorgungsnetzen“ und den Nachauflagen in den Jahren 2008 und 2012 haben weitere interessante Entwicklungen auf diesem Gebiet stattgefunden.

Es ist insbesondere festzustellen, dass der Erneuerungsbedarf in den nächsten Jahren und Jahrzehnten anwachsen wird, da nicht nur überalterte Netzteile und Bauwerke erneuert oder saniert werden müssen. Ebenso müssen Rohrleitungen mit unzureichendem Korrosionsschutz oder in steinigem Rohrgräben verlegte Kunststoffrohrleitungen aus den Jahrzehnten nach dem 2. Weltkrieg erneuert werden.

Neue Verfahren und Produkte wurden seither durch die Bauunternehmen und Rohrhersteller entwickelt und haben Eingang in die Baupraxis gefunden. Auch in der Produktnormung und in Richtlinien der Fachverbände gab es ständig Weiterentwicklungen und Neufassungen.

Es war wiederum erforderlich, diese Erkenntnisse und Erfahrungen der Sanierung und Erneuerung in die Neuaufgabe aufzunehmen.

Zu nennen sind folgende Aspekte:

- Weiterentwicklung resistenter Rohrmaterialien für grabenlose Bauverfahren – das betrifft sowohl metallische Rohrmaterialien als auch Kunststoffrohrmaterialien
- die Möglichkeit in größerem Umfang Hausanschlussleitungen grabenlos auszuwechseln oder auch neu einzubauen
- neue Verfahrensvarianten für grabenlose Bauverfahren
- Zulassung des Gewebeschlauchverfahrens für Trinkwasserleitungen
- Weiterentwicklung der Sanierungsverfahren von Abwasserleitungen sowie von Schachtsanierungsverfahren usw.

Wesentliche Änderungen werden sich in Zukunft auf dem Gebiet der Gasversorgung ergeben, wobei die Zukunft bereits begonnen hat – Einspeisung von Biogas und anderen Gasen in vorhandene Gasrohrnetze. Regenerative Energiequellen werden bereits vielfach genutzt, allerdings sind es noch Einzelbeispiele. Zu beachten sind dabei vorrangig Sicherheitsaspekte.

Änderungen ergaben sich auch durch die Neufassung auf dem Gebiet des Baumschutzes (GW 125 „Bäume, unterirdische Leitungen und Kanäle“). Grabenlose Leitungserneuerungen eignen sich hervorragend für den Baumschutz.

Dadurch wuchs der Umfang des Manuskriptes und erforderte eine Auswahl in den Textfassungen und dem

verfügbaren Bildmaterial. Neben bereits in den vorangegangenen Auflagen verwendeten Bildmaterials kam neues hinzu.

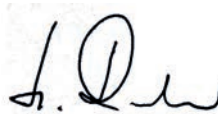
Neu aufgenommen wurde das Gebiet der Fernwärmeversorgung und der Rehabilitation von Kanälen und Schächten. In dieses Kapitel wurde auch die Erneuerung von Rohrleitungen in Sammelkanälen (Wasser- und Fernwärmeleitungen) eingefügt, da diese in den nächsten Jahren ansteht und es dazu bereits erste Projekte realisiert wurden (Beispiele Paris, Frankfurt/Oder und Jena).

Ein eigenständiges Kapitel 6 Rehabilitationsstrategien wurde ebenfalls eingefügt, welches bisher dem Kapitel Wasserversorgung zugeordnet war.

Der Verfasser möchte sich bei den Mitautoren und den Mitarbeitern der Bauhaus-Universität des Weiterbildenden Studiums für die sehr gute Zusammenarbeit recht herzlich bedanken.

Dank gilt auch den beteiligten Bauunternehmen und Firmen

- Duktus Rohrsysteme (Wetzlar)
- Fuchs-Rohre Siegen
- Mannesmann Rohrwerke
- Fachgemeinschaft Gussrohre
- Pro Aqua Stahlrohre
- Kunststoffrohrverband
- Berkel Rohrtechnik GmbH (Gladbeck)
- Pfaffinger Unternehmensgruppe (Berlin)
- Karl Weiss Technologies GmbH (Berlin)
- Gelsenwasser AG
- Diringer & Scheidel Rohrsanierung (München, Mannheim)
- Berliner Wasserbetriebe
- TRACTO-TECHNIK GmbH (Lennestadt)
- Fa. Ludwig Pfeiffer Kassel/Leipzig
- IAB Institut für Angewandte Bauforschung Weimar
- Stadtwerke Jena Anlagenservice GmbH (Herr Kirmse)
- Fa. Wähler Hamburg
- Breternitz Bauunternehmen (Jena)



Im Namen der Verfasser,
Prof. Dr.- Ing. habil. H. Roscher

Weimar, im Februar 2015

BAUHAUS
UNIVERSITÄTSVERLAG

Inhaltsverzeichnis

	Vorwort	III
1	Technische Versorgung und Nutzung des unterirdischen Bauraums	1
1.1	Die Technische Versorgung der Städte [Roscher]	1
1.1.1	Aufgaben der Technischen Versorgungssysteme	1
1.1.1.1	Technische Versorgung als Bestandteil der Technischen Infrastruktur	1
1.1.1.2	Nutzung des unterirdischen Bauraums	1
1.1.1.3	Daueraufgabe Rehabilitation der technischen Versorgung	2
1.1.1.4	Entwicklung grabenloser Bauverfahren	2
1.1.2	Zur historischen Entwicklung der Technischen Versorgung [Roscher]	3
1.1.2.1	Stadt und Technische Versorgung	3
1.1.2.2	Wasserversorgung	4
1.1.2.3	Abwasserableitung	5
1.1.2.4	Gasversorgung	5
1.1.2.5	Fernwärmeversorgung	6
1.2	Stadtstraßen und Nutzung des unterirdischen Bauraums	7
1.2.1	Versorgungsleitungen im unterirdischen Bauraum	7
1.2.2	Ausbildung des Straßenquerschnittes	8
1.2.3	Straßenbefestigung	9
1.2.4	Baumschutzmaßnahmen und Baumpflanzungen im Bereich von Versorgungsleitungen	10
1.2.5	Offene Bauweise und geschlossene Bauweise im Vergleich	14
1.2.6	Wiederherstellung von Straßen und Vermeidung von Folgeschäden durch Baugruben bzw. Baugräben bei konventioneller Verlegung von Rohrleitungen	18
1.2.6.1	Zur Entstehung von Folgeschäden	18
1.2.6.2	Vermeidung von Folgeschäden im Straßenoberbau und an der Straßendecke	21
1.2.6.3	Wiederherstellung von Asphaltdecken	22
1.2.6.4	Wiederherstellung von Zementbetondecken	24
1.2.7	Einsatz von selbstverdichtenden Verfüllmaterialien (SVM)	26
1.2.7.1	Einsatz von selbstverdichtenden Verfüllmaterialien zur Vermeidung von Setzungen des Rohrgrabens	26
1.2.7.2	Selbstverdichtende Verfüllmaterialien	29
1.2.7.3	Besonderheiten der Rohrtragfähigkeitsberechnung bei Einsatz von SVM/ Bodenmörtel	33
1.3	Lage der Versorgungsleitungen im Straßenkörper	41
1.3.1	Lage und Tiefenlage sind entscheidend für die Rehabilitation	41
1.3.2	Einordnung der Leitungen in den unterirdischen Bauraum – Entwicklungs-etappen	41
1.3.3	Richtlinie für die Einordnung und Behandlung der Gas-, Wasser-, Kabel- und sonstigen Leitungen bei der Planung öffentlicher Straßen – DIN 1998 Ausgabe 10.31	44
1.A	Zeittafeln zur historischen Entwicklung	46
2	Begriffsbestimmungen der Rehabilitation (Sanierung und Erneuerung)	53
2.1	Ziele der Rehabilitation	53
2.1.1	Rehabilitation als Daueraufgabe	53
2.1.2	Wasserversorgung	53
2.1.3	Gasversorgung	53
2.1.4	Fernwärmeleitungen und -kanäle	53
2.1.5	Abwasserableitung	54
2.2	Technische und betriebswirtschaftliche Nutzungsdauer	54
2.2.1	Einflussfaktoren und Zustandsbeurteilung	54
2.2.2	Ursachen von Schäden an Wasserversorgungsnetzen	54
2.2.3	Ursachen von Schäden an Gasrohrnetzen	55
2.2.4	Ursachen von Schäden Fernwärmeleitungen und -kanälen	56
2.2.5	Ursachen von Schäden an Abwassernetzen	56
2.3	Sanierungs- oder Erneuerungszeitpunkt	56
2.3.1	Wasserversorgung	56

2.3.2	Gasversorgung	57
2.3.3	Fernwärmeversorgung	57
2.3.4	Abwasserableitung	57
2.4	Grabenlose Rehabilitationsverfahren	57
2.5	Begriffsbestimmungen nach DIN 31051	58
2.5.1	Begriffsbestimmungen der Instandhaltung von Wasserversorgung	60
2.5.2	Begriffsbestimmungen der Instandhaltung von Gasversorgungsnetzen	60
2.5.3	Begriffsbestimmungen der Instandhaltung von Fernwärmeversorgungsnetzen	61
2.5.4	Begriffsbestimmungen der Instandhaltung von Abwasserleitungen	62
3	Rohrmaterialien und ihre Eigenschaften	63
3.1	Zur Entwicklung der Rohrleitungstechnik in 5 Jahrtausenden [Roscher]	63
3.2	Rohrmaterialien und Herstellung (Produktion und Eigenschaften) [Roscher]	65
3.2.1	Zur Entwicklung der Rohrleitungstechnik für die Wasserversorgung	65
3.2.1.1	Holzrohrleitungen für die mittelalterliche Wasserversorgung	68
3.2.1.2	Gussrohre	69
3.2.1.3	Stahlrohre	72
3.2.1.4	Zementmörtel-Auskleidung von Guss- und Stahlrohren	73
3.2.1.5	Stahlbeton und Spannbetonrohre sowie Betonrohre	75
3.2.1.6	Asbestzementrohrleitungen	76
3.2.1.7	Kunststoffrohre	76
3.2.1.8	Einteilung der Rohrmaterialien nach Generationen	80
3.2.2	Zum Problem der Korrosion und der Alterung	83
3.2.2.1	Das Phänomen der Korrosion	83
3.2.2.2	Korrosion metallischer Rohrleitungen	83
3.2.2.3	Elektrochemisch bedingte Korrosion	84
3.2.2.4	Korrosionsschutz heute	84
3.2.2.5	Graphitierung bei Graugussleitungen	86
3.2.2.6	Korrosion bei Asbestzement- und Betonrohren	86
3.2.2.7	Zeitstandsfestigkeit und Versprödung von Kunststoffrohren aus PE und PVC	86
3.3	Zur Entwicklung der Rohrleitungstechnik für die Gasversorgung [Roscher]	87
3.3.1	Rohrmaterialien und Schlauchliner	87
3.3.2	Leitungsgruppen – Rohrgenerationen	88
3.4	Zur Entwicklung der Rohrleitungstechnik in der Fernwärmeversorgung [Roscher]	88
3.5	Zur Entwicklung der Rohrleitungstechnik für die Abwasserableitung [Roscher]	89
3.5.1	Steinzeugrohre	89
3.5.2	Stahlbeton und Spannbetonrohre sowie Betonrohre	90
3.5.3	Mauerwerkskanäle	90
4	Sanierung und Erneuerung von Wasserversorgungsnetzen	91
4.1	Rohrnetzbestand in Deutschland	91
4.2	Schäden und Schadensursachen, Schadenserfassung und Zustandsbewertung	93
4.2.1	Aufgaben der Schadenserfassung und Zustandsbewertung	93
4.2.2	Vorbemerkungen zur Schadensforschung	93
4.2.3	Ergebnisse der Schadensforschung	93
4.2.4	Alter der Rohrleitungen kein Kriterium für Schäden und Zustand	93
4.3	Die zunehmende Beanspruchung der Rohrleitungen im Straßenraum	94
4.4	Schadenserfassung und Schadensstatistik	96
4.4.1	Ziele und Inhalt der Schadenserfassung	96
4.4.2	Schadensstatistik des DVGW	97
4.4.3	Unternehmensübergreifende Schadensstatistik	97
4.4.4	Instandhaltungsrelevante Daten	97
4.4.5	Datenerfassung, -zuordnung und -speicherung	98
4.4.6	Statistik der Bestands- und Zustandsdaten (Statistische Auswertung)	99
4.4.7	Qualitätssicherung bei der Datenerfassung und -auswertung	100
4.4.8	Nutzen der DVGW-Schadensstatistik Wasser für die Rehabilitationspraxis	100
4.4.9	Schadenserfassung im Unternehmen und Auswertung mit EDV	102
4.4.9.1	Schadenserfassung im Unternehmen und Auswertung mit EDV	102
4.4.9.2	Schadensstatistik als Planungsgrundlage?	102
4.4.9.3	Schadensstatistische Auswertung	104
4.4.9.4	Ergebnisse schadensstatistischer Auswertungen	105
4.5	Wasserverlustermittlung (W392 derzeitige Fassung, W392 liegt im Entwurf vor)	106
4.5.1	Wasserverluste in Trinkwassernetzen – ein Dauerproblem	106
4.5.2	Wasserverluste durch Lochkorrosion bei Längs- und Querrissen	107

4.5.3	Ziele der Wasserverlustermittlung	108
4.5.4	Wassermengenbilanz	108
4.5.5	Bewertung der Wasserverluste	109
4.5.6	Inspektion und Wartung von Ortsnetzen	110
4.5.7	Wasserverlustmessung	110
4.5.7.1	Verfahren der Wasserverlustmessung	110
4.5.7.2	Ermittlung der Wasserverluste durch Zuflussmessung	111
4.5.7.3	Leckortungsmethoden	111
4.6	Beurteilung des Zustandes liegender Rohrleitungen	113
4.6.1	Vorbemerkungen	113
4.6.2	Schadenserkennung und Schadensentstehung	113
4.6.3	Beurteilung des Zustandes liegender Rohrleitungen	114
4.6.4	Durchführung materialtechnischer Untersuchungen im Labor für metallische Rohrleitungen	116
4.6.5	Ziele der materialtechnischen Zustandsbewertung	127
4.6.5.1	Zustandsbeurteilung nach Brussig	127
4.6.5.2	Zustandsbeurteilung nach Böhm	127
4.6.5.3	Materialtechnische Zustandsbewertung nach Sorge	128
4.7	Planung der Rehabilitation	132
4.7.1	Ziele der Instandhaltung von Trinkwasserrohrnetzen	132
4.7.2	Rehabilitationsstrategie	132
4.7.3	Ziele der Instandhaltung von Trinkwasserrohrnetzen	133
4.7.3.1	Planung und Durchführung der Rehabilitation	133
4.7.3.2	Unterlagen für die Netzanalyse	133
4.7.3.3	Bildung von Leitungsgruppen	133
4.7.4	Zustandsorientierte Instandhaltungsstrategie	133
4.7.5	Optimale Rehabilitationsstrategie	133
4.7.6	Flächenhafte Rehabilitation	135
4.7.6.1	Beispiele flächenhafter Rehabilitation	135
4.7.6.2	Vorteile der flächenhaften Rehabilitation - Untersuchungsergebnisse Erfurt	135
4.7.6.3	Synergieeffekte Flächenhafte Rehabilitation	138
4.7.7	Effektivität von Instandhaltungsmaßnahmen	139
4.8	Vorbereitungsarbeiten zur Durchführung von Rehabilitationsmaßnahmen	140
4.8.1	Zur Entwicklung der Rehabilitationsverfahren	140
4.8.2	Auswahl des geeigneten Verfahrens	142
4.8.3	Reparatur – sofortige Beseitigung von Rohrschäden	142
4.8.4	Vorbereitung der Rehabilitationsmaßnahmen	144
4.8.4.1	Bauablauf	144
4.8.4.2	Sicherung von Baustellen auf öffentlichen Grundstücken	144
4.8.4.3	Ersatzversorgung	145
4.8.5	Rohrreinigung in Abhängigkeit vom Sanierungsverfahren	147
4.8.5.1	Verfahrensbedingte Anforderungen	147
4.8.5.2	Verfahren der Rohrreinigung	147
4.8.5.3	TV-Inspektion und Videoaufzeichnungen	148
4.8.6	Untersuchungen zur Wirtschaftlichkeit grabenloser Rohrverlegung	149
4.9	Rehabilitationsverfahren	151
4.9.1	Zementmörtelauskleidung	151
4.9.1.1	Merkmale des Verfahrens und Zustand des Altröhres	151
4.9.1.2	Arbeitsablauf und Anforderungen an das ausführende Fachunternehmen	151
4.9.1.3	Verfahrensdurchführung	151
4.9.1.4	Anforderungen an die eingesetzten Materialien und den Festmörtel	152
4.9.1.5	Eignungsprüfung, Güteprüfung, Ausgangsstoffe	153
4.9.1.6	Beschaffenheit der Auskleidung	153
4.9.1.7	Wiederinbetriebnahme	153
4.9.1.8	Schutzwirkung des Zementmörtels	154
4.9.1.9	Einsatzbereiche der Zementmörtelauskleidung	154
4.9.1.10	Kontrolle und Gütesicherung	156
4.9.2	Gewebeschlauchrelining-Verfahren nach GW 327 für Gas- und Wasserrohrleitungen mit Verklebung des Inliners	156
4.9.2.1	Merkmale des Verfahrens	156
4.9.2.2	Verfahrensbeschreibung	156
4.9.2.3	Materialien und Auskleidung	157
4.9.2.4	Hausanschlüsse, Inbetriebnahme und Nachweise	157
4.9.2.5	Verfahrensvarianten (SANFLEX, Process Phoenix, starline)	158

4.9.2.6	Prüfgrundlagen des Gewebeschlauch-Verfahrens bei Wasserrohrleitungen (auszugsweise aus W 330 (P))	165
4.9.3	Rohrstrang-Relining mit Ringraum nach GW 320-1 (Erneuerung von Gas- und Wasserrohrleitungen durch Rohreinzug oder Rohreinschub)	166
4.9.3.1	Merkmale des Verfahrens	166
4.9.3.2	Rohrstrang-Relining mit PE-Rohren (PE 80, PE 100) bzw. PE-Xa-Rohren	167
4.9.3.3	Relining mit Stahl- und duktilen Gussrohren	171
4.9.3.4	Rohrstrang-Relining mit Verformung nach GW 320-2	174
4.9.4	Grabenlose Auswechslungen von Gas- und Wasserrohrleitungen mit Press-/Ziehverfahren und Hilfsrohrverfahren (GW 322-1 und GW 322-2)	177
4.9.4.1	Verfahrensentwicklung aufgrund des Berliner Straßengesetzes	177
4.9.4.2	Verfahrensbeschreibung	177
4.9.4.3	Press- und Ziehverfahren für Haupt- und Versorgungsleitungen nach GW 322	177
4.9.4.4	Anforderungen an die Fachunternehmen	178
4.9.4.5	Anforderungen an das Rohrmaterial	178
4.9.4.6	Vorbereitende Arbeiten und Ausführung	179
4.9.4.7	Press-/Ziehverfahren -hydros	180
4.9.4.8	Hilfsrohrverfahren Verfahrensbeschreibung	184
4.9.4.9	Rohre und Rohrverbindungen für Press-/Ziehverfahren und Hilfsrohrverfahren	186
4.9.4.10	Bodenarten	187
4.9.4.11	Auswechsellängen	187
4.9.4.12	Verfahrenstechnische Gütesicherung bei der Durchführung	188
4.9.4.13	Dokumentation und Rückverfolgbarkeit	188
4.9.5	Berstliningverfahren	189
4.9.5.1	Zur Verfahrensentwicklung	189
4.9.5.2	Dynamisches Berstliningverfahren	189
4.9.5.3	Statisches Berstlining mit Schnellklinkengestänge	189
4.9.6	Abbruch-, Sanierungs- und Instandhaltungsarbeiten an Wasserrohrleitungen mit asbesthaltigen Bauteilen und Beschichtungen	194
4.9.6.1	Gefahrenstoffverordnung	194
4.9.6.2	Meldepflichten und Gefährdungsbeurteilung	194
4.9.6.3	Leitung und Beaufsichtigung der Arbeiten durch Sachkundige und Durchführung durch fachkundiges Personal	194
4.9.6.4	Sicherheitstechnische Maßnahmen (Geprüfte Arbeitsverfahren)	194
4.9.6.5	Arbeitsmedizinische Vorsorge	195
4.9.6.6	Gefahrstoffgerechte Entsorgung asbesthaltiger Teile	195
4.9.7	Steuerbarer grabenloser Vortrieb	195
4.9.8	Rehabilitationsverfahren Hausanschlussleitungen nach GW 325 und [Rameil und Naujoks, 2006]	197
4.9.8.1	Zur Lage der Hausanschlussleitungen und den früher eingesetzten Rohrmaterialien	197
4.9.8.2	Verfahren zur Auswechslung von Hausanschlussleitungen	197
4.9.8.3	Bestandsaufnahme, Auswahl und Anwendung des Verfahrens (nach GW 325)	198
4.9.8.4	Produktrohre und Verbindungen	198
4.9.8.5	Bettung und Überwachung der Zugspannungen	198
4.9.8.6	Baugruben und Hausein-/Mauerdurchführung, Außerbetriebnahme, Leitungstrennung und -ersatzversorgung	199
4.9.8.7	Verfahren nach GW 325	199
4.9.9	Straßen-Folgeschäden im Bereich der Hausanschlussgruben	201
4.9.10	Bohrloch-Verfahren (Keyhole-Bohrtechnik) [Roscher et al., 2012]	201
4.10	Fernwasserversorgungssysteme	205
4.10.1	Zum Bau von Fernwassersystemen in Deutschland	205
4.10.2	Zum Einsatz von Rohrmaterialien	206
4.10.2.1	Kriterien für die Auswahl der Rohrwerkstoffe	206
4.10.2.2	Zum Einsatz von Grauguss-, Duktulguss- und Stahlrohren	206
4.10.2.3	Zum Einsatz von Spannbetonrohren und Stollen	206
4.10.2.4	Inspektion, Wartung und Betriebsüberwachung von Fernwasserverteilungsanlagen [DVGW, 2011a]	207
4.10.3	Rohrleitungsschäden	207
4.10.4	Inspektion und Wartung von Rohrleitungen	209
4.10.5	Wasserqualität	209
4.10.6	Rehabilitation von Fernwasserleitungen - Beispiele	209
4.10.6.1	Rehabilitation mit Hilfe von Interimsleitungen [Gernke und Rink, 2009]	209
4.10.6.2	Zementmörtelauskleidung [Berkel, 2012]	210

4.10.6.3	Reliningverfahren mit duktilen Gussrohren [Haupt, 2008a], [Haupt, 2008b]	211
4.10.6.4	Großrohrsanierung von Trinkwasserleitungen mit Kunststoffrohren bzw. -auskleidungen [Meyer, 2012]	213
5	Sanierung und Erneuerung von Gasrohrnetzen	215
5.1	Zur Entwicklung der Gasversorgung in Deutschland	215
5.1.1	Erdgaseinsatz und Rehabilitation der Gasrohrnetze [Cerbe, 1999]	215
5.1.2	Rohrmaterialien und Schlauchliner [Cerbe, 1999], [Hüning und Homann, 1997], [DVGW, 1999a]	215
5.1.3	Sonderprogramm Grauguss	216
5.1.4	Sicherheit und Risikobewertung im Gasfach	217
5.1.4.1	Sicherheit im Gasfach	217
5.1.4.2	Zur Definition Schaden	217
5.1.4.3	Zur Definition Risiko	218
5.2	Netz- und Schadensstatistik als Grundlage für Instandhaltungsstrategien	218
5.2.1	Die Neufassung des Arbeitsblattes G 402 (A)	218
5.2.2	Begriffe, Symbole, Einheiten und Abkürzungen	218
5.2.3	Grundsätze der Instandhaltung für Gasverteilungsnetze	219
5.2.4	Instandhaltungsrelevante Daten	219
5.2.5	Aufbereitung der Schadens- und Zustandsdaten	221
5.2.6	Leistungsgruppen	221
5.3	Grundsätze der Instandhaltung von Gasverteilungsnetzen	222
5.3.1	Instandhaltungsstrategien	222
5.3.1.1	Langfristige Instandhaltungsstrategie	222
5.3.1.2	Mittelfristige Instandhaltungsplanung	222
5.3.1.3	Kurzfristige Instandhaltungsmaßnahmen	223
5.3.1.4	Folgen unzureichender Instandhaltung	223
5.4	Schadens Erfassung und Überprüfung nach G 465-1	223
5.4.1	Überprüfung von Gasrohrnetzen mit einem Betriebsdruck bis 4 bar	223
5.4.2	Beurteilung nach GW 465-2	224
5.4.2.1	Ursachen von Leckstellen	224
5.4.2.2	Einflussgrößen auf die Gasausbreitung	224
5.4.2.3	Leckgröße, Leckmenge und Leckklassifikation	225
5.5	Leckortung [Hüning und Homann, 1997]	226
5.5.1	Die Anfänge der Leckortung	226
5.5.2	Heutige Gasspürtechnik	226
5.5.3	Austritt größerer Gasmengen unter dichten Oberflächen	226
5.5.4	Gasaustritt bei gestörtem Erdreich und Rissen in der Oberfläche	227
5.6	Rehabilitationsverfahren	227
5.6.1	Zur Entwicklung der Dichtungs- und Rehabilitationsverfahren	227
5.6.2	Dichtungsverfahren	227
5.6.3	Entwicklung der grabenlosen Sanierungs- und Erneuerungsverfahren	228
5.6.4	Reparatur- und Instandsetzungsverfahren	229
5.6.5	Sicheres Arbeiten an Gasleitungen [Stevens et al., 2003], [Woborschil, 2008]	230
5.6.6	Einsatz von Absperrblasen	232
5.6.7	Gewebeschlauchrelining-Verfahren nach GW 327 für Gas- und Wasserrohr- leitungen mit Verklebung des Inliners	233
5.6.8	PE-Relining	233
5.6.9	Rohrstrang-Relining mit Ringraum nach GW 320-1	233
5.6.9.1	Anforderungen an die Fachunternehmen	233
5.6.9.2	Anforderungen an das Rohrmaterial und das Verfüllmaterial	233
5.6.9.3	Vorbereitende Arbeiten	233
5.6.9.4	Einbau	235
5.6.9.5	Netzeinbindung, Abzweige, Anschlussleitungen	236
5.6.9.6	Dokumentation und Druckprüfung	236
5.6.10	PE-Relining ohne Ringraum - U-Liner-Verfahren	236
5.6.10.1	Zur Verfahrensentwicklung und Anwendung	236
5.6.10.2	Das U-Liner-Verfahren	236
5.6.10.3	Berstlining	238
5.6.11	Trennen und Anschluss von Rohrleitungen	240
5.6.11.1	Trennen und Anschluss von Rohrleitungen bei der Rehabilitation nach G 465-2	240
5.6.11.2	Durchführung der Arbeiten	240

6	Rehabilitationsstrategien	241
6.1	Risikobasierte Budgetierung von Instandhaltungsmaßnahmen für Wasser- und Gasnetze (auszugsweise aus [Kornatz, 2008])	241
6.1.1	Risikomanagement als Bestandteil der Unternehmensführung	241
6.1.1.1	Risikobasierte Budgetierung	241
6.1.1.2	Water Safety Plans - Trinkwassersicherheitskonzept	241
6.2	Optimierung von Versorgungsnetzen der Wasser- und Gasversorgung	242
6.2.1	Erarbeitung einer Rehabilitationsstrategie für Druckrohrleitungen	242
6.2.1.1	Bewertung von Druckrohrnetzen mit OptNet® [Ahrens, 2008]	242
6.2.1.2	Zielsetzung der Erneuerungsplanung von Wasserversorgungsnetzen (Fichtener Asset Services & Technologies)	242
6.2.1.3	Erhaltung und Erneuerung von Druckrohrnetzen der Wasserversorgung	243
6.2.1.4	Umsetzung der Asset Strategie DVWG W 403/ISO 55000	244
6.2.1.5	Integriertes Asset Management	246
6.2.1.6	Optimierter Vorschlag für die Erneuerungsstrategie	248
6.2.1.7	Grundlagen	248
6.2.1.8	Informationsbedarf zur Bewertung der Netze	251
6.2.1.9	Hydraulische Rohrnetzberechnung	255
6.2.1.10	Zustand	257
6.2.1.11	Kosten	261
6.2.1.12	Übliche Nutzungsdauern	262
6.2.1.13	Optimale Gestaltung des Netzes	263
6.2.1.14	Durchmesseroptimierung	264
6.2.1.15	Entwicklung der Rehabilitationsstrategie	266
6.2.1.16	Bestimmung der notwendigen Rehabilitationsrate	266
6.2.1.17	Entwicklung des Abnutzungsvorrates und der Schadensrate	268
6.2.1.18	Maßnahmenplanung	269
6.2.1.19	Aufwand und Nutzen der Rehabilitation	270
6.3	EDV-gestützte Rehabilitationsplanung mit KANEW	271
6.3.1	Zielstellung des EDV-Programms KANEW	271
6.3.2	Planungssoftware KANEW	271
6.3.3	Historie und Erstanwendungen	271
6.3.4	Anwendung des EDV-Programms KANEW	272
6.3.4.1	Asset Management Framework	272
6.3.4.2	Strategien der Instandhaltung	272
6.3.4.3	Der KANEW Analyserahmen	272
6.3.4.4	Zustandsanalyse und Bewertung	273
6.3.4.5	Bedarfsprognose und Strategie	274
6.3.4.6	Prioritäten bei der Netzerneuerung	276
6.3.4.7	Controlling mit Hilfe von Kennzahlen	277
6.3.4.8	Datenaustausch	277
6.3.4.9	(Mindest-) Datenanforderungen	277
7	Sanierung von Abwasserkanälen und -leitungen	279
7.1	Anforderungen an die Sanierung	279
7.1.1	Allgemeines	279
7.1.2	Schäden, Schadensursachen, Schadensfolgen	279
7.1.2.1	Abnutzungsvorrat und Qualitätsverlauf	279
7.1.2.2	Ursachen und Folgen baulicher Schäden	281
7.1.2.3	Schadensbeispiel Wurzeleinwuchs	282
7.1.2.4	Praxisbeispiel Zustandsbildkatalog Abwasserschächte	282
7.1.3	Anforderungen	283
7.1.3.1	Funktionalanforderungen	283
7.1.3.2	Leistungsanforderungen	283
7.1.3.3	Normung, Richtlinien und Zulassungen	285
7.1.4	Praxisbeispiel IKT-Warentest	287
7.2	Zustandserfassung, -klassifizierung und -bewertung	287
7.2.1	Zustandserfassung	288
7.2.2	Zustandsklassifizierung und -bewertung	288
7.2.3	Praxisbeispiel: Inspektion teilgefüllter Kanäle	289
7.2.4	Grenzen der optischen Inspektion	291
7.2.5	Perspektiven: Erfassung und Bewertung des Rohr-Boden-Systems	292
7.3	Planung der Sanierung	292
7.4	Technische Sanierungsansätze	293
7.4.1	Erarbeitung ganzheitlicher Lösungen	293

7.4.2	Hydraulische Sanierung	293
7.4.3	Umweltrelevante Sanierung	294
7.4.4	Bauliche Lösungen	294
7.4.5	Betriebliche Lösungen	295
7.5	Reparatur	295
7.5.1	Einteilung der Verfahren	295
7.5.2	Innenmanschetten in nicht begehbaren Kanälen	296
7.5.2.1	Verfahrensmöglichkeiten	296
7.5.2.2	Örtlich erhärtende, reaktionsharzgetränkte Gewebemanschetten	296
7.5.3	Injektionsverfahren – Allgemeines	297
7.5.3.1	Injektionsmittel	297
7.5.3.2	Wirkung der Injektionsmittel auf das Grundwasser	298
7.5.4	Injektion von Außen	298
7.5.5	Injektion von Innen	299
7.5.5.1	Boden- und/oder Hohlrauminjektion	299
7.5.5.2	Rissinjektion	300
7.5.5.3	Injektion von Rohrverbindungen	300
7.5.6	Verfahren zur Abdichtung von Kanalabschnitten	302
7.5.7	Praxisbeispiel Sanierung von Anschlussstutzen	302
7.5.7.1	Schäden	302
7.5.7.2	Reparatur	302
7.6	Renovierung	304
7.6.1	Beschichtungsverfahren	304
7.6.1.1	Mörtelbeschichtung	304
7.6.1.2	Polyurethanbeschichtung	306
7.6.1.3	Verfahrenstechniken	306
7.6.2	Auskleidung von Kanälen – Verfahren und Anforderungen	308
7.6.2.1	Einteilung der Auskleidungsverfahren – Begriffsdefinition	308
7.6.2.2	Anforderungen	309
7.6.2.3	Auskleidung mit montierten Einzelelementen	310
7.6.2.4	Auskleidung mit Rohren	311
7.6.3	Rohrrelining – Auskleidung mit vorgefertigten Rohren	311
7.6.3.1	Konventionelle Rohrstrangverfahren	312
7.6.3.2	Weiterentwickelte Rohrstrangverfahren	313
7.6.3.3	Einzelrohr-Lining	316
7.6.4	Wickelrohrverfahren – Auskleidung mit örtlich hergestellten Rohren	317
7.6.5	Schlauchverfahren – Auskleidung mit örtlich hergestellten und erhärtenden Rohren	318
7.7	Erneuerung	322
7.7.1	Notwendigkeit und Umsetzung der Erneuerung	322
7.7.2	Erneuerung in geschlossener Bauweise	322
7.7.2.1	Überfahren	322
7.7.2.2	Berstverfahren	323
7.8	Auswahlkriterien für Verfahren zur baulichen Sanierung	324
7.8.1	Entscheidungsprozess zur Verfahrensauswahl	324
7.8.2	Reparatur – Renovierung – Erneuerung	325
7.8.3	Auswahlkriterien Wirtschaftlichkeit und Lebenszyklus	326
8	Rehabilitation von Fernwärmekanälen und -leitungen	329
8.1	Historische Entwicklung der Fernwärmeversorgung [Brockhaus, 1901-1904], [Schiller, o.J.], [Bärthel, 1975c], [Bärthel, 1975b], [Geier, 1978]	329
8.2	Historische Fernwärmekanäle und Bauweisen	331
8.3	Grundlagen der zentralen Wärmeversorgung (Lindner/Roscher in [Roscher, 1989])	332
8.3.1	Bestandteile der zentralen Wärmeversorgung	332
8.3.2	Zustandsgrößen und Eigenschaften des Wärmeträgers	332
8.3.3	Wärmeerzeugungsanlagen	332
8.3.3.1	Heizkraftwerke	332
8.3.3.2	Heizwerke	332
8.3.3.3	Industriebetriebe mit Hochtemperaturprozessen (Metallurgie, Chemie u.a.)	332
8.3.3.4	Insel- bzw. Verbundbetrieb, regionaler Betrieb	332
8.3.3.5	Nutzung von Geothermalenergie (Sonderform - keine Wärmeerzeugung)	333
8.3.3.6	Nutzung der Rücklaufenthalpie (Sonderform - keine Wärmeerzeugung)	333
8.3.3.7	Heißwasserspeicher (Sonderform- keine Wärmeerzeugung)	333

8.4	Wärmetransportsysteme (Lindner/Roscher in [Roscher, 1989])	333
8.4.1	Netzformen	333
8.4.2	Anschlussarten der Abnehmer	333
8.4.2.1	Wärmeträger Heißwasser	333
8.4.2.2	Wärmeträger Dampf	335
8.4.2.3	Transportsysteme und Verlegeverfahren	335
8.4.2.4	Abzweigstationen	336
8.5	Bauweisen von Fernwärmeleitungen	337
8.5.1	Einteilung der Verlegeverfahren	337
8.5.2	Fernwärmekanäle in Fertigteilbauweise	337
8.5.3	Fernwärmeleitungen in Sammelkanälen und Leitungsgängen	339
8.5.4	Kanalfrei verlegte Fernwärmeleitungen	341
8.5.5	Fernwärmeleitungen auf Sockeln und Stützen	345
8.6	Schadensursachen	346
8.6.1	Schäden an Fernwärmekanälen und Fernwärmeleitungen	346
8.6.2	Schäden an kanalfrei verlegten Fernwärmeleitungen	346
8.6.3	Schäden an Sockel- und Stützenleitungen	347
8.6.4	Schäden an Fernwärmeleitungen in Sammelkanälen bzw. Leitungsgängen	347
8.6.5	Schadensuntersuchungen von Fernwärmeleitungen in Kanalstrecken	347
8.6.5.1	Untersuchung des Kanalzustandes und des Zustandes der Isolierung vom Fernwärmeleitungen mit der Kanalraupe (Teleraupe)	347
8.6.5.2	Schadensuntersuchungen mit Hilfe der Thermographie	348
8.6.5.3	Leckerkennung in Kanälen	349
8.6.6	Schadensuntersuchungen an kanalfrei verlegten von Fernwärmeleitungen	349
8.6.7	Schadensuntersuchungen von Fernwärmeleitungen in Sammelkanälen und Leitungsgängen	349
8.6.8	Schadensuntersuchungen von Fernwärmeleitungen auf Sockeln und Stützen	349
8.7	Rehabilitationsstrategie (AGFW FW 114 Entwurf auszugsweise)	349
8.7.1	Begriffe und Definitionen der Rehabilitation	349
8.7.2	Abschätzung der technischen Nutzungsdauer	350
8.7.3	Grundstrategien der Instandhaltung	351
8.7.3.1	Ereignisorientierte Instandhaltung	351
8.7.3.2	Zeitorientierte Instandhaltung	351
8.7.3.3	Zustandsorientierte Instandhaltung	351
8.7.3.4	Risikoorientierte Instandhaltung	351
8.7.4	Ermittlung des Erneuerungsbedarfs	351
8.8	Instandsetzung und Rehabilitationsmaßnahmen von Fernwärmeleitungen	352
8.8.1	Betriebsstörungen und Schäden	352
8.8.2	Abschätzung der technischen Nutzungsdauer	352
8.8.3	Rehabilitationsmaßnahmen von kanalverlegten Strecken	352
8.8.4	Rehabilitationsmaßnahmen von kanalfrei verlegten Strecken	353
8.8.5	Rehabilitationsmaßnahmen von Fernwärmeleitungen in Sammelkanälen und Leitungsgängen	353
8.9	Begriffsbestimmung Sammelkanäle	354
8.9.1	Einbau neuer Gussrohre unter dem Champs-E`lyse`es in Paris [Planel, 2014]	354
8.9.2	Erneuerung einer Trinkwasserleitung DN 300 in einem Sammelkanal [Schneider und Rau, 2010]	355
8.9.3	Neue Duktulgussrohrleitungen im Sammelkanal Frankfurt/Oder [Rau, 2014]	356
8.9.4	Betoninstandsetzung und Dichtungsarbeiten in Sammelkanälen [Breternitz GmbH, o.J.]	357
	Literaturverzeichnis	359
	Glossar	377
	Gesetze und Richtlinien	399
	Abkürzungsverzeichnis	400
	Stichwortverzeichnis	401