

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	5
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	6
<b>Einleitung</b> .....	21
<b>1 Sanierungswerkstoffe</b> .....	27
<b>1.1 Kunststoffe Basiswissen</b> .....	28
1.1.1 Historie, Definition, Klassifizierung/Herkunft .....	28
<b>1.2 Molekulare Beschaffenheit und Eigenschaften</b> .....	30
1.2.1 Polymerisation .....	30
<b>1.3 Kunststoffe in der Kanalsanierung</b> .....	33
1.3.1 Thermoplaste .....	33
1.3.1.1 PP (Polypropylen) .....	36
1.3.1.2 PVC (Polyvinylchlorid) .....	37
1.3.2 Duroplaste .....	37
1.3.2.1 Verbundwerkstoffe/Schlauchliner .....	37
<b>2 Fehler bei der Reparatur</b> .....	43
<b>2.1 Kurzliner</b> .....	46
2.1.1 Verfahrensbeschreibung .....	46
2.1.2 Mögliche Fehler beim Kurzlinerverfahren .....	47
2.1.3 Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	54
2.1.3.1 Unkenntnis der Baustellenrandbedingungen .....	55
2.1.3.2 Fehlerhafte Dimensionierung .....	56
2.1.3.3 Falsche Ausgangsmaterialien .....	56
2.1.3.4 Falsche Lagerung des Materials .....	56
2.1.3.5 Glaskorrosion .....	57
2.1.3.6 Harzauswaschungen/Harzverseifungen .....	57
2.1.3.7 Unzureichende Abwasserüberleitung .....	57
2.1.3.8 Unzureichende Untergrundvorbehandlung .....	57
2.1.3.9 Kurzliner zu kurz .....	57
2.1.4 Fehler in der Reparaturausführung .....	58
2.1.4.1 Ungenügende Hindernisentfernung .....	58

2.1.4.2	Unzureichende Untergrundvorbehandlung . . . . .	58
2.1.4.3	Nichtbeachten der Arbeitstemperaturen / Falsche Topfzeit . . . . .	58
2.1.4.4	Fehlerhafte Mischung / Unzureichende Tränkung . . . . .	59
2.1.4.5	Lufteinschlüsse . . . . .	59
2.1.4.6	Vorzeitige Aushärtung . . . . .	59
2.1.4.7	Ungenügender Arbeitsdruck . . . . .	59
2.1.4.8	Zu frühes Entfernen des Packers . . . . .	60
2.1.4.9	Verrutschte Trägermatte / Abstreifen während der Installation . . . . .	60
2.1.4.10	Harzauswaschungen/Harzverseifungen . . . . .	60
2.1.4.11	Abstreifen des Harzes . . . . .	61
2.1.4.12	Stauchung im Bogenbereich . . . . .	61
2.1.4.13	Falsch gesetzter Kurzliner . . . . .	61
2.1.4.14	Fehler bei der Dichtheitsprüfung . . . . .	61
2.1.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Reparatur aus technischer Sicht . . . . .	61
2.1.5.1	Undichtigkeiten . . . . .	62
2.1.5.2	Fehler in der Bauausführung . . . . .	62
2.1.5.3	Optische Fehler . . . . .	62
2.1.6	Behebung von Reparaturfehlern bei Kurzlinern . . . . .	63
2.1.7	Qualitätssicherung . . . . .	63
2.1.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten . . . . .	64
2.1.9	Toleranzen . . . . .	64
2.1.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander? . . . . .	64
2.1.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	64
<b>2.2</b>	<b>Manschettentechnik . . . . .</b>	<b>68</b>
2.2.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	68
2.2.2	Mögliche Fehler bei der Manschettentechnik . . . . .	68
2.2.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	68
2.2.3.1	Fehler in der Planungsphase . . . . .	71
2.2.3.2	Fehler in der Baustellenvorbereitung . . . . .	72
2.2.3.3	Falsche Edelstahlmaterialien . . . . .	72
2.2.3.4	Falsches Dichtungsmaterial . . . . .	72
2.2.4	Fehler in der Reparaturausführung . . . . .	72
2.2.4.1	Fehlerhafte Positionierung der Manschette auf dem Packer . . . . .	72
2.2.4.2	Fehlerhafte Positionierung der Manschette . . . . .	74
2.2.4.3	Fehlerhafte Vorbereitung der Manschette und Dichtung . . . . .	75
2.2.4.4	Fehlerhafte oder fehlende Wareneingangskontrolle . . . . .	76
2.2.4.5	Fehlerhafte Lagerung/Transport . . . . .	76
2.2.4.6	Fehlerhafte Produktwahl . . . . .	76

2.2.4.7	Fehlerhafte oder unzureichende Untergrundvorbereitung bzw. Hindernisentfernung . . . . .	77
2.2.4.8	Fehlerhafte oder fehlende Abflusslenkung . . . . .	78
2.2.4.9	Fehlerhafter Anpressdruck des Packersystems . . . . .	78
2.2.4.10	Fehlerhafter Anpressdruck . . . . .	78
2.2.4.11	Fehler bei der Sanierung von Wurzeleinwüchsen . . . . .	78
2.2.4.12	Fehler bei der Sanierung von Schadstellen mit starkem Grundwassereintritt . . . . .	79
2.2.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Reparatur . . . . .	80
2.2.5.1	Optischer Mangel/Fehler . . . . .	80
2.2.5.2	Undichtigkeit . . . . .	80
2.2.5.3	Beschädigung der Manschettenoberfläche . . . . .	80
2.2.6	Behebung von Reparaturfehlern bei Manschettenreparatur . . . . .	81
2.2.7	Qualitätssicherung . . . . .	81
2.2.8	Einbinden von Anschlüssen und Schächten . . . . .	81
2.2.9	Toleranzen . . . . .	82
2.2.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander? . . . . .	82
2.2.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	82
<b>2.3</b>	<b>Roboterverfahren . . . . .</b>	<b>84</b>
2.3.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	84
2.3.1.1	Roboterpresssysteme . . . . .	85
2.3.1.2	Spachtelroboter . . . . .	86
2.3.1.3	Roboterinjektionssysteme . . . . .	86
2.3.2	Mögliche Fehler bei Roboterverfahren . . . . .	87
2.3.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	88
2.3.3.1	Kanalreinigung / Reinigung der Schadstelle . . . . .	89
2.3.3.2	Abwasserhaltung . . . . .	89
2.3.4	Fehler in der Reparaturausführung . . . . .	90
2.3.4.1	Fehler bei Fräsarbeiten (Vorfräsen) . . . . .	90
2.3.4.2	Überschätzung der Reststatik . . . . .	90
2.3.4.3	Fehler bei der Werkstoffauswahl . . . . .	91
2.3.4.4	Fehler bei der Verarbeitung . . . . .	93
2.3.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Reparatur aus technischer Sicht . . . . .	95
2.3.6	Behebung von Reparaturfehlern . . . . .	95
2.3.7	Qualitätssicherung . . . . .	96
2.3.8	Toleranzen . . . . .	96
2.3.9	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander? . . . . .	96
2.3.10	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	98

<b>2.4</b>	<b>Injektionsverfahren</b>	100
2.4.1	Verfahrensbeschreibung	100
2.4.2	Fehlermatrix für Verfahren ohne und mit stabilisierender Wirkung	101
2.4.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung	105
2.4.3.1	Fehlerhafte Einschätzung der Beschaffenheit des Altrohres	106
2.4.3.2	Falsche Ausgangsmaterialien	106
2.4.3.3	Falsche Lagerung des Materials	107
2.4.3.4	Fehlerhafte Dimensionierung	107
2.4.4	Fehler in der Reparaturausführung	107
2.4.4.1	Unzureichende Untergrundvorbehandlung	107
2.4.4.2	Ungenügende Hindernisentfernung	107
2.4.4.3	Nichtbeachten der Arbeitstemperaturen / falsche Topfzeit	108
2.4.4.4	Fehlerhafte Mischung	108
2.4.4.5	Falscher Packerdruck	108
2.4.4.6	Falsch gesetzter Packer	109
2.4.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Reparatur	109
2.4.5.1	Fehler in der Planung und Arbeitsvorbereitung	109
2.4.5.2	Undichtigkeiten	109
2.4.5.3	Fehler in der Bauausführung	110
2.4.5.4	Optische Fehler	110
2.4.6	Behebung von Sanierungsfehlern	110
2.4.7	Qualitätssicherung	110
2.4.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten	111
2.4.9	Toleranzen	111
2.4.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander?	111
2.4.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer	111
<b>2.5</b>	<b>Hutprofiltechnik</b>	114
2.5.1	Verfahrensbeschreibung	114
2.5.2	Mögliche Fehler der Hutprofiltechnik	117
2.5.3	Fehler in der Planungsphase und Arbeitsvorbereitung	118
2.5.4	Fehler in der Reparaturausführung	119
2.5.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Reparatur aus technischer Sicht	121
2.5.6	Behebung von Sanierungsfehlern	122
2.5.7	Qualitätssicherung	122
2.5.7.1	Eignungsnachweise	122
2.5.7.2	Dokumentation	122
2.5.7.3	Prüfungen	122
2.5.8	Einbindung von Anschlüssen in nicht begehbaren Freispiegelleitungen	122

2.5.9	Toleranzen .....	123
2.5.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander? .....	123
2.5.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	123
<b>3</b>	<b>Fehler bei der Renovierung .....</b>	<b>125</b>
<b>3.1</b>	<b>Vor Ort härtende Schlauchliner .....</b>	<b>128</b>
3.1.1	Verfahrensbeschreibung .....	128
3.1.2	Mögliche Fehler bei vor Ort härtenden Schlauchlinern. ....	129
3.1.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	130
3.1.3.1	Fehler in der Planung .....	130
3.1.3.2	Fehler in der Abflusslenkung (Aufrechterhaltung der Vorflut) .....	131
3.1.3.3	Fehler bei Reparaturarbeiten vor Einbau des Schlauchliners .....	131
3.1.3.4	Fehler beim Einmessen der Anschlüsse .....	131
3.1.3.5	Fehler bei der Kalibrierung .....	131
3.1.3.6	Fehlerquellen bei der Fertigung der Schlauchliner .....	132
3.1.4	Fehler in der Renovierungsausführung .....	132
3.1.4.1	Überdehnung des Liners .....	132
3.1.4.2	Beschädigungen der Außenfolie/Beschichtung .....	133
3.1.4.3	Beschädigungen der Innenfolie/Beschichtung .....	133
3.1.4.4	Axial verlaufende Falten .....	133
3.1.4.5	Radial verlaufende Falten .....	133
3.1.4.6	Örtlich begrenzte Beulen .....	134
3.1.4.7	Materialkennwerte nicht erreicht .....	134
3.1.4.8	Wanddickenüberschreitung oder -unterschreitung (Mittlere Verbunddicke $e_m$ ) .....	137
3.1.4.9	Korrosion .....	137
3.1.4.10	Lufteinschlüsse und Undichtigkeiten .....	137
3.1.4.11	Radialer Schrumpf nach der Aushärtung .....	139
3.1.4.12	Einbauschwierigkeiten .....	139
3.1.4.13	Nahtbruch und Nahtimperfection .....	140
3.1.5	Optischer Schaden .....	140
3.1.5.1	Faltenbildung .....	140
3.1.5.2	Ringspalt (produktspezifisch) .....	140
3.1.5.3	Lufteinschlüsse .....	141
3.1.5.4	Verformungen bis maximal 3 % .....	141
3.1.6	Behebung von Renovierungsfehlern .....	141
3.1.7	Qualitätssicherung .....	141
3.1.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten .....	142
3.1.9	Toleranzen .....	142

3.1.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Sanierung grabenloser Bauweise (Schlauchliner) auseinander? .....	143
3.1.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	143
<b>3.2</b>	<b>Close-Fit-Verfahren</b> .....	<b>146</b>
<b>3.2A</b>	<b>Verformungsverfahren</b> .....	<b>146</b>
3.2A.1	Verfahrensbeschreibung .....	146
3.2A.2	Mögliche Fehler beim Verformungsverfahren .....	147
3.2A.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	148
3.2A.3.1	Planungsphase .....	148
3.2A.3.2	Lieferung/Lagerung .....	149
3.2A.3.3	Arbeitsvorbereitung .....	149
3.2A.4	Fehler in der Renovierungsausführung .....	150
3.2A.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Renovierung .....	151
3.2A.5.1	Faltenbildung .....	152
3.2A.5.2	Deformationen/Abflachungen .....	152
3.2A.5.3	Einbeulungen .....	152
3.2A.5.4	Verschobene Abzweigöffnungen .....	153
3.2A.6	Behebung von Renovierungsfehlern .....	153
3.2A.7	Qualitätssicherung .....	153
3.2A.8	Einbinden von Anschlussleitungen und Schächten .....	154
3.2A.8.1	Anschlussleitungen einbinden .....	154
3.2A.8.2	Schachteinbindung .....	155
3.2A.9	Toleranzen .....	156
3.2A.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Renovierung auseinander? .....	156
3.2A.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	157
<b>3.2B</b>	<b>Reduktionsverfahren</b> .....	<b>160</b>
3.2B.1	Verfahrensbeschreibung .....	160
3.2B.2	Mögliche Fehler beim Reduktionsverfahren .....	161
3.2B.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	162
3.2B.4	Fehler in der Renovierungsausführung .....	163
3.2B.4.1	Vorflut .....	163
3.2B.4.2	Reinigung .....	163
3.2B.4.3	TV-Inspektion .....	163
3.2B.4.4	Kalibrierung .....	164
3.2B.4.5	Renovierung .....	164
3.2B.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Renovierung aus technischer Sicht .....	165

3.2B.6	Behebung von Renovierungsfehlern . . . . .	165
3.2B.7	Qualitätssicherung. . . . .	166
3.2B.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten. . . . .	166
3.2B.8.1	Einbindung Schachtbereich . . . . .	167
3.2B.8.2	Einbindung von Anschlüssen . . . . .	167
3.2B.9	Toleranzen . . . . .	167
3.2B.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhaften Ausführungen der Renovierung auseinander? . . . . .	168
3.2B.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	168
<b>3.3</b>	<b>Einzugsverfahren (Einzelrohr-Lining) mit Ringraum . . . . .</b>	<b>170</b>
<b>3.3A</b>	<b>Langrohr- und Rohrstrang-Verfahren . . . . .</b>	<b>170</b>
3.3A.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	170
3.3A.2	Mögliche Fehler beim Langrohr- und Rohrstrang-Verfahren. . . . .	172
3.3A.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	172
3.3A.3.1	Falsche Wahl der Rohrdimension . . . . .	172
3.3A.4	Fehler bei der Renovierung . . . . .	173
3.3A.4.1	Transportfehler und falsche Lagerung der Rohre . . . . .	173
3.3A.4.2	Fehlerhafte Schweißung der Rohre. . . . .	174
3.3A.4.3	Fehler beim Einziehen . . . . .	175
3.3A.4.4	Befestigung des Zugseils . . . . .	176
3.3A.4.5	Dimensionierung der Einziehbaugruben für Langrohr- und Rohrstrangverfahren . . . . .	177
3.3A.4.6	Aufstellen der Zugwinden . . . . .	179
3.3A.4.7	Längenausdehnung. . . . .	179
3.3A.4.8	Fehler bei der Ringraumverfüllung . . . . .	179
3.3A.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Renovierung aus technischer Sicht. . . . .	185
3.3A.6	Beheben von Sanierungsfehlern . . . . .	186
3.3A.7	Qualitätssicherung. . . . .	186
3.3A.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten. . . . .	186
3.3A.8.1	Schachteinbindungen der PE-Rohre. . . . .	186
3.3A.8.2	Fehler der Anschlussleitungen . . . . .	186
3.3A.9	Toleranzen . . . . .	186
3.3A.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Renovierung auseinander? . . . . .	186
3.3A.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	187
<b>3.3B</b>	<b>Kurzzrohrverfahren . . . . .</b>	<b>190</b>
3.3B.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	190
3.3B.1.1	Kurzzrohrverfahren mit Baugrube . . . . .	190

3.3B.1.2	Kurzrohrverfahren ohne Baugrube . . . . .	190
3.3B.2	Mögliche Fehler beim Kurzrohrverfahren . . . . .	191
3.3B.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	192
3.3B.3.1	Fehlerhafte Erfassung des Ist-Zustandes für die Planungsphase . . .	193
3.3B.3.2	Mängel in der Zustandsbewertung . . . . .	193
3.3B.3.3	Beachten des Grundwasserstandes . . . . .	194
3.3B.4	Fehler in der Bauausführung . . . . .	194
3.3B.4.1	Riefen auf der Rohroberfläche des Neurohrs . . . . .	195
3.3B.4.2	Einbeulen / örtlich begrenzte Verformung. . . . .	195
3.3B.4.3	Undichte Zulaufeinbindung . . . . .	195
3.3B.4.4	Schachteinbindung undicht. . . . .	195
3.3B.4.5	Undichte Muffenverbindung nach dem Einzug von Kunststoffrohrmodulen. . . . .	195
3.3B.5	Erkennen und Bewerten von Fehlern in der Bauausführung . . . . .	196
3.3B.5.1	Optischer Schaden . . . . .	196
3.3B.5.2	Technischer Schaden . . . . .	196
3.3B.6	Behebung von Sanierungsfehlern . . . . .	197
3.3B.7	Qualitätssicherung. . . . .	197
3.3B.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten. . . . .	197
3.3B.9	Toleranzen . . . . .	198
3.3B.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Erneuerung in grabenloser Bauweise (Kurzrohrverfahren) auseinander? . . . . .	198
3.3B.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	198
<b>3.4</b>	<b>Montageverfahren . . . . .</b>	<b>200</b>
3.4.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	200
3.4.1.1	Vollauskleidung . . . . .	201
3.4.1.2	Teilauskleidung . . . . .	201
3.4.1.3	Auskleidung mit Ortlaminaten . . . . .	201
3.4.2	Mögliche Fehler beim Montageverfahren . . . . .	201
3.4.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	202
3.4.4	Fehler in der Renovierungsausführung . . . . .	203
3.4.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhafter Renovierung aus technischer Sicht. . . . .	204
3.4.5.1	Optische Fehler . . . . .	204
3.4.5.2	Technische Fehler . . . . .	205
3.4.6	Behebung von Renovierungsfehlern . . . . .	205
3.4.7	Qualitätssicherung. . . . .	205
3.4.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten. . . . .	206
3.4.9	Toleranzen . . . . .	206



3.4.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Reparatur auseinander? .....	207
3.4.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	207
<b>3.5</b>	<b>Wickelrohrverfahren .....</b>	<b>210</b>
3.5.1	Verfahrensbeschreibung .....	210
3.5.1.1	Verfahren A1 .....	211
3.5.1.2	Verfahren A2 .....	212
3.5.1.3	Verfahren B .....	212
3.5.1.4	Verfahren C .....	214
3.5.2	Mögliche Fehler beim Wickelrohrverfahren .....	215
3.5.2.1	Fehlermatrix .....	215
3.5.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	216
3.5.3.1	Materialermüdung/-überlastung .....	216
3.5.4	Fehler während der Ausführung .....	217
3.5.4.1	Undichtigkeiten durch fehlerhafte Schlossverbindung .....	217
3.5.4.2	Dichtheitsprüfung nicht bestanden .....	217
3.5.4.3	Fehlerhafte Einbindung der Anschlüsse .....	218
3.5.4.4	Senken/Lageänderung nach Sanierung .....	218
3.5.4.5	Hohlräume zwischen Wickelrohr und Altrohr nach Sanierung .....	218
3.5.4.6	Nicht homogene Verfüllung des Ringraums .....	219
3.5.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhaft sanierten Leitungen .....	220
3.5.6	Behebung von Renovierungsfehlern .....	220
3.5.6.1	Undichtigkeiten durch fehlerhafte Schlossverbindung .....	220
3.5.6.2	Dichtheitsprüfung nicht bestanden .....	222
3.5.6.3	Fehlerhafte Einbindung/Anschlüsse .....	222
3.5.6.4	Senken/Lageänderung nach Renovierung .....	222
3.5.6.5	Hohlräume zwischen Wickelrohr und Altrohr nach Renovierung .....	222
3.5.6.6	Nicht homogene Verfüllung des Ringraumes .....	222
3.5.7	Besondere Qualitätssicherung für Wickelrohrverfahren .....	222
3.5.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten .....	223
3.5.9	Toleranzen .....	224
3.5.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Renovierung auseinander? .....	224
3.5.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	224
<b>3.6</b>	<b>TIP-Verfahren (Tight in Pipe) .....</b>	<b>228</b>
3.6.1	Verfahrensbeschreibung .....	228
3.6.1.1	Örtliche Verhältnisse .....	228
3.6.1.2	Mindestanforderungen an Maschinen- und/oder Rohreinziehschächte .....	228
3.6.1.3	Mindestanforderungen an Maschinen- und/oder Rohreinziehgruben .....	230

3.6.1.4	Maschinengrube . . . . .	230
3.6.1.5	Rohreinziehgrube für Einzelrohre . . . . .	230
3.6.1.6	Rohreinziehgrube für Rohrstrang . . . . .	230
3.6.2	Mögliche Fehler beim TIP-Verfahren . . . . .	231
3.6.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	232
3.6.3.1	Überprüfung der Planung . . . . .	232
3.6.3.2	Mängel in der Zustandsbewertung . . . . .	233
3.6.3.3	Materialauswahl. . . . .	234
3.6.3.4	Rohrdimensionierung und Rohrstatik . . . . .	234
3.6.4	Fehler in der Renovierungsausführung . . . . .	234
3.6.4.1	Undichte Muffenverbindung beim Kurzrohrmodul . . . . .	235
3.6.4.2	Undichte Schweißverbindung beim Rohrstrang . . . . .	235
3.6.4.3	Deformationen. . . . .	235
3.6.4.4	Über-/Unterbogen . . . . .	235
3.6.4.5	Weißbruch . . . . .	235
3.6.4.6	Beschädigte Muffenverbindung . . . . .	236
3.6.4.7	Undichter Anschluss, undichter Schachtanschluss bzw. Fehlanschluss . . . . .	236
3.6.4.8	Einbau nicht möglich. . . . .	236
3.6.4.9	Fehler bei der Berechnung von Baugruben in Bezug auf Biegeradien oder Modullängen . . . . .	236
3.6.5	Erkennen und Bewerten von Fehlern in der Bauausführung . . . . .	236
3.6.6	Behebung von Renovierungsfehlern . . . . .	237
3.6.7	Qualitätssicherung. . . . .	237
3.6.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten. . . . .	237
3.6.9	Toleranzen . . . . .	237
3.6.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung der Renovierung auseinander? . . . . .	237
3.6.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	238
<b>3.7</b>	<b>Noppenschlauchverfahren . . . . .</b>	<b>240</b>
3.7.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	240
3.7.2	Mögliche Fehler beim Noppenschlauchverfahren. . . . .	241
3.7.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	243
3.7.3.1	Weißbruchgefahr . . . . .	243
3.7.3.2	Doppelschweißnähte (Heizkeil) undicht . . . . .	243
3.7.3.3	Lochbildung. . . . .	244
3.7.3.4	Fehlerhaftes Kalibrieren. . . . .	244
3.7.4	Fehler in der Renovierungsausführung . . . . .	244
3.7.4.1	Bahnendehnung . . . . .	244
3.7.4.2	Riefen und Löcher in den PE-Bahnen. . . . .	244
3.7.4.3	Örtlich begrenzte Beulen. . . . .	244

3.7.4.4	Faltenbildung . . . . .	245
3.7.4.5	Lufteinschlüsse im Ringraum . . . . .	245
3.7.4.6	Materialkennwerte nicht erreicht . . . . .	246
3.7.4.7	Undichte Zulaufverbindungen (Schachteinbindung) . . . . .	246
3.7.4.8	Zu geringe Wandstärken . . . . .	246
3.7.4.9	Zu großer Ringspalt nach Einbau der Liner . . . . .	246
3.7.4.10	Versagen des Liners . . . . .	247
3.7.5	Erkennen und Bewerten von fehlerhaften Renovierungen . . . . .	247
3.7.6	Behebung von Renovierungsfehlern . . . . .	249
3.7.6.1	Weißbrüche . . . . .	249
3.7.6.2	Doppelschweißnähte . . . . .	249
3.7.7	Qualitätssicherung . . . . .	250
3.7.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten . . . . .	251
3.7.8.1	Einbindung von Anschlüssen . . . . .	251
3.7.8.2	Einbinden der Noppenschlauchliner in Schächten . . . . .	251
3.7.9	Toleranzen im Schadensfall . . . . .	251
3.7.10	Wie gehen Auftraggeber und Auftragnehmer bei fehlerhafter Renovierung auseinander? . . . . .	252
3.7.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer . . . . .	252
<b>4</b>	<b>Fehler bei der grabenlosen Erneuerung . . . . .</b>	<b>253</b>
<b>4.1</b>	<b>Berstverfahren . . . . .</b>	<b>256</b>
4.1.1	Verfahrensbeschreibung . . . . .	256
4.1.1.1	Dynamisches Berstverfahren . . . . .	256
4.1.1.2	Statisches Berstverfahren . . . . .	256
4.1.1.3	Einfluss auf die Umgebung . . . . .	257
4.1.2	Mögliche Fehler beim Berstverfahren . . . . .	260
4.1.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung . . . . .	262
4.1.3.1	Überprüfung der Planung . . . . .	262
4.1.3.2	Fehlerhafte Erfassung des Ist-Zustandes für die Planungsphase . . . . .	264
4.1.3.3	Mängel in der Zustandsbewertung . . . . .	264
4.1.3.4	Hinweis zur Statik . . . . .	264
4.1.3.5	Beachten des Grundwasserstandes . . . . .	265
4.1.4	Fehler in der Bauausführung . . . . .	265
4.1.4.1	Berstwerkzeug nicht auf Altrrohr abgestimmt . . . . .	265
4.1.4.2	Beschädigung benachbarter Leitungen . . . . .	266
4.1.4.3	Beschädigung des eingezogenen Neurohres . . . . .	266
4.1.4.4	Riefen im Schutzmantel vor dem Einzug . . . . .	267
4.1.4.5	Riefen im Schutzmantel nach dem Einzug . . . . .	267

4.1.4.6	Undichte Muffenverbindung nach dem Einzug von Kunststoffrohrmodulen. ....	267
4.1.4.7	Undichte Muffenverbindung nach dem Einzug von duktilen Gussrohren .....	267
4.1.4.8	Berstvorgang stockt .....	268
4.1.4.9	Fahrbahnhebungen .....	268
4.1.4.10	Berstlafette wird aus der Maschinenbaugrube gezogen, Widerlager gibt nach .....	269
4.1.5	Erkennen und Bewerten von Fehlern in der Bauausführung .....	269
4.1.6	Behebung von Sanierungsfehlern .....	270
4.1.7	Qualitätssicherung .....	271
4.1.8	Einbindung von Anschlüssen und Schächten .....	271
4.1.9	Toleranzen .....	272
4.1.10	Wie gehen Baufirmen und Auftraggeber bei fehlerhafter Ausführung des Berstverfahrens auseinander? .....	272
4.1.11	Lebensdauer/Nutzungsdauer .....	272
<b>4.2</b>	<b>Mikrotunnelbau: Pipe-Eating-Verfahren .....</b>	<b>276</b>
4.2.1	Verfahrensbeschreibung .....	276
4.2.2	Mögliche Fehler beim Pipe-Eating-Verfahren .....	277
4.2.3	Fehler in der Arbeitsvorbereitung .....	277
4.2.4	Fehler in der Ausführung .....	278
<b>5</b>	<b>Zertifizierung, Fremdüberwachung und Gütesicherung .....</b>	<b>279</b>
<b>5.1</b>	<b>Ausschreibung .....</b>	<b>281</b>
5.1.1	Öffentliche Ausschreibung .....	281
5.1.2	Beschränkte Ausschreibung nach öffentlichem Teilnahmewettbewerb .....	283
<b>5.2</b>	<b>Leistungsbeschreibung .....</b>	<b>283</b>
5.2.1	Allgemeine Informationen zur Sanierungsmaßnahme .....	284
5.2.2	Ergänzende, leistungsbezogene Informationen zur Sanierungsmaßnahme .....	284
<b>5.3</b>	<b>Qualifikation der Bieter .....</b>	<b>285</b>
5.3.1	Erfahrung und Referenzen .....	285
5.3.2	Qualifikation des Personals .....	286
5.3.3	Einbauanleitung .....	286
5.3.4	Nachweis der Qualifikation .....	287

<b>5.4</b>	<b>Eigen- und Fremdüberwachung</b> .....	287
5.4.1	Eigenüberwachung .....	287
5.4.2	Fremdüberwachung .....	289
5.4.3	Kontrollprüfungen .....	289
5.4.4	Qualifikationsüberwachung durch Prüforganisationen .....	290
5.4.5	Bauüberwachung durch Auftraggeber .....	290
<b>5.5</b>	<b>Schlussbetrachtung</b> .....	291
<b>Zusammenfassung</b> .....		293
<b>Inserentenverzeichnis</b> .....		294