

INSTITUT WAR — Bibliothek —
Wasserversorgung, Abwassertechnik
Abfalltechnik und Raumplanung
Technische Universität Darmstadt
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt
TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48
FAX 0 61 51/16 37 58

W. A. R. — Bibliothek

Inv.-Nr. D 17913

10 ATV-S 16

SANIERUNG VON ROHRVERBINDUNGEN

EXPANDIERENDE INJEKTIONSDICHTUNGEN

Von der Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Dipl.-Phys. Peter Maagh aus Bonn

Bibliothek Wasser und Umwelt
(TU Darmstadt)



GFA - VERLAG FÜR ABWASSER, ABFALL
UND GEWÄSSERSCHUTZ
THEODOR-HEUSS-ALLEE 17 · D-53773 HENNEF
TELEFON: 0 22 42/8 72-1 20 · TELEFAX: 0 22 42/8 72-1 00
E-MAIL: LUMMA@ATV.DE
INTERNET: HTTP://WWW.GFA-VERLAG.DE

1	EINLEITUNG	1
1.1	PROBLEMSTELLUNG	1
1.2	ZIELSETZUNG	3
1.3	VORGEHEN	3
2	ENTWICKLUNGSSTAND VON INJEKTIONSVERFAHREN	4
2.1	SCHÄDEN AN ROHRVERBINDUNGEN	4
2.1.1	Dichtungen in Kanalrohren	4
2.1.2	Typische Schadensbilder	12
2.1.3	Häufigkeit undichter Rohrverbindungen	14
2.1.4	Auswirkungen von Undichtigkeiten	16
2.1.5	Sanierungskosten	20
2.1.6	Rechtslage	21
2.2	ANFORDERUNGSPROFIL FÜR INJEKTIONSVERFAHREN	27
2.2.1	Qualitative Anforderungen	29
2.2.2	Verfahrenstechnische Anforderungen	30
2.3	BESTEHENDE INJEKTIONSVERFAHREN	31
2.3.1	Penetryn/Posatryn-Verfahren	31
2.3.2	Seal-i-Tryn-Verfahren	32
2.3.3	Telegrout-Verfahren	33
2.3.4	Cherne-Verfahren	34
2.3.5	Janßen-Verfahren	34
2.3.6	Amkrete Resign Injection Process	35
2.3.7	Injektion von außen	35
2.4	ANDERE REPARATURVERFAHREN	36
2.4.1	Flutungsverfahren	36
2.4.2	Roboter	37
2.4.3	Abdichtungsverfahren	38
2.5	BEWERTUNG DER BESTEHENDEN VERFAHREN	39

3	KONZEPT FÜR EIN NEUES INJEKTIONSVERFAHREN	42
3.1	DICHTPRINZIP	42
3.1.1	Lage der Dichtung	43
3.1.2	Einfluß des Anpreßdrucks	44
3.1.3	Einfluß der Shore-Härte	46
3.1.4	Einfluß der Querdehnung	47
3.2	BESCHREIBUNG DER VERFAHRENSTECHNIK	48
3.2.1	Umsetzung des Dichtprinzips	48
3.2.2	Verarbeitung des Dichtmaterials	51
3.3	ANFORDERUNGEN AN DAS INJEKTIONSMATERIAL	52
3.4	AUSWAHL EINES GEEIGNETEN MATERIALTYPIS	55
3.5	ENTWICKLUNG EINES VERFAHRENSSPEZIFISCHEN POLYURETHANS	56
4	VORVERSUCHE	60
4.1	MISCHTECHNIKEN	60
4.1.1	Statische Mischtechnik	61
4.1.2	Hochdruck-Mischtechnik	61
4.1.3	Dynamische Mischtechnik	62
4.1.4	Verfahrensauswahl	62
4.2	EXPANSION DES DICHTMATERIALS	64
4.2.1	Schäumen	65
4.2.2	Expansionsgranulat	66
4.2.3	Ringöffnende Polymerisation	71
4.2.4	Expansion durch Phasenübergänge	72
4.3	VERSUCHE ZUR ERZEUGUNG DES ANPRESSDRUCKS	73
4.3.1	Versuchsaufbau	74
4.3.2	Volumenausdehnung	74
4.3.3	Druckentwicklung	75
4.3.4	Druckentwicklung bei Leckagen	76
4.3.5	Fazit	79

4.4	TEMPERATURENTWICKLUNG	79
4.5	PROZESSVERLAUF	81
4.5.1	Prozeßgrößen	81
4.5.2	Expansionsverhalten	83
4.6	FOLGERUNGEN FÜR DIE VERFAHRENSTECHNIK	85
5	VERSUCHE ZUR VERFAHRENSTECHNISCHEN UMSETZUNG	86
5.1	VERSUCHSEINRICHTUNG	87
5.1.1	Versuchsstand	87
5.1.2	Meßtechnik	87
5.1.3	Meßwertaufnahmeprogramm	89
5.1.4	Kanalmeßgerät	91
5.1.5	Geräte zur Dichtheitsprüfung	92
5.2	VERSUCHSPROGRAMM	94
5.2.1	Auswahl relevanter Schadensbilder	94
5.2.2	Simulation der Schäden im Versuchsstand	96
5.3	VERSUCHSDURCHFÜHRUNG	96
5.3.1	Injektion im Versuchsstand	96
5.3.2	Dichtheitsprüfung	98
5.4	VERSUCHSAUSWERTUNG	102
5.4.1	Druckentwicklung in der Rohrverbindung	102
5.4.2	Beschaffenheit des Ringspalts	105
5.4.3	Injektionsparameter	111
5.4.4	Äußere Bedingungen	117
5.5	BEWERTUNG DES VERFAHRENS	119
6	UMSETZUNG IN DIE SANIERUNGSPRAXIS	123
6.1	VORBEHANDLUNG DER ROHRVERBINDUNG	123
6.2	REZIRKULATION	124

6.3 INJEKTIONSPACKER	127
6.4 ARBEITSSCHRITTE DES VERFAHRENS	128
6.5 ABLAUFSTEUERUNG	129
6.5.1 Qualitätssicherung	130
6.5.2 Abschaltkriterien	130
6.5.3 Injektion unter besonderen Randbedingungen	130
6.6 LANGZEITVERHALTEN	132
6.7 ABWASSERBESTÄNDIGKEIT	135
6.8 UMWELTVERTRÄGLICHKEIT	137
6.9 AUSBLICK	138
6.9.1 Nachträgliche Expansion	138
6.9.2 Erweiterung auf andere Sanierungsverfahren	139
6.9.3 Andere Anwendungen	140
7 BEURTEILUNG DER WIRTSCHAFTLICHKEIT	141
7.1 INSTANDHALTUNGSSTRATEGIEN	141
7.2 ANWENDUNGSFELD DES NEUEN VERFAHRENS	142
7.3 SANIERUNGSKOSTEN	144
7.3.1 Kostenermittlung	144
7.3.2 Vergleich mit anderen Sanierungsverfahren	148
7.3.3 Vergleich mit der Kanalerneuerung	149
8 ZUSAMMENFASSUNG	151
9 LITERATURVERZEICHNIS	153
ANHANG	