SCHRIFTENREIHE

des Bauhaus-Instituts für zukunftsweisende Infrastruktursysteme (b.is)

27

Herausgeber:

Bauhaus-Universität Weimar
Fakultät Bauingenieurwesen
Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infrastruktursysteme

99423 Weimar, Coudraystraße 7

RHOMBOS-VERLAG • BERLIN

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet abrufbar über http:/ / dnb.d-nb.de

© 2014 RHOMBOS-VERLAG, Berlin
Alle Rechte vorbehalten

Das Werk ist in allen seinen Teilen urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeisung und Verarbeitung in elektronischen Systemen. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutzgesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürfen.

Impressum

Schriftenreihe des Bauhaus-Instituts für zukunftsweisende Infratsruktursysteme an der Bauhaus-Universität Weimar
15. Jahrgang 2014

Herausgeber
Bauhaus-Universität Weimar, Fakultät Bauingenieurwesen,
Bauhaus-Institut für zukunftsweisende Infratsruktursysteme
Coudraystraße 7, D-99423 Weimar

Verlag
RHOMBOS-VERLAG
Fachverlag für Forschung, Wissenschaft und Politik
Kurfürstenstr. 15/ 16, 10785 Berlin
Internet: www.rhombos.de
eMail: verlag@rhombos.de
VK-Nr. 13597

Druck
PRINT GROUP Sp. z o.o.
Printed in Poland

ISBN 978-3-944101-53-8

ISSN 1862-1406

Teilortskanalisationen

Möglichkeiten der Integration eines etablierten Provisoriums in zukunftsfähige Systeme

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
an der Fakultät Bauingenieurwesen der Bauhaus-Universität Weimar

vorgelegt von

M. Sc. Hans-Jörg Temann
aus Leipzig

Gutachter:
1. Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong
2. Univ.-Prof. Dr.-Ing. F. Wolfgang Günthert
3. Prof. Dr.-Ing. Bert Bosseler

Tag der Disputation: 17.07.2014

Danksagung

Die vorliegende Dissertation ist das Ergebnis eines Forschungsprojektes, das ich ab 2006 als externer Doktorand an der Professur für Siedlungswasserwirtschaft der Bauhaus-Universität Weimar bearbeitet habe. Sie entstand parallel zu meiner freiberuflichen Tätigkeit als Planungsingenieur, was ohne die vielfältige Unterstützung meines wissenschaftlichen, beruflichen und persönlichen Umfeldes niemals möglich gewesen wäre.

An allererster Stelle sei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong gedankt. Als mein Doktorvater hatte er die Idee zu diesem interessanten und vielschichtigen Thema. Sein fundierter Rat, seine große Geduld und seine beständige Motivationskraft haben mir in diesen Jahren über manche Krise hinweggeholfen und gehörten zweifellos zu den wichtigsten Stützen für das Gelingen des Projekts.

Ich bedanke mich auch ganz herzlich bei Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Günthert, der sich schon früh bereit erklärt hatte, als Gutachter an dem Verfahren mitzuwirken und der mir ebenfalls wichtige Anregungen gab. Ebenso gilt Herrn Prof. Dr.-Ing. Bert Bosseler mein besonderer Dank für seine Bereitschaft zur Erstellung eines Gutachtens.

Sehr wichtig und hilfreich war der fachliche Austausch mit den Doktoranden und Mitarbeitern der Professur. Für deren Anregungen und Kritiken bin ich außerordentlich dankbar. Stellvertretend für sie alle seien Herr Dr.-Ing. Ralf Englert, Herr Dr.-Ing. Jan Mauriz Kaub und Herr Dipl.-Ing. Matthias Hartmann genannt. Vielen Dank auch an Frau Annett Schuhmacher, die mich bei der Umfrage logistisch unterstützt hat und an Frau M. Sc. Kirsten Maier für ihre nützlichen Hinweise bei der Endredaktion.

Sehr dankbar bin ich auch für die Unterstützung durch die Kommunale Wasserwerke Grimma-Geithain GmbH. Die von ihr zur Verfügung gestellten Daten bilden eine wertvolle Grundlage für diese Arbeit.

An dieser Stelle darf Herr Dr.-Ing. Sten Meusel keinesfalls unerwähnt bleiben. Ihm gilt mein ganz besonderer Dank. Er trug von der Betreuung meiner Masterarbeit, über die Anregung und Motivierung zu einer Dissertation bis hin zur kritisch-konstruktiven Durchsicht des fertigen Manuskriptes ganz entscheidend dazu bei, dass diese Arbeit nunmehr vor dem Leser liegt.

Herrn Dipl.-Ing. Benno Schöpe, meinem Freund und Geschäftspartner, wie auch allen Mitarbeitern unseres gemeinsamen Ingenieurbüros danke ich für ihr Verständnis und für ihre Einsatzbereitschaft, mit der sie mir so oft den Rücken für die Forschungsarbeit frei hielten.

Von unschätzbarem Wert für mich und den Erfolg meiner Arbeit war der Rückhalt, den mir meine Familie gab.

Sehr dankbar bin ich meiner Mutter, Frau Anhild Temann, die mir in den intensivsten Arbeitsphasen eine perfekte Arbeitsumgebung bot, in der ich mich ausschließlich auf mein Thema konzentrieren konnte. Meiner Schwester, Frau Dipl.-Ing. Anke Dimmer, danke ich für die sehr gründliche Korrektur des Manuskriptes.

Der größte Dank aber gilt meiner Ehefrau Conni: Du hast mich von Anfang an auf die vielfältigste Art und Weise unterstützt, mich motiviert und mir die nötigen Freiräume gegeben. Wir haben dieses Projekt gemeinsam geschafft!

Leipzig, August 2014

Hans - Jörg Temann

gewidmet meinem Vater

Herrn Dr. phil. Bernhard Temann (†2000)

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 1
1.1 Problemstellung 1
1.2 Zielsetzung 3
1.3 Einordnung 4
1.4 Vorgehensweise 4
2 Teilortskanalisationen - ein etabliertes System 7
2.1 Begriffsbestimmung 7
2.2 Verbreitung von Teilortskanalisationen 9
2.3 Entstehung von Teilortskanalisationen 12
2.4 Teilortskanalisationen als System 16
2.4.1 Systemgliederung und Systemgrenzen 16
2.4.2 Funktionen 19
2.4.3 Merkmale von Entwässerungsgebieten mit Tok 22
2.4.4 Merkmale von Tok-Netzen 24
2.4.5 Abgrenzung gegenüber Gewässern 29
2.4.6 Eigentumsfragen und wirtschaftliche Bewertung 31
2.5 Elemente bestehender Teilortskanalisationen 32
2.5.1 Haltungen 32
2.5.2 Schächte und sonstige Bauwerke 40
2.5.3 Klärgruben (KGr) und Kleinkläranlagen (KKA) 43
2.5.4 Grundstücksentwässerungsanlagen 47
2.6 Auswirkungen von Tok auf die Gewässer 48
2.6.1 Zusammensetzung des Abwassers in Tok 48
2.6.2 Belastungen der Oberflächengewässer durch Tok 52
2.6.3 Zustand der Gewässer in Tok-Gebieten 55
2.7 Zusammenfassung 56

3 Tok-Systeme im Kontext aktueller Anforderungen 60
3.1 Abwasserentsorgung - Ziele und Anforderungen 60
3.1.1 Ziele und Anforderungen nach heutigen Regelwerken 60
3.1.2 Zielsystem und Wirtschaftlichkeit 62
3.2 Basis für ein angepasstes Zielsystem in Tok-Gebieten 63
3.2.1 Grundlegende Struktur des Zielsystems 63
3.2.2 Entsorgungsziele - Zentrale Funktionen 67
3.2.3 Umweltziele - Gewässerschutz 71
3.2.4 Wirtschaftliche Ziele - Kosten und Risiken 75
3.2.5 Sonstige Ziele - Sonstiges 84
3.2.6 Nicht explizit berücksichtigte Aspekte 85
3.2.7 Fazit und weiteres Vorgehen 87
3.3 Potenziale und Defizite vorhandener Tok-Systeme 88
3.3.1 Zentrale Funktionen 88
3.3.2 Gewässerschutz 90
3.3.3 Kosten und Risiken 92
3.3.4 Sonstiges 94
3.4 Zusammenfassung 95
4 Zukünftige Nutzungen und Integration von Tok 97
4.1 Neuartige Sanitärsysteme 97
4.2 Grad der Nutzung der Tok-Elemente 100
4.2.1 Haltungen und Schächte 100
4.2.2 KGr und KKA 102
4.3 Nutzungsmöglichkeiten für die Tok- Elemente 103
4.3.1 Einzelnutzungen von Haltungen und Schächten 103
4.3.2 Möglichkeiten der Kombination von Einzelnutzungen 111
4.3.3 Nutzungsmöglichkeiten für KGr und KKA 112
4.4 Integration vorhandener Tok in neue Systeme 114
4.4.1 Stoffstromorientierte Systemgruppen im Tok-Kontext 115
4.4.2 Integrierte Darstellung der Systeme u. Nutzungsmöglichkeiten 116

4.5 Zusammenfassung 128

5 Entscheidungsunterstützung bei der Planung 129

5.1 Entwässerungsplanung und Entscheidungsprobleme 129

5.2 Entscheidungsunterstützung in Tok-Gebieten 134

5.2.1 Zielstellung, Einordnung und Anforderungen 134

5.2.2 Eignung verschiedener Bewertungsmethoden 136

5.2.3 Nutzwertanalyse (NWA) 137

5.2.4 Angepasster Planungsalgorithmus in Tok-Gebieten 140

5.3 Veranlassung und vorgelagerte Schritte 141

5.4 Konkretisierung der Ziele 145

5.4.1 Anpassung und Gewichtung der Zielkriterien 145

5.4.2 Definition von Bewertungs- und Transformationsregeln 147

5.4.3 Zielerträge - Bewertungstools für Zentrale Funktionen 148

5.4.4 Zielerträge - Bewertungstools für Gewässerschutz 150

5.4.5 Zielerträge - Bewertungstools für Kosten und Risiken 156

5.4.6 Zielerträge - Bewertungstools für Sonstiges 160

5.4.7 Mindestanforderungen 161

5.4.8 Zielerfüllungsgrade - Tools zur Transformation der Zielerträge 162

5.5 Identifizierung und Auswahl von Maßnahmen 163

5.5.1 Vertiefte Bewertung des Ist-Zustandes 163

5.5.2 Aufbau eines Maßnahmenkataloges 164

5.5.3 Identifizierung wirksamer Einzelmaßnahmen 167

5.5.4 Bewertung und Auswahl der Einzelmaßnahmen 169

5.5.5 Komplettierung von Einzelmaßnahmen zu Maßnahmenpaketen ... 171

5.6 Entwicklung und Vorauswahl von Alternativen 171

5.6.1 Konkretisierung und Differenzierung der Maßnahmenpakete 171

5.6.2 Entscheidung zum weiteren Ablauf 172

5.6.3 Entwicklung vollständiger Alternativen und Kostenermittlung 174

5.6.4 Bewertung u. Vorauswahl näher zu untersuchender Alternativen . 175

5.7 Auswahl der Vorzugsvariante und nachgelagerte Schritte 176

5.8 Zusammenfassung 179

6 Fiktives Fallbeispiel Gründorf ... 181
6.1 Basisdaten zur fiktiven Ortschaft Gründorf ... 181
6.2 Veranlassung und Akteure ... 182
6.3 Vorgelagerte Schritte ... 183
6.4 Anpassung und Gewichtung der Zielkriterien ... 185
6.5 Identifizierung und Auswahl von Maßnahmen ... 186
6.5.1 Vertiefte Bewertung des Ist-Zustandes ... 186
6.5.2 Auswahl wirksamer Einzelmaßnahmen ... 189
6.5.3 Komplettierung der Einzelmaßnahmen zu Maßnahmenpaketen ... 193
6.6 Entwicklung und Vorauswahl von Alternativen ... 194
6.6.1 Konkretisierung und Differenzierung der Maßnahmenpakete ... 194
6.6.2 Weiterentwicklung der Maßnahmenpakete zu Alternativen ... 195
6.6.3 Bewertung der Alternativen ... 199
6.6.4 Interpretation der Ergebnisse und Vorauswahl ... 206
7 Diskussion, Fazit und Ausblick ... 208
7.1 Diskussion der Methoden zur Informationsgewinnung ... 208
7.2 Diskussion der Ergebnisse ... 209
7.2.1 Ausgangszustand, Anforderungen und Handlungsoptionen ... 209
7.2.2 Entscheidungsunterstützungssystem (EUS) ... 210
7.3 Fazit211
7.4 Ausblick ... 212
8 Zusammenfassung ... 215
9 Literaturverzeichnis ... 219
10 Anhänge ... 235

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1-1 Organische Gewässerbelastungen in Thüringen (TMLFUN 2013b) ... 1

Abb. 1-2 Verbreitung von Tok in Mitteldeutschland (SÄBL 2010a) ... 2

Abb. 1-3 Tok-Umfrage 2011: Angefragte Aufgabenträger und Rücklauf ... 5

Abb. 2-1 Nach (2.2) ermittelter Anteil an Tok angeschlossener Einwohner (2010); Datenbasis: SÄBL (2010b) ... 11

Abb. 2-2 Systemgliederung bei Vollkanalisation [vereinfacht nach DWA (2006a)] ... 17

Abb. 2-3 Systemgliederung bei einer Teilortskanalisation mit Elementen des Einzugsgebietes [in Anlehnung an DWA (2006a)] ... 17

Abb. 2-4 Systemgliederung bei mehreren Teilortskanalisationen innerhalb des Planungsraumes [in Anlehnung an DWA (2006a)] ... 18

Abb. 2-5 Behandlungsgrade von häuslichem SW in Tok ... 19

Abb. 2-6 Funktionen von Teilortskanalisationen ... 21

Abb. 2-7 Bevölkerungsentwicklung in den neuen Ländern bis 2060 (Daten: Statistisches Bundesamt (2010b) ... 24

Abb. 2-8 Kanallängen je angeschlossenem Einwohner im Saarland, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen (Stand 2004) (SÄBL 2010a) ... 25

Abb. 2-9 Klassifizierung und typische Erscheinungsformen von Tok ... 27

Abb. 2-10 typische Anordnungen von Sammelleitungen in Tok-Netzen ... 29

Abb. 2-11 Grundkonstellationen zur Bewertung der Gewässer-eigenschaft ... 30

Abb. 2-12 Einschätzung des Anteils an Tok-Altanlagen der ausgewerteten Aufgabenträger mit Tok, die noch heute mit signifikanten Buchwerten belegt sind ... 32

Abb. 2-13 Rohrmaterialien von Tok in neun Beispielorten im Vergleich zu (Berger u. Lohaus 2004) 34

Abb. 2-14 Verteilung der Nennweiten bei Tok in neun Beispielorten 34

Abb. 2-15 Verteilung der Tiefenlagen bei Tok in neun Beispielorten 35

Abb. 2-16 Verteilung der Sohlgefälle bei Tok in neun Beispielorten 36

Abb. 2-17 Ergebnis Tok-Umfrage 2011 - geschätzte Altersverteilung 38

Abb. 2-18 Schadensverteilung von 11 Tok-Stichproben im Vergleich zu Berger u. Lohaus (2004) 39

Abb. 2-19 Ergebnis Tok-Umfrage 2011 - Einschätzung des Zustandes vor 1990 errichteter Tok 40

Abb. 2-20 Schachtabstände (Haltungslängen) bei Tok in neun Beispielorten 41

Abb. 2-21 Behandlungsverfahren bei KKA nach Kämpfer u. a. (2005) bzw. Ringe (2009) 44

Abb. 2-22 Altersstruktur bei KKA nach Kämpfer u. a. (2005) und Ringe (2009) 45

Abb. 2-23 Zustandsklassen (ZK) von KKA nach Kämpfer u. a. (2005) und Ringe (2009) 46

Abb. 2-24 Emissionen von NH_4-N in sächsische OFG Quelle: SLfULG (2009b) 53

Abb. 2-25 Pfade der Nähstoffeinträge in sächsische Gewässer 2005 / 2006 Datenquelle: SLfULG (2009b) 54

Abb. 3-1 Schutzgüter und Schutzziele der integralen Siedlungsentwässerung (DWA 2006a) 61

Abb. 3-2 Ziele von Entwässerungssystemen nach DIN EN 752 61

Abb. 3-3 Angepasstes Zielsystem, Grundstruktur, Kategorien der 1. Zielebene 64

Abb. 3-4 Angepasstes Zielsystem, 2. Zielebene 65

Abb. 3-5 Zuordnung von Zielen und Anforderungen zu den Kriterien der 2. Zielebene 66

Abb. 3-6 Durchschnittliche Kostenstruktur in der Abwasserbeseitigung 2008; Quelle: Leptien u. a. (2009) 78

Abb. 3-7 Dichtefunktion nach Gondring (2009) 81

Abb. 3-8 Einfluss der Nutzungsdauer (ND) bei sinkenden Einwohnerzahlen 83

Abb. 3-9 Funktionale Potenziale und Defizite von Teilortskanalisationen 89

Abb. 3-10 Potenziale und Defizite bestehender Tok-Systeme beim Gewässerschutz 92

Abb. 3-11 Potenziale und Defizite von Teilortskanalisationen bei Kosten und Risiken 93

Abb. 3-12 Sonstige Potenziale und Defizite von Teilortskanalisationen 94

Abb. 4-1 mögliche Anwendung des Rohr-in-Rohr Systems nach Londong u. a. (2013) und Veser (2012) auf erdverlegte Leitungen 101

Abb. 4-2 Vorschlag für die Nutzung von Tok-Leitungen als Baubehelf 101

Abb. 4-3 Bewertungsskalen zur Abschätzung der Möglichkeiten der direkten Nutzung von Tok zur Grauwasserableitung 107

Abb. 4-4 paarweise Kombinationsmöglichkeiten von Einzelnutzungen 112

Abb. 4-5 1-Stoffstromsysteme - Herkömmliche Tok-Systeme (S00) ... 119

Abb. 4-6 1-Stoffstromsysteme - Qualifizierte Tok-Systeme (S01) 120

Abb. 4-7 Tok und 1-Stoffstromsysteme – Trenn- und Mischsysteme (S02) 121

Abb. 4-8 Tok und Schwarzwasser 2-Stoffstromsysteme (S03) 122

Abb. 4-9 Tok und Urintrennung 2-Stoffstromsysteme (S04) 123

Abb. 4-10 Tok und Urintrennung 3-Stoffstromsysteme (S05) 124

Abb. 4-11 Tok und Fäkalien 2-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten) (S06) 125

Abb. 4-12 Tok und Urintrennung 3-Stoffstromsysteme (Trockentoiletten) (S07) 126

Abb. 4-13 Nutzung von KGr und KKA in verschiedenen Systemen 127

Abb. 5-1 Ebenen der Abwasserentsorgungsplanung nach Seiler (2004) 130

Abb. 5-2 Einflussmöglichkeiten auf die Projektkosten in Abhängigkeit vom Projektstadium (ATV 1997) 131

Abb. 5-3 Die Basiselemente eines Entscheidungsmodells nach Laux (2007) 132

Abb. 5-4 Ablaufschema der analytischen Projektbewertung (Pflügner 1991) 133

Abb. 5-5 Einordnung des EUS in den Prozess der Integralen Entwässerungsplanung nach DWA-A 100 (DWA 2006a) 135

Abb. 5-6 Strukturmuster der NWA; vereinfacht nach Maniak (2001) 139

Abb. 5-7 Vorschlag für Gewichtungen der Zielkriterien 147

Abb. 5-8 Kostenniveaus für IK und LK 157

Abb. 5-9 Struktur des EUS für die Planung in Tok-Gebieten 180

Abb. 6-1 Ortslage Gründorf mit vorhandenen Teilortskanälen 182

Abb. 6-2 planerisches Grobkonzept für die Alternative A1 196

Abb. 6-3 planerisches Grobkonzept für die Alternative A2 197

Tabellenverzeichnis

Tab. 2-1 Ergebnis Tok-Umfrage 2011 - Anteile von Tok am Gesamtnetz 12

Tab. 2-2 Richtwerte zur Abschätzung des Zentralisierungsgrades 28

Tab. 2-3 Behandlungsstufen von KKA [zusammengefasst / ergänzt nach Otto (2000) und Goldberg (2006)] 43

Tab. 2-4 Leistungsbereiche von Mehrkammergruben nach europäischen Literaturangaben (Ebers u. Bischofsberger 1992) 49

Tab. 2-5 CSB-Grenzwertüberschreitung verschiedener technischer KKA; zusammengefasst nach Kämpfer u. a. (2005) 50

Tab. 2-6 Verschmutzungskonzentrationen im RW und MW nach Brombach (2003) 51

Tab. 2-7 Nährstoffkonzentrationen in Dränwasser auf bewirtschafteten Böden in Nordwestdeutschlands n. Wohlrab (1992) 52

Tab. 2-8 Abwasseremissionen in sächsische OFG 2005 / 2006; Quelle: SLfULG (2007) 53

Tab. 3-1 Anforderungen an Entwässerungssystemen n. DIN (2008) 62

Tab. 3-2 stoffbezogene chemische Gewässergüteklasseklasse II (UBA 2010) 73

Tab. 3-3 Zulässige Regenabflussspenden von undurchlässigen Flächen (DWA 2007) 73

Tab. 3-4 Einstufung des chemischen Grundwasserzustandes (BRD 2010) 74

Tab. 3-5 Einfluss geldwirtschaftlicher Kostenarten auf die Auswahl von Entwässerungssystemen 79

Tab. 4-1 Technische Begriffsdefinitionen - Stoffströme; vereinfacht nach DWA (2008) 98

Tab. 4-2 Unterteilung von Abwasserinfrastruktursystemen in Systemgruppen nach DWA (2013) 99

Tab. 4-3 Vergleich der einwohnerspezifischen Volumenströme und Frachten (DWA 2013) 99

Tab. 4-4 Grade der Nutzung von Haltungen und Schächten vorhandener Tok ... 102

Tab. 4-5 Grade der Nutzung für vorhandene KGr und KKA ... 103

Tab. 5-1 Eingangswerte und Ergebnisse für die Bewertung stofflicher Einträge in OFG ... 152

Tab. 5-2 Vorschlag für Gewichtung der Demografie als Zielkriterium ... 159

Tab. 5-3 Maßnahmenkatalog, Datenstruktur, Teil 1: allgemeine Informationen ... 165

Tab. 5-4 Maßnahmenkatalog, Datenstruktur, Teil 2: potenzielle Wirksamkeit ... 165

Tab. 5-5 Maßnahmenkatalog, Datenstruktur, Teil 3: Kosten und Risiken ... 166

Tab. 5-6 Maßnahmenkatalog, Datenstruktur, Teil 4: zusätzliche Informationen ... 167

Tab. 5-7 Ermittlung des defizitbezogenen Wirkungswertes ww_n aller Maßnahmen ... 169

Tab. 5-8 Ermittlung der Zielwerte (Einzelnutzwerte) für die Alternativen ... 175

Tab. 5-9 Aufsummierung der Zielwerte (Einzelnutzwerte) zu einem Nutzwert ... 176

Tab. 6-1 fiktive Ergebnisse von Messungen am Hasenbach und am Tok-Auslauf ... 185

Tab. 6-2 Ermittlung der Zielerträge für den Schutz der OFG ... 187

Tab. 6-3 Ausschlussprüfung und Nutzwertermittlung beim Ist-Zustand ... 189

Tab. 6-4 Beispielmaßnahmen mit defizitbezogenem Wirkungswert $ww_n > 0$ ... 190

Tab. 6-5 Gütequotienten γ_g für verschiedene Maßnahmen Schmutzwasserbehandlung ... 191

Tab. 6-6 Gütequotienten γ_g für verschiedene Stoffströme ... 192

Tab. 6-7 Ausgewählte wirksame Einzelmaßnahmen ... 193

Tab. 6-8 Aus den Einzelmaßnahmen entwickelte Maßnahmenpakete ... 194

Tab. 6-9 Aus den Maßnahmenpaketen zu entwickelnde Alternativen 195

Tab. 6-10 voraussichtlicher Leistungsumfang bzw. IK für die Alternative A1 196

Tab. 6-11 voraussichtlicher Leistungsumfang bzw. IK für die Alternative A2 197

Tab. 6-12 voraussichtlicher Leistungsumfang bzw. IK für die Alternative A3 198

Tab. 6-13 voraussichtlicher Leistungsumfang bzw. IK für die Alternative A4 198

Tab. 6-14 voraussichtliche LK für die Alternative A1 198

Tab. 6-15 voraussichtliche LK für die Alternative A2 199

Tab. 6-16 voraussichtliche LK für die Alternative A3 199

Tab. 6-17 voraussichtliche LK für die Alternative A4 199

Tab. 6-18 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{11} - Ortshygiene 200

Tab. 6-19 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{13} - Akzeptierbarkeit 200

Tab. 6-20 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{211} - BSB_5 201

Tab. 6-21 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{212} - NH_4-N 201

Tab. 6-22 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{213} - P_{ges} 202

Tab. 6-23 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{22} - Grundwasserschutz 203

Tab. 6-24 überschlägiger PKBW für Alternative A1 203

Tab. 6-25 überschlägiger PKBW für Alternative A2 203

Tab. 6-26 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{31} - Investitionskosten (IK) 204

Tab. 6-27 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{32} - Laufende Kosten (LK) 204

Tab. 6-28 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{331} - Demografie 205

Tab. 6-29 Zielwerte für A1 - A4 bei k_{332} - Preisentwicklung 205

Tab. 6-30 Nutzwertermittlung für die Alternativen A1 - A4 206

Tab. 6-31 Zur weiteren Planung vorausgewählte Alternativen 207

Abkürzungsverzeichnis

ABK	Abwasserbeseitigungskonzept
AFS	abfiltrierbare Stoffe
AGA	Allgemeinen Güteanforderungen für Fließgewässer
AlG	abflusslose Grube
ATV	Abwassertechnische Vereinigung (heute: DWA)
AZV	Abwasserzweckverband
B	Barwert
BSB_5	biochemischer Sauerstoffbedarf innerhalb von 5 Tagen
c	Konzentration
CSB	chemischer Sauerstoffbedarf
DDR	Deutsche Demokratische Republik
DHHN	Deutsches Haupthöhennetz
DIN	Deutsches Institut für Normung
DiS	Dichtheitsstatus
DWA	Deutsche Vereinigung für Wasser, Abwasser und Abfall
E	Einwohner
e	Zielerreichungsgrad
EG	Europäische Gemeinschaft
EP	Einheitspreis
EU	Europäische Union
EUS	Entscheidungsunterstützungssystem
EW	Einwohnerwert
EZ	Einwohnerzahl
EZG	Einzugsgebiet
GB	Gesamtbetrag
GIS	geografisches Informationssystem

GWK	Grundwasserkörper
HgK	Hydrogeologische Konstellation
HOAI	Honorarordnung für Architekten und Ingenieure
IK	Investitionskosten
IKR	Reinvestitionskosten
k	Zielertrag
KA	Kläranlage, Kläranlagen
KGr	Klärgrube, Klärgruben; mechanische oder teilbiologische KKA
KGrb	Klärgrube
KKA	(vollbiologische) Kleinkläranlage
KNA	Kosten-Nutzen-Analyse
KVR	Kostenvergleichsrechnung
KWW-GG	Kommunale Wasserwerke Grimma-Geithain
LK	Laufende Kosten
MNQ	Mittlerer Niedrigwasserabfluss
MNq	Mittlere Niedrigwasserabflussspende
MW	Mischwasser
N	Nutzwert, Einzelnutzwert
NASS	Neuartige Sanitärsysteme
ND	Nutzungsdauer
N_{ges}	Gesamtstickstoff
NH_4-N	Ammonium-Stickstoff
NWA	Nutzwertanalyse
OFG	Oberflächengewässer
OWK	Oberflächenwasserkörper
P	Phosphor
P_{ges}	Gesamtphosphor
PKBW	Projektkostenbarwert(e)
Q	Durchfluss

RK	Risikoklasse
RW	Regenwasser
SBZ	Sowjetische Besatzungszone
SW	Schmutzwasser
TGL	Technischen Normen, Gütevorschriften und Lieferbedingungen
Tok	Teilortskanalisation
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie (EG 2000)
γ_G	Gütequotient

1 Einführung

1.1 Problemstellung

Bei der Verringerung der Gewässerbelastung durch kommunales Abwasser wurden in den neuen Bundesländern seit der Wiedervereinigung bedeutende Fortschritte erzielt. Im Jahre 1991 entsprachen nur etwa 16 % der klassifizierten Gewässer der Gewässergüteklasse II oder besser. Dieser Anteil hat sich zwischenzeitlich auf über 80 % mehr als verfünffacht. Dies ist insbesondere auf die außerordentlich hohen Investitionen in Kanalnetze und kommunale Kläranlagen (KA) zurückzuführen. So wurden lt. TMLFUN (2013b) allein in Thüringen zwischen 1990 und 2012 schätzungsweise 5,1 Mrd. € in die Abwasserbeseitigung investiert.

Dennoch weisen viele Gewässer auch heute noch Defizite auf. Neben zu hohen Nährstoffeinträgen sind oftmals zu hohe Konzentrationen an organischen Stoffen festzustellen (Abb. 1-1), die überwiegend auf die unzureichende Behandlung von kommunalen Abwässern in gemeindlichen Gebieten zurückzuführen sind.

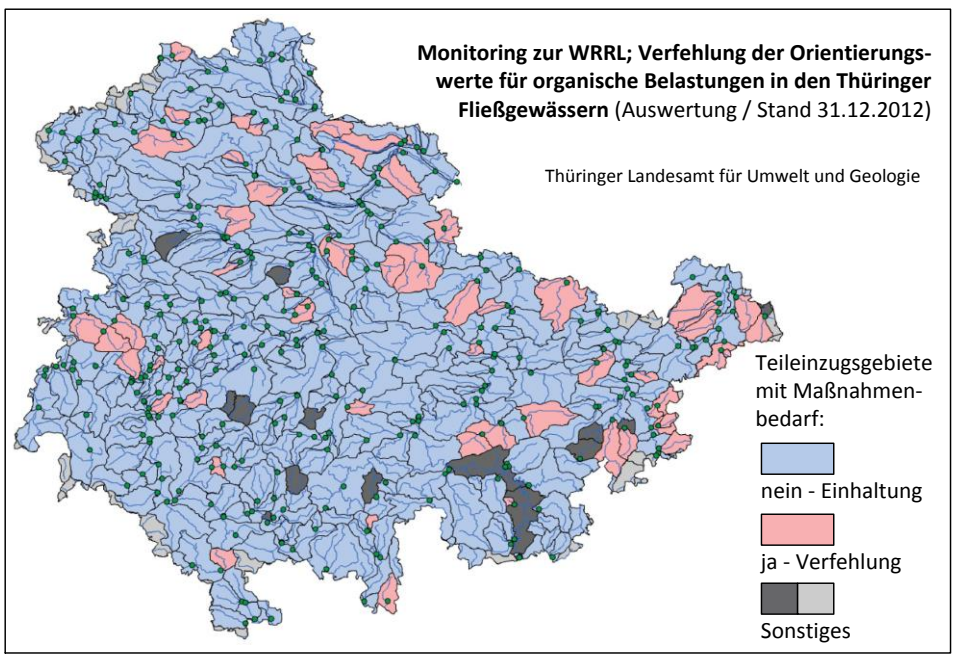


Abb. 1-1 Organische Gewässerbelastungen in Thüringen (TMLFUN 2013b)

Hauptursache dafür sind nach TMLFUN (2009b) Abwassereinleitungen aus nicht dem Stand der Technik entsprechenden Kleinkläranlagen (KKA) im ländlichen Raum. Davon wird den Gewässern mit ca. zwei Dritteln der größte Teil über sogenannte Teilortskanalisationen zugeführt (Kämpfer u. a. 2005).

Bei Teilortskanalisationen (Tok) handelt es sich um Netze von Rohrleitungen, offenen Gräben und Schachtbauwerken, die dezentral vorbehandeltes häusliches Schmutzwasser (SW) bzw. dessen Anteile und optional auch Regenwasser (RW) von Grundstücken sammeln und ohne weitere Behandlung in ein Gewässer ableiten. Im weiteren Sinne einer Betrachtung als System umfassen Tok sowohl diese Netze als auch die Anlagen zur Vorbehandlung auf den Grundstücken. Tok sind besonders im mitteldeutschen Raum verbreitet (Abb. 1-2).

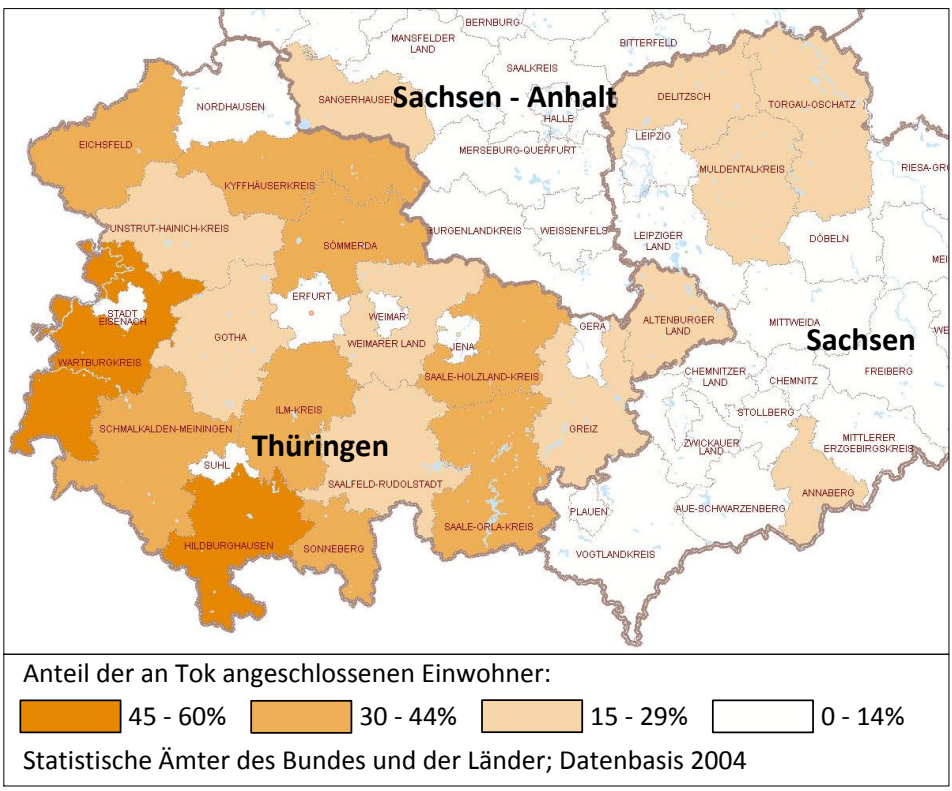


Abb. 1-2 Verbreitung von Tok in Mitteldeutschland (SÄBL 2010a)

Aufgrund der umrissenen Defizite wird ein nicht unbedeutender Teil zukünftiger Investitionen in die Abwasserbeseitigung in Thüringen und, wie weiter unten gezeigt wird, auch in Teilen Sachsens sowie Sachsen-Anhalts, in Entwässerungsgebieten mit derartigen Teilortskanalisationen erforderlich sein. Auch

außerhalb Deutschlands in anderen EU-Staaten zeichnen sich ähnliche Situationen ab.

Aktuelle und absehbare zukünftige Entwicklungen wie Bevölkerungsrückgang, steigende Energie- und Rohstoffpreise oder der allgemeine Mangel an verfügbaren finanziellen Ressourcen stellen auch die Siedlungswasserwirtschaft national wie international vor neue Herausforderungen. Als eine Antwort darauf werden seit einigen Jahren verstärkt Alternativen zur heute dominierenden Trenn- und Mischkanalisation untersucht. Die dabei verfolgten Ansätze in Richtung einer stoffstrom- und kreislauforientierten Betrachtungsweise haben das Versuchsstadium inzwischen teilweise verlassen. Unter dem Sammelbegriff „Neuartige Sanitärsysteme“ steht schon heute eine Reihe von Alternativen zu den klassischen Systemen zur Verfügung (DWA 2013).

In Zukunft wird sich dieser Trend wegen der oben skizzierten Problematik vermutlich verstärken. Damit würde die Zahl der Handlungsoptionen auch bei kleinen Betrachtungsgebieten stark ansteigen. Um mit konstant bleibenden oder, aufgrund allgegenwärtigen Kostendrucks und Fachkräftemangels, sogar sinkenden Planungskapazitäten optimale Ergebnisse zu erzielen, wären dann effizientere Auswahlmethoden als bisher erforderlich.

1.2 Zielsetzung

Angesichts der Ausgangslage besteht das Ziel der vorliegenden Arbeit zunächst in der Entwicklung und Anwendung einer Methodik, mit der Informationen über Teilortskanalisationen so erfasst, erweitert, analysiert und aufbereitet werden können, dass die typischen Merkmale und relevanten Auswirkungen dieser Form der Siedlungsentwässerung deutlich werden. Anhand der Ergebnisse sollen konkrete Möglichkeiten zur Nutzung der einzelnen Elemente bestehender Teilortskanalisationen und deren Integration in neue Systeme identifiziert werden. Weiterhin sollen die dafür relevanten Einflussgrößen bestimmt und eine Systematik gefunden werden, mit der sich die Nutzungs- und Integrationsmöglichkeiten möglichst allgemeingültig bewerten lassen.

Zur Verbesserung der Effizienz des Prozesses der lokalen Projektplanung, unter den oben beschriebenen Bedingungen stark erweiterter technischer Möglichkeiten durch neue Entwicklungen, soll ein angepasstes System zur Entscheidungsunterstützung entwickelt werden. Ziel dabei ist, Planern und Entscheidern ein Werkzeug bereitzustellen, welches sie speziell in den frühen Planungsphasen bei der Entwicklung und Auswahl von Alternativen in Tok-Gebieten unterstützt und zu einer robusten Entscheidungsfindung beiträgt.

1.3 Einordnung

Bisher waren Teilortskanalisationen noch nicht Gegenstand umfassender systematischer Untersuchungen. Vorliegende Materialien beschränken sich entweder auf allgemeine Definitionen (z. B. Eichhorn 2001) oder behandeln Fragen, die den rechtlichen Status von Teilortskanalisationen und den verwaltungstechnischen Umgang mit ihnen berühren (SMUL 2003a o. SMUL 2003b).

Klassische Instrumente der Entscheidungsfindung in der Siedlungswasserwirtschaft, wie z. B. die dynamische Kostenvergleichsrechnung (DWA 2012) oder die Kosten-Nutzwert-Analyse (SMUL 2004), sind zwar im Planungsalltag etabliert und bewährt, leisten aber keine Beiträge zur Generierung von Alternativen und zur Optimierung des Planungsprozesses selbst.

Infolge der Verabschiedung der Europäischen Wasserrahmenrichtline (EG 2000) wurden verschiedene Ansätze zur Verbesserung der Abläufe bei der Auswahl von Maßnahmen bzw. Maßnahmenkombinationen für die Erreichung des Ziels eines guten Gewässerzustandes entwickelt [z. B. Borchardt u. a. (2004), Londong u. a. (2005) oder Interwies (2006)], die jedoch schwerpunktmäßig auf oder oberhalb einer Ebene der überkommunalen Konzeptionsplanung angesiedelt sind.

Je kleiner der Betrachtungsrahmen ist, desto stärker verengt sich die Auswahl an einschlägigen Arbeiten zur Entscheidungsunterstützung und Prozessoptimierung. Alltagstaugliche Systeme zur Prozessoptimierung und Entscheidungsunterstützung bei der lokalen Projektplanung im ländlichen Raum, die auch bestehende Anlagen wie Tok und die heute deutlich erweiterten technischen Möglichkeiten durch Neuartige Sanitärsysteme angemessen berücksichtigen, sind bisher nicht vorhanden.

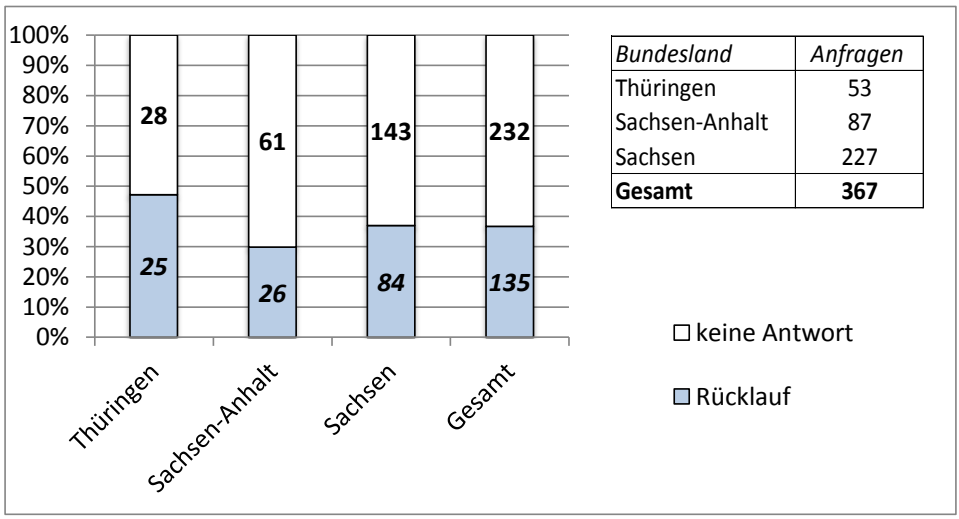
1.4 Vorgehensweise

Es handelt sich hier um eine weitgehend theoretische Arbeit, die aber auch empirische Elemente enthält. Sie beruht zu großen Teilen auf Literaturstudien und der Auswertung amtlicher Statistikdaten. Aufgrund der wenigen Quellen, die speziell auf Tok bezogen sind, wurden die meisten Erkenntnisse über die Ableitung deduktiver Schlüsse aus allgemeineren Publikationen gewonnen.

Im Jahre 2009 wurden von den Kommunalen Wasserwerken Grimma-Geithain (KWW-GG) im Zuge der Überarbeitung von Abwasserbeseitigungskonzepten umfangreiche Untersuchungen in neun ausgewählten Ortschaften mit Tok im damaligen Muldentalkreis durchgeführt (Ringe 2009). Dabei wurden insbesondere die Zustandsdaten von 571 KKA sowie die Bestandsdaten von ca. 20,7 km Teilortskanalisation erfasst. Die entsprechenden Rohdaten wurden von den KWW-GG freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Sie wurden im Rahmen dieser Arbeit ausgewertet bzw. aufbereitet und sind hauptsächlich an den ent-

sprechend gekennzeichneten Stellen in Kapitel 2 eingeflossen, in dem die Ausgangslage analysiert wird.

Zusätzlich zu den Daten aus den neun Orten wurden von den KWW-GG die Zustandsdaten von 1,3 km Teilortskanalisation zur Auswertung überlassen, die im Rahmen von 11 Kanalinspektionen erhoben wurden. Es handelt sich also um Stichproben, die aber nicht zufällig, sondern aufgrund konkreter Schadensereignisse erhoben wurden. Die daraus abgeleiteten Informationen sind ebenfalls in Kapitel 2 eingeflossen.



Bundesland	*Anfragen*
Thüringen	53
Sachsen-Anhalt	87
Sachsen	227
Gesamt	**367**

Abb. 1-3 Tok-Umfrage 2011: Angefragte Aufgabenträger und Rücklauf

Im Rahmen der Arbeit wurde Anfang 2011 auch eine Umfrage bei über 300 Aufgabenträgern der öffentlichen Abwasserentsorgung durchgeführt und ausgewertet (im Weiteren als „Tok-Umfrage 2011“ bezeichnet). Vorrangiges Ziel dieser Umfrage war es, die mit den anderen Methoden erlangten Informationen über die Verbreitung, die Altersstruktur, den Zustand und die wirtschaftliche Bewertung von Tok zu untermauern. Im Interesse einer hohen Beteiligung wurden die Fragestellungen sehr allgemein gehalten. Sie sollten von den Verantwortlichen nach Möglichkeit ohne langwierige Recherchen beantwortet werden können. Dass dies auf der anderen Seite eher grobe Tendenzen anstelle statistisch stringent abgesicherter Daten hervorbringen würde, war dabei bewusst in Kauf genommen worden. Die hohe Rücklaufquote von insgesamt rund 37% (Abb. 1-3) zeigt, dass dieser Ansatz gerechtfertigt war. Dies belegen auch die an verschiedenen Stellen in Kapitel 2 eingeflossenen Auswertungen und Bewertungen der Umfrageergebnisse.

Der Entwicklung des Entscheidungsunterstützungsmodells (Kapitel 5) liegen aktuelle Regelwerke zur Planung in der Siedlungswasserwirtschaft zugrunde (z. B. DWA 2006a oder DWA 2012), die teilweise an die speziellen Belange in Gebieten mit Tok angepasst wurden. Das eigentliche Bewertungssystem beruht auf der Methode der Nutzwertanalyse (Hoffmeister 2008, Maniak 2001), die sich zu diesem Zweck als geeignet erwies. Die Elemente und Tools des Modells stellen als Synthese eine Aggregation der in den vorangegangen Teilen der Arbeit gewonnenen Erkenntnisse und allgemein verfügbarer Fachinformationen dar.

Weiterhin basiert die Arbeit auf einer Reihe konkreter Projektbeispiele, mehreren Experteninterviews und nicht zuletzt auf den einschlägigen Erfahrungen des Verfassers aus mehr als 20 Jahren Projektarbeit in der Siedlungswasserwirtschaft.

2 Teilortskanalisationen - ein etabliertes System

2.1 Begriffsbestimmung

Der Begriff „Teilortskanalisation" ist vielen Fachleuten der Siedlungswasserwirtschaft in Deutschland nicht geläufig, weil er eine Materie beschreibt, deren Bedeutung weitestgehend auf den mitteldeutschen Raum beschränkt ist, weil er im offiziellen Sprachgebrauch erst seit einigen Jahren verwendet wird und weil letzteres darüber hinaus fast ausschließlich in Thüringen und Sachsen der Fall ist. In Sachsen-Anhalt ist er kaum gebräuchlich, stattdessen wird hier für den gleichen Sachverhalt der Begriff „Bürgermeisterkanal" genutzt. Diese Bezeichnung wiederum ist auch in anderen Bundesländern bekannt. Sie bezieht sich dort, außer in Thüringen und Sachsen, wo sie mit rückläufiger Tendenz noch in Gebrauch ist, im Regelfall auf einen ähnlichen Gegenstand, der aber in einem wesentlichen Aspekt von den eigentlichen Teilortskanalisationen abweicht. Angesichts dieser etwas unübersichtlichen und insgesamt auch unklaren Situation muss hier zunächst noch etwas näher auf die genannten Termini eingegangen und deren Bedeutung im Kontext der vorliegenden Arbeit geklärt werden.

Als Oberbegriff für öffentliche Anlagen zur Abwasserableitung in ländlichen Bereichen mit dezentralen Abwasserbeseitigungsstrukturen wird in der Umgangssprache häufig das Wort „Bürgermeisterkanal" verwendet. Einer früheren Definition des Sächsischen Ministeriums für Umwelt und Landwirtschaft (SMUL) zufolge handelt es sich dabei um *„[…] einen Kanal, der Niederschlagswasser und das (vor-) gereinigte Abwasser aus Kleinkläranlagen, Grauwasser oder gewerbliches Abwasser mindestens zweier Grundstücke sammelt und ohne weitere Behandlung direkt in ein Gewässer ableitet."* (SMUL 2003a)

Für den mitteldeutschen Raum ist diese Definition des Begriffes „Bürgermeisterkanal" weitgehend zutreffend, wenngleich er auch hier nicht ausschließlich in diesem Sinne verwendet wird, sondern z. B. auch als Bezeichnung für reine Straßenentwässerungsanlagen bzw. für einzelne RW-Kanäle gebräuchlich ist (SMUL 2003a). In den westlichen Bundesländern steht er dagegen sehr häufig für Kanäle, in denen ausschließlich überschüssiges Oberflächenwasser abgeleitet wird (s. z. B. Domnick u. a. 2008). Weitere Begriffsdefinitionen bzw. Beschreibungen finden sich in Eichhorn (2001) und SMUL (2008).

In Anlehnung an die genannten Quellen wird im Kontext dieser Arbeit unter einem Bürgermeisterkanal ein öffentlicher Abwasserkanal als bautechnisches Element dezentraler Entwässerungsstrukturen verstanden, für den mehrere der folgenden Merkmale zutreffen:

- führt nicht zu einer Abwasserbehandlungsanlage (obligatorisch)
- erstmalige Herstellung zwischen etwa 1960 und 1990
- schlechter baulicher Zustand
- verläuft auf öffentlichen und privaten Grundstücken
- besteht aus wechselnden Materialien und Nennweiten
- verrohrte Abschnitte und offene Gräben wechseln einander ab
- Richtungsänderungen sind teilweise ohne Schächte realisiert
- Schächte teilweise mit Schlammfang und ohne Gerinne
- Verlegung in geringen Tiefenlagen
- je nach Topografie teilweise extreme Sohlgefälle
- fehlende Dokumentationen zu Lage, Konstruktion und baulichem Zustand

Im Gegensatz zu der eng gefassten o. g. Definition des SMUL werden hier also auch reine Straßenentwässerungsanlagen bzw. einzelne RW-Kanäle als Bürgermeisterkanäle verstanden, soweit sie den genannten Kriterien entsprechen.

Der Begriff „Teilortskanalisation" wurde in Sachsen einige Jahre lang offiziell als Synonym zu „Bürgermeisterkanal" im Sinne der Definition des SMUL, d. h. ohne Berücksichtigung reiner RW-Kanäle verwendet. In SMUL (2008) wurde dann empfohlen, Bürgermeisterkanäle, die rechtverbindlich als wasserwirtschaftliche Anlage zur Abwasserbeseitigung eingestuft wurden, nur noch als Teilortskanalisationen zu bezeichnen. In Thüringen sind die amtlichen Definitionen zwar etwas unscharf (Freistaat Thüringen 2004 oder TMLFUN 2010), aber in der Praxis wird dies ähnlich gehandhabt. In Sachsen-Anhalt gilt hingegen weiterhin relativ undifferenziert der Begriff Bürgermeisterkanal.

Der Begriff „Teilortskanalisation" hat gegenüber dem „Bürgermeisterkanal" den Vorteil, dass er aufgrund der Vorgaben SMUL relativ eindeutig definiert und durch seine geringere Verbreitung weniger in anderen Zusammenhängen verwendet wird. Außerdem eignet er sich besser zur Beschreibung eines ganzen Systems („-kanalisation") anstatt nur eines Elementes davon („-kanal").

Im Sinne einer klaren Abgrenzung wird deshalb im Folgenden der Begriff „Teilortskanalisation" verwendet und ihm in Anlehnung an SMUL (2003a) sowie an DIN (1995) dabei die folgende **Definition** zugrunde gelegt:

- **Teilortskanalisation**: Öffentliches Netz von Rohrleitungen, offenen Gräben und Schachtbauwerken, das vollständig oder teilweise behandeltes Schmutzwasser oder gering verschmutzte Schmutzwasserteilströme sowie meist auch

Regenwasser von mehreren Grundstücken sammelt und ohne vorherige Behandlung in ein Gewässer ableitet.

Die Definition gilt für den Regelfall in Deutschland, was die beiden folgenden Randbedingungen einschließt:

- Es findet i. d. R eine mehr oder weniger umfassende Behandlung auf dem Grundstück statt. Einleitungen von ungeklärtem Schmutzwasser kommen vor, sind aber für das System nicht charakteristisch.
- Die Verbreitung von Teilortskanalisationen beschränkt sich i. d. R. auf Orte bzw. Ortsteile mit weniger als 2.000 Einwohnern und somit vorwiegend auf ländliche Gebiete.

Diese Einschränkungen können von Bedeutung sein, wenn die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auf Systeme außerhalb Deutschlands übertragen werden sollen.

Die oben vorgenommene Abgrenzung zwischen den Begriffen „Bürgermeisterkanal" und „Teilortskanalisation" lässt sich auch als Mengenbeziehung darstellen (Gl. 2.1).

$$T := \{x \mid x \in B \ \wedge \ x \notin R\} \tag{2.1}$$

Die Menge der Teilortskanalisationen (T) entspricht also der Differenzmenge aus der Menge aller Bürgermeisterkanäle (B) und der Menge aller RW-Kanäle (R). Im Kontext der vorliegenden Arbeit werden demnach alle Bürgermeisterkanäle, die keine reinen RW-Kanäle sind, als Teilortskanalisation bezeichnet.

Neben der eng gefassten Bedeutung im Sinne der o. g. Definition wird im Rahmen dieser Arbeit in Abhängigkeit vom Kontext der Begriff „**Teilortskanalisation**" auch **in einem erweiterten Sinne** verwendet. Dieser weitere Begriff von Teilortskanalisationen als System umfasst zusätzlich zu dem Leitungsnetz auch die Anlagen zur Vorbehandlung des Schmutzwassers (SW) auf den Grundstücken und die Verbindungsleitungen zwischen diesen Anlagen und dem Kanalnetz (s. Pkt. 2.4.1).

2.2 Verbreitung von Teilortskanalisationen

Nachdem mit der Definition der „Teilortskanalisation" und deren Abgrenzung gegen den „Bürgermeisterkanal" die begriffliche Grundlage für alle weiteren Ausführungen gelegt ist, wird nun auf die räumliche Verteilung dieser Art der Abwasserentsorgung eingegangen.

Wegen der beschriebenen Abgrenzungsproblematik sind direkte statistische Daten zur Verbreitung von Teilortskanalisationen nicht verfügbar. Unter Zugrundelegung der o. g. Definition lassen sich jedoch aus den Daten zum Stand

der öffentlichen Abwasserbeseitigung (SÄBL 2010b) dennoch entsprechende Rückschlüsse ziehen. Theoretisch ergibt sich die Zahl der an Teilortskanalisationen angeschlossenen Einwohner (EZ_{Tok}) aus der Differenz der Zahl der Einwohner mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation (EZ_K) insgesamt und der Zahl der Einwohner mit Anschluss an die öffentliche Kanalisation zentraler Abwasserbehandlungsanlagen (EZ_{ABA}):

$$EZ_{TOK} = EZ_K - EZ_{ABA} \qquad (2.2)$$

Die Aussagekraft des Ergebnisses ist von der Qualität der Eingangsdaten abhängig. Die Zahlen der Einwohner mit Anschluss an zentrale Abwasserbehandlungsanlagen sind i. d. R. gut abgesichert. Der Status ist relativ eindeutig, die Zahlen werden für verschiedene Zwecke häufig benötigt und sind leicht zu erheben. Unsicherer ist hingegen, ob in der Zahl der Einwohner mit Anschluss an eine öffentliche Kanalisation EZ_K tatsächlich auch alle Einwohner mit Anschluss an Tok enthalten sind. Der Status ist möglicherweise nicht immer abschließend geklärt worden bzw. in die Statistiken eingeflossen. Hinzu kommen die Abgrenzungsprobleme zu den RW-Kanälen. Der tatsächliche Anteil von Tok kann also durchaus noch etwas höher liegen. Andererseits sprechen Vergleiche der Statistikdaten der Bundesrepublik Deutschland mit denen aus der DDR von 1989 (Statistisches Amt der DDR 1990), die unter völlig anderen administrativen Bedingungen in der Wasserwirtschaft erhoben wurden, dafür, dass der in Gl. 2.2 beschriebene Zusammenhang den tatsächlichen Verhältnisse annähernd entspricht.

Trotz der Unsicherheiten können aus den verfügbaren Daten also grundsätzliche Aussagen zur Verbreitung von Teilortskanalisationen abgeleitet werden (Abb. 2-1). Die mit Abstand meisten Teilortskanalisationen finden sich in Thüringen, es folgen Sachsen, das Saarland und Sachsen-Anhalt. In allen anderen Bundesländern sind Teilortskanalisationen, soweit sie über die verfügbaren Statistikdaten erfassbar sind, kaum relevant. Dies schließt aber nicht aus, dass es Tok dort gibt und sie eine gewisse lokale Bedeutung haben.

Diese herausragende Stellung Thüringens beim Bestand von Tok spiegelt sich auch in der Tok-Umfrage 2011 (s. Pkt. 1.4) wieder: Während in Sachsen-Anhalt und Sachsen nur 42% bzw. 63% der 135 teilgenommenen Aufgabenträger Teilortskanalisationen in ihrem Bestand hatten, waren es in Thüringen 100%. Dabei waren die Anteile von Tok am Gesamtnetz der jeweiligen Aufgabenträger in Thüringen mit Abstand am höchsten und in Sachsen-Anhalt am niedrigsten (Tab. 2-1).

Die ungleiche bundesweite Verteilung von Teilortskanalisationen lässt sich im Gegensatz zu Niveauunterschieden beim Anschlussgrad nur teilweise auf Siedlungsstrukturen und unterschiedliche historische Entwicklungen (Pkt. 2.3) zurückführen. Großen Einfluss haben offenkundig auch die topografischen Ver-

hältnisse. Es fällt auf, dass Anschlüsse an Teilortskanalisationen eher in den südlicheren, von Berg- und Hügelland geprägten Bundesländern vorherrschen, während im norddeutschen Flachland offensichtlich die Direkteinleitungen in die Oberflächengewässer (OFG) und das Grundwasser überwiegen.

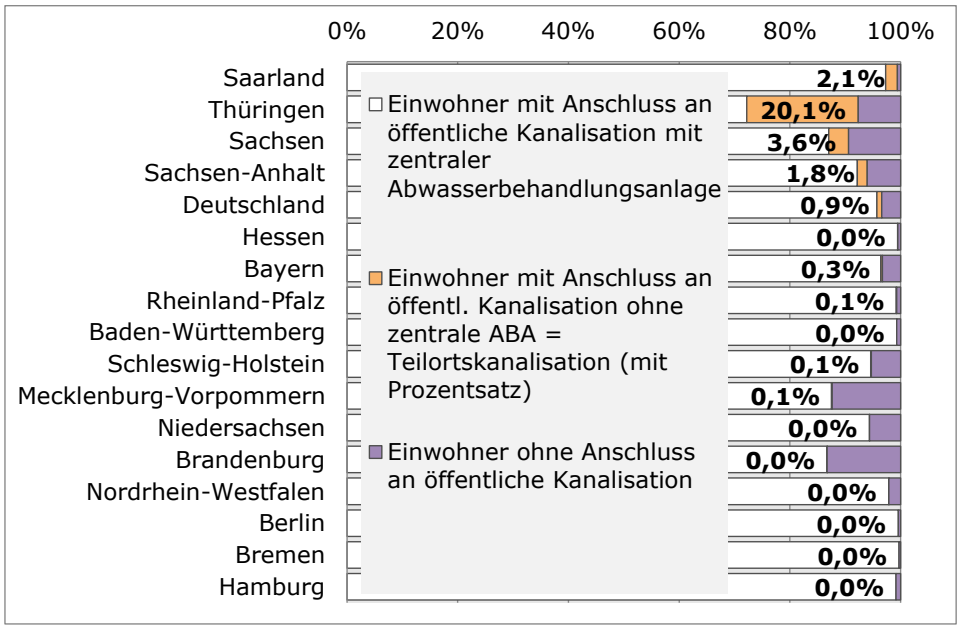


Abb. 2-1 Nach Gl. 2.2 ermittelter Anteil an Tok angeschlossener Einwohner (2010); Datenbasis: SÄBL (2010b)

In diesem Punkt gibt es deutliche Parallelen zu dem bekannten Nord-Süd-Unterschied bei den Entwässerungssystemen insgesamt [Stichwort „Mischwasseräquator“, vgl. Brombach (2010)]. Teilortskanalisationen kommen überwiegend in den vom Mischsystem geprägten Ländern vor. Ein wesentlicher Grund dafür dürfte auch in den unterschiedlichen geomorphologischen Voraussetzungen liegen. In vielen Fällen bildeten Anlagen zur Regenwasserableitung den Ausgangspunkt für die Entstehung von Tok. Die Notwendigkeit und auch die Möglichkeiten zu deren Errichtung sind im Berg- und Hügelland naturgemäß stärker ausgeprägt als im Flachland. Auch die bessere Eignung der im norddeutschen Raum häufig anzutreffenden Sandböden zur Versickerung von behandeltem SW könnte sich entsprechend auswirken.

Unterhalb der Landesebene ist es insbesondere der ländliche Raum, in dem Tok anzutreffen sind. Am Beispiel von Thüringen mit seinem sehr hohen Tok-Anteil wird dies bei Auswertung kreisbezogener Statistikdaten besonders deutlich. Während die Kreise in den Ballungszentren (Erfurt, Weimar, Jena usw.)

nur sehr geringe Tok-Anteile aufweisen, liegen diese in den anderen Gegenden deutlich höher (Abb. 1-2).

Tab. 2-1 Ergebnis Tok-Umfrage 2011 - Anteile von Tok am Gesamtnetz

Bundesland	*ges.*	*Anteil von Tok am Gesamtnetz*							
		0 - 25%		*25 - 50%*		*50 - 75%*		*75 - 100%*	
		Anz.	*Anteil*	*Anz.*	*Anteil*	*Anz.*	*Anteil*	*Anz.*	*Anteil*
Thüringen	25	5	20%	13	52%	7	28%	0	0%
Sachsen-Anhalt	10	10	100%	0	0%	0	0%	0	0%
Sachsen	50	39	78%	8	16%	0	0%	3	6%
Gesamt	**85**	**54**	**64%**	**21**	**25%**	**7**	**8%**	**3**	**4%**

Auf europäischer Ebene können die Daten von Eurostat in ähnlicher Weise wie in Deutschland zur Einschätzung der Verbreitung von Tok herangezogen werden. Allerdings sind die im Rahmen dieser Arbeit ausgewerteten Daten (Stand 2003 - 2007) recht lückenhaft und zu deren Qualität lassen sich ohne weitere Untersuchungen kaum Aussagen treffen. Es gibt jedoch deutliche Anhaltspunkte dafür, dass Teilortskanalisationen im Sinne dieser Arbeit außerhalb Deutschlands in der EU noch wesentlich stärker verbreitet sein könnten. Dies ist besonders in den südosteuropäischen Ländern, aber auch in Malta, Belgien und Irland der Fall, die sich damit als Gegenstand für zukünftige vertiefende Untersuchungen anbieten.

Trotz der potenziellen europäischen Dimension liegt der Fokus dieser Arbeit auf den Verhältnissen in Deutschland. Wegen der sehr starken Präsenz von Tok im ländlichen Raum Mitteldeutschlands wird im Folgenden auf die Bedingungen eingegangen, die dort zur Entstehung dieser Anlagen geführt haben. Dies wiederum ist notwendig, weil einige der Besonderheiten von Tok erst vor dem Hintergrund ihrer Entwicklung erkenn- und erklärbar werden.

2.3 Entstehung von Teilortskanalisationen

Nach dem zweiten Weltkrieg waren von den 19 Mio. Einwohnern der SBZ / DDR nur etwa 57% an eine öffentliche Wasserversorgung angeschlossen - hauptsächlich in den Ballungszentren. Rund 8,2 Mio. Menschen bezogen ihr Wasser aus Einzelbrunnen. Bei der Abwasserbeseitigung sah es noch ungünstiger aus: Nur rund 27% der Bevölkerung waren an KA angeschlossen, in Thüringen gerade 21%. (van der Wall u. Kraemer 1993) Vieles befand sich in dieser Zeit im Umbruch: Rund 2 Millionen Flüchtlinge und Vertriebene aus den ehemaligen Ostgebieten waren im ländlichen Raum der SBZ angesiedelt worden (Dix 2002). Große Einschnitte ergaben sich auch aus der Bodenreform von 1946 und noch stärker aus der Kollektivierung der Landwirtschaft, die ab 1952 einsetzte. Die im Zuge der Bodenreform bis 1950 geschaffenen 210.000 Neu-

bauernstellen (Dix 2002) begünstigten in abwassertechnischer Hinsicht eher noch die traditionelle Kreislaufwirtschaft. Gravierender waren die baulichen Folgen der Kollektivierung - in großem Umfang wurden nun zentrale Einrichtungen wie Wohnheime, Küchen oder Anlagen der Massentierhaltung gebaut (Schreiner 1964). Ab 1954 wurde der Geschosswohnungsbau auf dem Lande forciert, um dem Wohnungsmangel zu begegnen, ab 1957 durften in Landgemeinden verstärkt auch Eigenheime errichtet werden (Böhme u. a. 1989). Die Neubauten waren i. d. R. mit modernen sanitären Einrichtungen ausgestattet und auch in die Bestandsgebäude zog - wenn auch sehr langsam - der sanitärtechnische Fortschritt ein.

Diese Entwicklungen führten zu einem starken Anstieg des Wasserbedarfs. Parallel dazu verschlechterte sich aufgrund hoher Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft vielerorts die Wasserqualität der Hausbrunnen (Regierung d. BRD 1992, Grahneis 1986, Schulz u. a. 1980). Die Schaffung zentraler Trinkwasserversorgungsanlagen war von Mitte der 50er Jahre bis 1989 erklärtes und kontinuierlich verfolgtes Ziel der Partei- und Staatsführung (vgl. z. B. Knabe u. Spengler 1960, Zänker 1986 u. a.). Statt der 8,2 Mio. Menschen Anfang der 1950er Jahre, bezogen Anfang der 1990er Jahre nur noch rund 700.000 ihr Wasser aus Einzelbrunnen (Regierung d. BRD 1992).

Die Entsorgung des entsprechenden SW wurde dagegen als nachrangiges Problem betrachtet. Überfüllte Gruben, oberflächig abfließendes Abwasser oder stinkende Tümpel auf den Straßen waren in den 1950er Jahren keine Seltenheit (Schreiner 1964). Soweit die Abwasserbeseitigung systematisch angegangen wurde, standen, wie auch schon 100 Jahre zuvor in den Städten, hauptsächlich die hygienischen Aspekte im Vordergrund, während Fragen des Gewässerschutzes eine deutlich geringere Rolle spielten. Bei dem ohnehin schon niedrigen Stellenwert der Abwasserinfrastrukturen hatte die Abwasserableitung noch einmal deutlichen Vorrang gegenüber der Abwasserbehandlung (Böhme u. a. 1989, Döring 2010). Es gab im ländlichen Raum i. d. R. keine Investitionen in die zentrale Abwasserbehandlung (Picht u. Regen 1979, Zänker 1986). Vielmehr wurde flächendeckend auf mechanische oder teilbiologische KKA [1] zurückgegriffen.

Lt. Deutscher Bauordnung von 1958 (Kosel 1959) durften in der DDR auf Grundstücken ohne Anschluss an eine öffentliche Kanalisation nur dann WC eingebaut werden, wenn auch eine normgerechte KKA vorhanden war. Bei Neubauten wurde diese Forderung, wie noch heute empirisch zu beobachten

[1] So die damaligen und z. T. noch über die 1990er Jahre hinaus gebräuchlichen Bezeichnungen. Die Begriffe werden hier nur im Kontext einer Rückschau verwendet. Bei Betrachtungen des Ist-Zustandes werden diese Anlagen hier in Abgrenzung zu KKA als „Klärgruben" (KGr) bezeichnet.

ist, oft umgesetzt, teilweise parallel zum Bau längerer Ablaufleitungen bis zum nächsten Gewässer oder Dorfgraben. Bei der Modernisierung von Bestandsgebäuden wurde die Bauordnung dagegen vielfach nicht eingehalten und z. B. die bloße Weiternutzung alter Fäkaliengruben als Absetzgruben praktiziert (Seidel 1969). Nach lokalen Untersuchungen Ende der 50er Jahre war z. B. nur ein Drittel der, offiziell als Behelfsanlagen bezeichneten (Randolf u. Gruhler 1989) KKA ordnungsgemäß bemessen und unterhalten, der Rest hingegen entweder überlastet oder baufällig (Grahneis 1960). Noch im Jahr 2004 entsprachen etwa 23% der KKA in Thüringen weder einer DIN- noch einer TGL-Norm (Kämpfer u. a. 2005) (s. Pkt. 2.5.3).

Als Vorflut für die Überläufe der KKA und Absetzgruben dienten, soweit nicht versickert wurde, ebenfalls die OFG oder die Dorfgräben. Deren Verschmutzung wurde zunehmend als hygienisches und ästhetisches Problem (s. z. B. Seidel 1969), nicht jedoch als Umweltproblem wahrgenommen. Die vermutlich häufigste Strategie gegen die erkannten Defizite bestand in der Abdeckung bzw. Verrohrung auch größerer Abschnitte der betroffenen Gräben. Im Zuge der Zusammenlegung landwirtschaftlicher Nutzflächen wurden ebenfalls viele der bestehenden Entwässerungsgräben und Gewässer verrohrt (s. z. B. Voß u. a. 2010). Diese Entwicklungen markieren den Beginn der Entstehung des Gros der Tok in Mitteldeutschland[2].

Eigene empirische Beobachtungen bei Projekten mit Tok legen nahe, dass bei deren Bau hauptsächlich die folgenden Methoden zur Anwendung kamen:

- einfache Abdeckung von Grabenabschnitten mit Beton- oder Stahlbetonplatten
- Verrohrung von Grabenabschnitten unter Beibehaltung von Trassenführung und Sohltiefe
- Ausbau der Gräben zu mehr oder weniger normgerechten Abwasserkanälen unter Beibehaltung der Trassenführung
- kompletter Neubau mehr oder weniger normgerechter Abwasserkanäle mit neuer Trassierung

Für die Vorbereitung und Durchführung der Baumaßnahmen standen vielfach keine hinreichend qualifizierten Arbeitskräfte zur Verfügung. Sie konnten oft nur unter Nutzung branchenfremder Strukturen, wie z. B. der landwirtschaftlichen Betriebe (LPG), im Rahmen von Dorfverschönerungsprogrammen und sonstigen, mehr oder weniger freiwilligen Tätigkeiten sowie in Feierabendar-

[2] Im Prinzip waren Tok schon im Altertum bekannt (Erhard 1954). Auch in der Neuzeit kamen sie in kleinerem Umfang schon vor 1950 und teilweise außerhalb Mitteldeutschlands zur Anwendung (Hösel 1990) (Pönninger 1964).

beit der Bürger umgesetzt werden (s. a. Thoms 1973, Wolfram 1986, MfB der DDR 1975). Es kam auch vor, dass Kanäle im öffentlichen Raum mit Duldung der Gemeinde von Privatpersonen verlegt wurden. (Eichhorn 2001).

Auf spezielle Planungs- oder Verwaltungsverfahren für die Tok wurde in vielen Fällen verzichtet (SMUL 2003a). Der Grundsatz, die Abwässer mit möglichst geringem Aufwand einem Gewässer zuzuführen, hatte dagegen einen sehr hohen Stellenwert (vgl. a. Werner u. a. 1980). Übergroße Tiefenlagen, die den Einsatz von Spezialtechnik bedingt hätten, wurden vermieden, ebenso wie der Bau von Pumpwerken, für den i. d. R. keine Kapazitäten zur Verfügung standen. Erreicht wurde dies vor allem durch eine konsequente Ausnutzung der Topografie, eine starke Orientierung an vorhandenen Wasserläufen (einschl. der Verrohrung derselben) und durch die Unterordnung von Grundstücksgrenzen und Eigentumsrechten (s. Pkt. 2.4.3). Für sich genommen stellen die gewählten Trassen vielfach ein Maximum an Effizienz und Ausnutzung der vorhandenen Kapazitäten dar, an dem sich auch künftige Planungen zumindest orientieren können (s. Pkt. 4.2.1).

Angesichts der Gesamtsituation konnte der Bau von Teilortskanalisationen oft nur sporadisch und unter Ausnutzung begünstigender Umstände, wie z. B. landwirtschaftlicher Investitionsmaßnahmen (Melioration), Straßenbaumaßnahmen oder Erschließungsmaßnahmen und - wie sich heute am Bestand zeigt - nicht selten auch unter Inkaufnahme erheblicher Qualitätsproblemen vorangetrieben werden (vgl. Pkt. 2.5.1.4 ff.).

Nach 1989 änderten sich die wasserwirtschaftlichen Rahmenbedingungen sehr tiefgreifend. Die neue Gesetzeslage, die u. a. zu ganz erheblichen Haftungsrisiken für die Verantwortlichen in den Kommunen führte (s. Cattien 1998) und staatliche Förderprogramme zogen massive Investitionen in die Abwasserinfrastruktur nach sich[3]. Auch und besonders im ländlichen Raum wurden nun vielfach Konzepte mit zentraler Abwasserbehandlung umgesetzt, so dass die Zahl von Tok insgesamt zurückging. Unabhängig davon haben vielfältige Bauaktivitäten z. T. deutliche Spuren in bestehenden Tok hinterlassen. Besonders im Zuge von Straßenerneuerungsmaßnahmen wurden viele der alten Leitungsabschnitte erneuert. Bei Erschließungen neuer Wohn- und Gewerbestandorte wurden sogar komplett neue Tok gebaut, wobei dies aber eher die Ausnahme darstellte (Hahn 2010).

---

[3] Dieser extreme Veränderungsdruck hat nicht selten zu Fehlentwicklungen geführt, die in den betreffenden Kommunen bis heute nachwirken - in Form hoher Abwassergebühren, geringer finanzieller Handlungsspielräume und erheblicher Akzeptanzprobleme bei wasserwirtschaftlichen Maßnahmen.

Dieser kurze Abriss der historischen Entwicklung von Tok erklärt die besonderen Bedingungen, die in Mitteldeutschland zur Entstehung von Tok geführt haben. Er legt eine Grundlage für die Beurteilung der Altersstruktur der Anlagen und lässt Rückschlüsse auf deren heutigen Bauzustand zu. Bestimmte Charakteristika von Tok wie z. B. die Materialverteilung (Pkt. 2.5.1.1) oder besondere Arten der Trassenführung (Pkt. 2.4.4) werden so erklärbar.

2.4 Teilortskanalisationen als System

Mit den Ausführungen der folgenden Abschnitte wird auf die wesentlichen Merkmale von Tok und Entwässerungsgebieten mit Tok selbst eingegangen. Neben der Bereitstellung des für jede Planung notwendigen allgemeinen Hintergrundwissens in Bezug auf den Planungsgegenstand werden typische Eigenschaften von Tok-Gebieten herausgearbeitet, die eine Richtschnur für die Beschreibung und Bewertung vorhandener Gebiete und Netze darstellen (vgl. Pkt. 5.3). Darüber hinaus lassen sich aus diesen Eigenschaften Anhaltspunkte zur Beschreibung und Bewertung bestimmter Maßnahmen ableiten (vgl. Pkt. 5.5.2).

2.4.1 Systemgliederung und Systemgrenzen

Eine Teilortskanalisation stellt im Grunde ein recht einfaches System dar. Gemäß Definition liegt eine Teilortskanalisation dann vor, wenn in ein öffentliches Netz, das aus Rohrleitungen, offenen Gräben und Schachtbauwerken besteht, in dem aber keine zentrale Abwasserbehandlungsanlage vorhanden ist, genutzt wird, um vorbehandeltes SW und meist auch zusätzlich RW in ein Gewässer abzuleiten.

Zur Veranschaulichung des Systems Teilortskanalisation kann auf die Systemgliederung nach DWA (2006a) zurückgegriffen werden, die in Abb. 2-2 zunächst für eine normale Vollkanalisation in vereinfachter Form dargestellt ist.

Das System einer Teilortskanalisation kann in Anlehnung an diese Systemgliederung im einfachsten Fall entsprechend Abb. 2-3 beschrieben werden. Der wesentliche Unterschied zu einer Vollkanalisation besteht darin, dass die KA (Systemebene IIIb) als Teil des (öffentlichen) Abwasserentsorgungssystems nicht vorhanden ist. Stattdessen gibt es mehrere KKA, die als private Anlagen außerhalb des (öffentlichen) Abwasserentsorgungssystems dem Einzugsgebiet (EZG) zuzuordnen sind. Das Abwasserentsorgungssystem (Systemebene IIa) ist in diesem Falle mit dem Entwässerungssystem (Systemebene IIIa) identisch.

Eine andere Sichtweise wäre, die KKA als Systemebene IIIb dem Entwässerungssystem (IIIa) vorzulagern und ihnen jeweils ein eigenes EZG zuzuordnen. Dies könnte dann sinnvoll ein, wenn die KKA als Teil der öffentlichen Abwasseranlage betrieben würden.

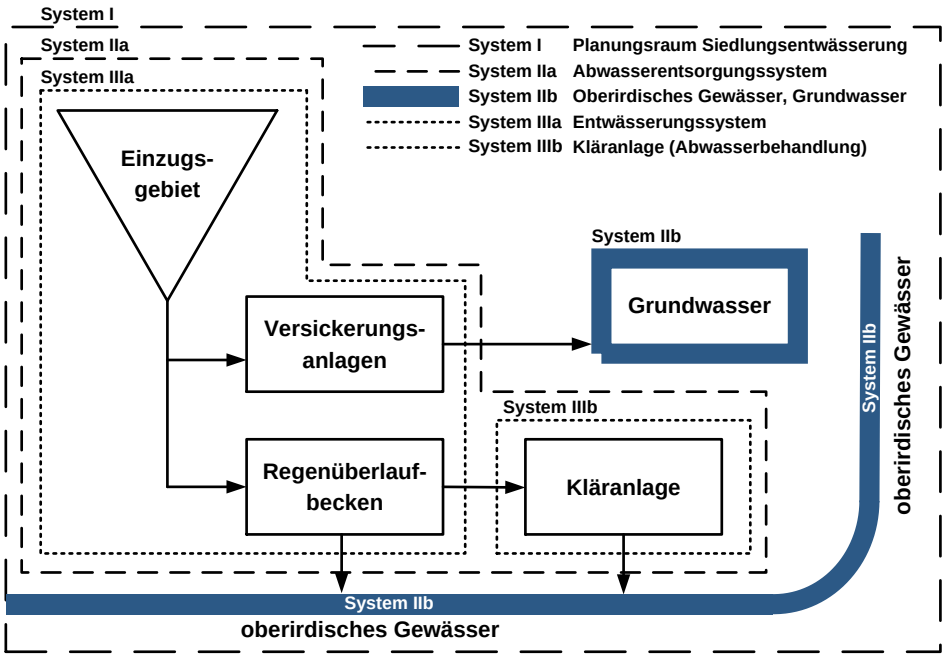


Abb. 2-2 Systemgliederung bei Vollkanalisation [vereinfacht nach DWA (2006a)]

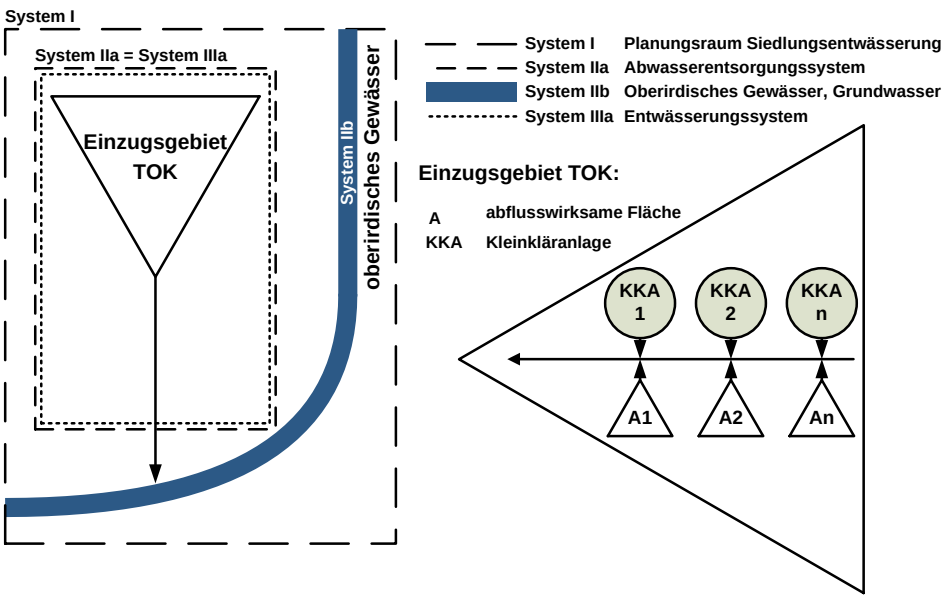


Abb. 2-3 Systemgliederung bei einer Teilortskanalisation mit Elementen des Einzugs gebietes [in Anlehnung an DWA (2006a)]

Bei dem in Abb. 2-3 dargestellten System gibt es innerhalb des Planungsraumes nur eine Teilortskanalisation mit einer Einleitstelle in das Gewässer. Der Planungsraum entspricht hier also dem EZG der jeweiligen Teilortskanalisation.

Im Kontext der hier untersuchten Anwendungsfälle wird der Planungsraum meist auf der Ebene einer zusammenhängenden ländlichen Siedlung liegen, wo oft mehrere Teilortskanalisationen mit entsprechend vielen Einleitstellen existieren. Zur Hervorhebung des Charakters mehrerer Teilortskanalisationen innerhalb eines Ortes als ein übergreifendes System können die einzelnen Teilortskanalisationen als einzelne Entwässerungssysteme (Systemebene IIIa) in einem einheitlichen Abwasserentsorgungssystem (Systemebene IIa) zusammengefasst werden (Abb. 2-4).

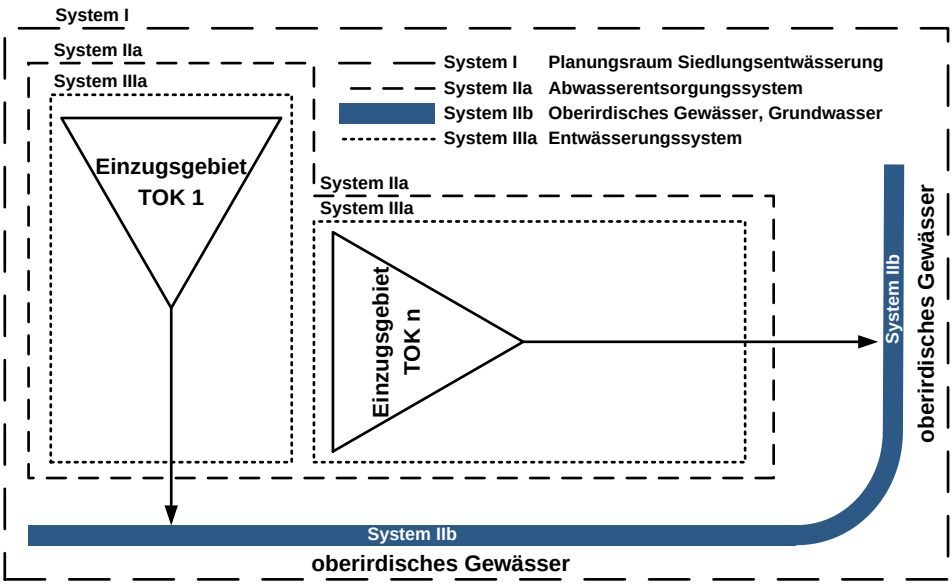


Abb. 2-4 Systemgliederung bei mehreren Teilortskanalisationen innerhalb des Planungsraumes [in Anlehnung an DWA (2006a)]

Die Darstellungen in Abb. 2-3 und 2-4 beschreiben Idealtypen von Teilortskanalisationen, anhand derer das grundsätzliche Prinzip verdeutlicht werden soll. Wie weiter unten gezeigt wird, sind die Verknüpfungen zwischen Teilortskanalisationen und Gewässern in der Praxis häufig etwas komplexer (s. Pkt. 2.4.4).

Im Kontext der vorliegenden Arbeit entspricht der Betrachtungsrahmen der Grenze von System I (Planungsraum Siedlungsentwässerung), während sich die weiter unten beschriebenen Möglichkeiten zur Nutzung und Integration von Tok auf das System IIa (Abwasserentsorgungssystem) als Handlungsrahmen beschränken müssen (s. Pkt. 5.2.1).

2.4.2 Funktionen

Die wesentliche Funktion von Tok, die **Ableitung von vorbehandeltem Schmutzwasser**, ergibt sich bereits aus der Definition (Pkt. 2.1). Fehlt diese, kann im Kontext dieser Arbeit nicht von einer Teilortskanalisation, sondern allenfalls von einem Bürgermeisterkanal gesprochen werden.

Der Grad der Verschmutzung des in Tok eingeleiteten SW ist, wie sich aus verschiedenen Quellen (z. B. Kämpfer 2005 oder SMUL 2003a) ableiten und im Projektalltag immer wieder bestätigen lässt, trotz des hauptsächlich häuslichen Ursprunges relativ breit gestreut (Abb. 2-5). Auch sind die Übergänge zwischen den einzelnen Gruppen fließend.

Behandlungsgrad	Charakteristik	Beispiele
unbehandelt	komplett unbehandeltes Schmutzwasser einschließlich Fäkalien	• Anschlüsse über funktionslose Altanlagen • direkt angebundene Schmutzwasseranschlüsse • illegale Entleerung von abflusslosen Gruben und Kleinkläranlagen
teilbehandelt	mechanisch behandeltes Schmutzwasser; leicht verschmutztes Schmutzwasser	• Anschlüsse über mechanische Kleinkläranlagen (Klärgruben) • direkt angebundene Grauwasseranschlüsse • mangelhaft betriebene biologische Kleinkläranlagen
vollbehandelt	biologisch behandeltes Schmutzwasser	• nach dem aktuellen Stand der Technik hergestellte und betriebene Kleinkläranlagen

Abb. 2-5 Behandlungsgrade von häuslichem SW in Tok

Normalerweise erfolgt die (Vor-) Behandlung des SW in KKA bzw. Klärgruben (KGr) auf den einzelnen Grundstücken bzw. in Gruppenanlagen für mehrere Grundstücke. Die Ergebnisse der Vorbehandlung sind im Sinne des Gewässerschutzes vielfach nicht ausreichend (Pkt. 2.6). Sie erfüllen aber in den allermeisten Fällen eine für den reibungslosen Betrieb der Tok sehr wichtige Funktion, nämlich die Abtrennung von Feststoffen aus dem Abwasser.

Auch Einleitungen von unbehandeltem Grauwasser kommen vor. Dies ist besonders bei älteren Gebäuden der Fall, wo vor dem Aufkommen von WCs die Küchen- und Waschhausabwässer häufig in die Dorfgräben eingeleitet wurden (Pfeiff 1995). Vermutlich gibt es darüber hinaus auch Einzelfälle, in denen das

gesamte SW ohne jede Vorbehandlung in eine Tok eingeleitet wird - permanent über unzulässige Direktanschlüsse oder im Rahmen illegaler Entleerungen von KKA und abflusslosen Gruben.

Das SW ist, wie schon erwähnt, in den meisten Fällen häuslichen Ursprungs bzw. im Falle von Kleingewerbe mit häuslichem Abwasser vergleichbar. Es gibt aber nach SMUL (2003a) auch Kleineinleitungen von Prozessabwässern, die schwerpunktmäßig aus dem Nahrungsgütergewerbe (z. B. Fleischer, Minibrauereien, Brennereien, Bäcker oder Fischverarbeitung) stammen.

Eine zweite bedeutende Funktion von Teilortskanalisationen ist die der **Oberflächenentwässerung**, die bereits deren Vorläufer, die Dorfgräben, erfüllten.

Der Befestigungsgrad auf dem Lande ist normalerweise deutlich niedriger als in urbaneren Gebieten. Tendenziell kommt weniger Oberflächenwasser zum Abfluss und es bestehen mehr Möglichkeiten zur Versickerung. Dennoch müssen auch dort häufig größere Mengen an Oberflächenwasser über längere Strecken in ein Gewässer abgeleitet werden. Besonders im ländlichen Raum relevante verstärkende Faktoren sind u. a. großflächige Befestigungen in landwirtschaftlichen Betrieben, stark geneigte Oberflächenformen, wenig versickerungsfähige Böden oder zeitweise gefrorene Böden.

Abflüsse aus Außengebieten und deren Ableitung über Tok sind ähnlich wie die weiter unten dargestellte Fremd- bzw. Drainagewasserproblematik zu betrachten. Unterschiede gibt es bei der Abflusscharakteristik und beim Grad der Verschmutzung. Je nach Art und Nutzung der Flächen abflussrelevanter Außengebiete liegt deren Abflussverzögerung zwar i. d. R. deutlich über der von befestigten Flächen (DWA 2006c). Im Vergleich zu Drainage- und Bachwasser können Abflüsse aus Außengebieten aber sehr viel schneller deutlich höhere Abflussspitzen erreichen sowie infolge von Erosion und Abdrift auch häufiger relevante Verschmutzungen aufweisen.

Je nachdem von welchen Flächen Oberflächenwasser abfließt, ist es mehr oder weniger stark verschmutzt (s. Pkt. 2.6). Zunächst ist es ausreichend, hier zwischen gering und stark verschmutztem Oberflächenwasser zu unterscheiden. Die Einleitung von Oberflächenwasser in bestehende Tok erfolgt unabhängig davon in der Regel ohne vorherige Behandlung.

Bei entsprechenden hydrogeologischen Bedingungen führten die Dorfgräben zusätzlich zum Oberflächenwasser auch Grundwasser und oberflächennahes Schichtenwasser ab. Später übernahmen dann, ob beabsichtigt oder nicht, die zwischenzeitlich verrohrten Gräben als Bürgermeisterkanal bzw. Tok diese Funktion. Die meisten der vor 1990 hergestellten unsanierten Tok sind heute undicht (s. Pkt. 2.5.1.4) und können deshalb ggf. als Drainage wirken und die Grundwasserspiegel im EZG dauerhaft absenken. Sie unterscheiden sich darin

nicht von vielen anderen Abwasserkanälen im Bestand (vgl. Pecher 2008). Da innerhalb einer Teilortskanalisation aber keine KA vorhanden ist, wirkt sich diese „Fremdwasserproblematik" abgesehen von der Veränderung des natürlichen Wasserhaushaltes zunächst nicht negativ aus. Im Weiteren wird deshalb hier auch nicht mehr von Fremdwasser, sondern von „**sonstigem Wasser**" die Rede sein.

Die unmittelbare Drainagewirkung undichter Kanäle oder nicht fachgerecht hergestellter Rohrgräben (fehlende Querriegel) ist eine der möglichen Arten von Drainagewassereinleitungen in Teilortskanalisationen. Die andere besteht in der Einbindung spezieller Drainageleitungen, seien es Bauwerks- oder Felddrainagen. Besonders aus letzteren können je nach Witterung sehr große Abflussmengen resultieren. Es gibt auch Fälle, in denen Quellen oder ganze Bäche von Tok aufgenommen werden (z. B. Londong 2006). Abgesehen von Abgrenzungsproblemen zwischen Kanalisation und Gewässer (s. Pkt. 2.4.5) haben diese Einleitungen ähnliche Auswirkungen wie die von Drainagewasser.

Einen zusammenfassenden Überblick über die Funktionen bestehender Teilortskanalisationen gibt Abb. 2-6. Im Einzelfall werden nicht immer alle Funktionen ausgefüllt. SW ist aber immer, und Oberflächenwasser fast immer relevant. Auf die Zusammensetzung des Abwassers in den Tok und dessen Auswirkungen auf die Gewässer wird unter Pkt. 2.6 noch einmal vertieft eingegangen.

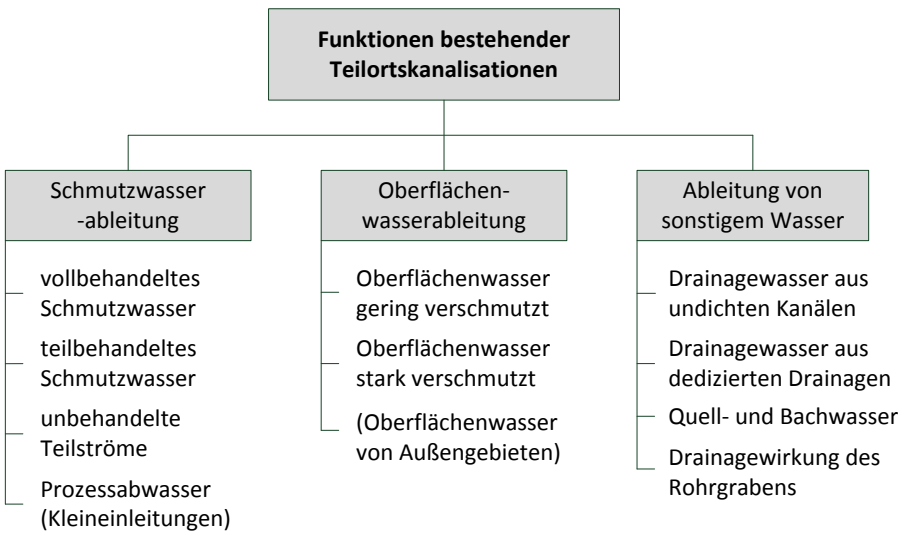


Abb. 2-6 Funktionen von Teilortskanalisationen

Die Kenntnis der verschiedenen Funktionen bestehender Tok ist insofern von Bedeutung, als diese bei der Betrachtung zukünftiger Systeme selbstverständlich berücksichtigt werden müssen. Unabhängig davon welches System in ei-

nem konkreten Fall zur Anwendung kommt, müssen die bisherigen Aufgaben i. d. R. von ihm übernommen werden. In Kapitel 4 wird auf die bewährten Funktionen als Möglichkeiten der zukünftigen Nutzung Bezug genommen.

2.4.3 Merkmale von Entwässerungsgebieten mit Tok

Eines der grundlegenden Merkmale von Abwasserentsorgungsgebieten ist die Größe der kanalisierte **Fläche des EZG** $A_{E,k}$. Eine einzelne Teilortskanalisation verfügt über mindestens zwei Grundstücke als EZG, so dass dessen minimale Größe 0,1 ha kaum unterschreiten dürfte[4]. Eigenen Beobachtungen aus der Planungspraxis zufolge reicht die Skala der Größe von $A_{E,k}$ in Tok-Gebieten von etwa 1 ha bei kleinen Gruppensiedlungen (Doppelsiedlungen, kleine Weiler) bis hin zu etwa 100 ha bei größeren Dörfern, Kleinstädten oder auch Ortsteilen mittelgroßer Städte. Besonders bei den größeren Entwässerungsgebieten gibt es häufig mehrere Teilnetze, deren jeweilige Einzugsgebietsgröße entsprechend kleiner ist. In jedem Falle zählen die Entwässerungsgebiete mit Teilortskanalisationen zu den „kleinen Einzugsgebieten" ($A_{E,k} \leq 200$ ha) nach DWA (2006c).

Die Größe des EZG ist bei der Entwässerungsplanung in vielerlei Hinsicht bedeutsam. Durch sie wird der Abfluss von Oberflächenwasser ebenso maßgeblich mitbestimmt wie die Länge der vorhandenen bzw. erforderlichen Leitungsnetze oder die Anzahl der Einwohner.

Auch die **Form des EZG** hat erheblichen Einfluss auf die Gestaltung konkreter Netze. Bei größeren Systemen kann sie auch hinsichtlich der Ganglinien bei Regenwetter bedeutsam sein (s. Lautrich 1980). Wegen der Vielfalt weiterer Faktoren und deren Kombinationsmöglichkeiten ist eine Kategorisierung der Formen im Kontext dieser Arbeit aber nicht zielführend.

Die Menge des abflusswirksamen Niederschlages ist außer von der Größe des kanalisierten EZG auch vom Anteil der befestigten Flächen, von der Art der Flächenbefestigung, der Geländeneigung, der Regenstärke und Regendauer, sowie von der Bodenart und dem Bewuchs der durchlässigen Flächen abhängig (DWA 2006c). Dies ist im Einzelfall zu erkennen und zu bewerten. Allgemeingültige Aussagen zu dem von diesen Parametern bestimmten Abflussverhalten in Tok-Gebieten lassen sich aufgrund der vielfältigen Einflüsse kaum treffen.

Ähnliches gilt für die Wirkungen des Grundwassers und die Einflüsse von Drain-, Quell- und Bachwasser, die hochgradig von den örtlichen hydrogeologischen Verhältnissen abhängig sind.

---

[4] Derart kleine Systeme sind meist Bestandteil einer größeren, räumlich zusammenhängenden Einheit, z. B. eines Dorfes oder Ortsteils, die in der Regel in ihrer Gesamtheit zu betrachten ist.

Die Wasserverbräuche, die annähernd mit dem **Schmutzwasseranfall** gleichgesetzt werden können, sind in Tok-Gebieten unterdurchschnittlich. Er betrug 2007 für Haushalte und Kleingewerbe in Thüringen und Sachsen-Anhalt im Schnitt 90 l/(E·d), in Sachsen sogar nur 85 l/(E·d), während der gesamtdeutsche Durchschnitt bei 122 l/(E·d) lag (Statistisches Bundesamt 2009).

Diese Entwicklung ist unabhängig von der Sanitärausstattung im ländlichen Raum. Eigenen Beobachtungen zufolge gibt es dort zwar auch heute noch einzelne Häuser, die ausschließlich mit traditionellen Trockentoiletten ausgestatten sind, aber selbst bei den davon besonders betroffenen älteren Menschen ist insgesamt eine weitgehende Angleichung der Wohnverhältnisse zu verzeichnen (Beetz u. a. 2005). In Bezug auf die sanitäre Ausstattung kann also von ähnlichen Verhältnissen in Stadt und Land ausgegangen werden.

Die **Zahl der Einwohner** EZ_{Tok} eines Tok-Entwässerungsgebietes ist ein weiteres wesentliches Beschreibungsmerkmal. Sie wird durch die Größe und die Einwohnerdichte des EZG geprägt. Die theoretische Untergrenze der Einwohnerzahl von Tok-Gebieten liegt bei 2 E (2 Grundstücke mit jeweils einem Einwohner). Beispiele in Sachsen zeigen, dass im Einzelfall auch mehr als 1.000 E möglich sind. Beim größten Teil der Entwässerungsgebiete dürfte sich die Einwohnerzahl eigenen Beobachtungen zufolge jedoch unterhalb 400 E, bei den meisten der einzelnen Teilnetze deutlich unter 100 E bewegen.

Die Bevölkerungsentwicklung in Mitteldeutschland ist tendenziell stärker rückläufig als in den alten Bundesländern, wo dies überhaupt erst seit 2006 der Fall ist. Auf dem Gebiet der ehemaligen DDR hält dieser **demografische Wandel** seit Anfang der 1950er Jahre an, was dort bis zum Jahr 2000 bereits zu einem Bevölkerungsrückgang von rund 18% führte. (Statistisches Bundesamt 2010a) Für die nächsten knapp 50 Jahre ist in den ostdeutschen Flächenländern noch einmal ein etwa doppelt so starker Bevölkerungsrückgang wie bisher zu erwarten: Je nach Szenario wird er zwischen 32% und 37% liegen, was einer mittleren jährlichen Veränderungsrate von -0,74% bzw. -0,88% entspräche (vgl. Abb. 2-7). (Statistisches Bundesamt 2010b)

Bei den Trends gibt es nicht nur im Ost-West-Vergleich deutliche Unterschiede. Strukturschwache ländliche Gegenden sind von dem erwarteten Bevölkerungsrückgang deutlich stärker betroffen als Ballungsräume, für die selbst im Osten stabile oder gar zunehmende Bevölkerungszahlen vorausgesagt werden (Lutter u. Schürt 2005). Dies alles bedeutet, dass Gebiete mit Teilortskanalisationen häufiger von starkem Bevölkerungsrückgang betroffen sind als solche mit zentraler Abwasserbehandlung. Dennoch lassen sich für den Einzelfall keine pauschalen Aussagen treffen, so dass jeweils gesonderte Betrachtungen notwendig sind. Eine dafür mögliche Vorgehensweise ist unter Pkt. 5.4.5.3 beschrieben.

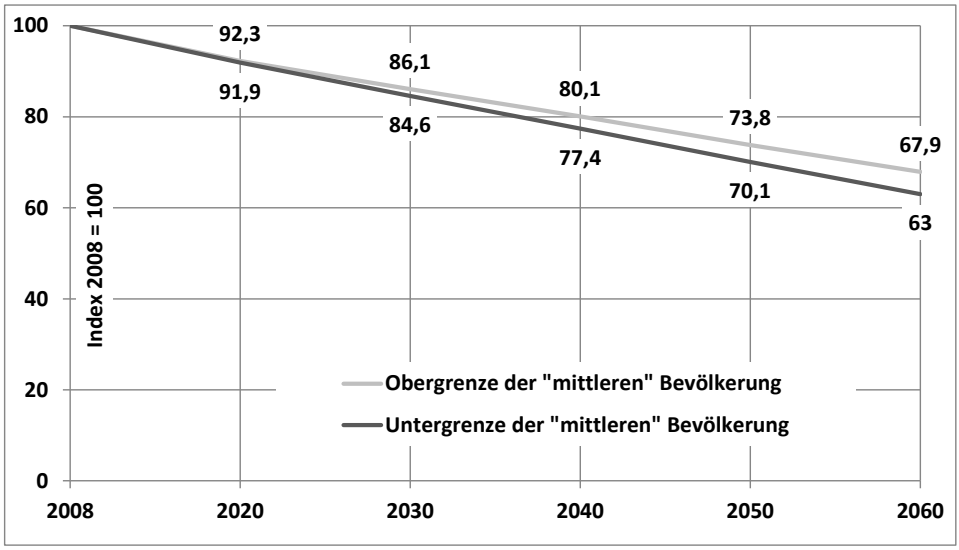


Abb. 2-7 Bevölkerungsentwicklung in den neuen Ländern bis 2060 (Daten: Statistisches Bundesamt (2010b)

2.4.4 Merkmale von Tok-Netzen

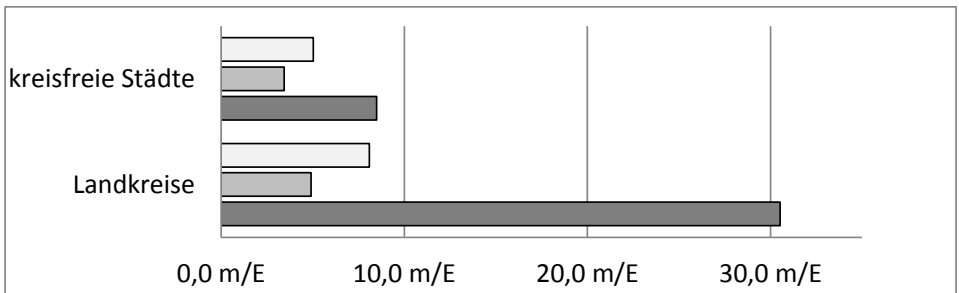
Teilortskanalisationen decken in den wenigsten Fällen ein Entwässerungsgebiet komplett ab. Meist gibt es entweder einzelne Grundstücke, Straßenzüge oder auch ganze Ortsteile, deren mehr oder weniger behandelten Abwässer direkt in ein Gewässer eingeleitet, versickert oder in abflusslose Gruben (AlG) gesammelt werden. Um die Bedeutung von Teilortskanalisation für ein bestehendes Entwässerungsgebiet zu beschreiben, kann der Parameter **Tok-Gebietsabdeckung** (p_{Tok}) verwendet werden. Er repräsentiert den Anteil der Einwohner eines Entwässerungsgebietes, der an eine vorhandene Tok angeschlossen ist. Die Spannweite reicht von 0%, (keine Abdeckung, keine Tok vorhanden) bis 100% (Vollabdeckung, alle Einwohner sind an eine Tok angeschlossen):

$$0\% < p_{Tok} \leq 100\% \qquad (2.3)$$

Für die Entwässerungsplanung ist er ein Indikator bezüglich des Stellenwertes, der den vorhandenen Teilortskanalisationen in einer Gesamtkonzeption einzuräumen ist und er kann, wie alle anderen in Kapitel 2 beschriebenen Merkmale auch, Anhaltspunkte zur Bewertung konkreter Maßnahmen liefern (vgl. Pkt. 5.5.2).

Ein Kriterium für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von Kanalnetzen ist die **Kanallänge je Einwohner**. Je kleiner diese Zahl, desto wirtschaftlicher ist ein Kanal unter ansonsten gleichen Randbedingungen. Das trifft für den Bau und die Sanierung, aber auch für den laufenden Betrieb zu. Der bundesweite

Durchschnitt, bezogen auf alle Kanalarten und alle Einwohner, liegt bei 7 m/E, wobei Sachsen und Thüringen genau im Durchschnitt und Sachsen-Anhalt sowie das Saarland mit 8 m/E leicht darüber liegen (SÄBL 2010b, Brombach 2010). Naturgemäß sind im ländlichen Raum höhere Werte als im städtischen Umfeld anzutreffen, wie aus Abb. 2-8 anhand von auf Kreisebene erhobenen Daten deutlich wird. Es ist auch festzustellen, dass die Schwankungsbreite der Werte mit dem Detailierungsgrad stark ansteigt.



	Landkreise	kreisfreie Städte
Mittelwert	8,1 m/E	5,0 m/E
Minimum	4,9 m/E	3,4 m/E
Maximum	30,5 m/E	8,5 m/E

Abb. 2-8 Kanallängen je angeschlossenem Einwohner im Saarland, Sachsen-Anhalt, Sachsen und Thüringen (Stand 2004) (SÄBL 2010a)

Um die Situation in konkreten Entwässerungsgebieten zu beschreiben, sind noch kleinräumigere Betrachtungen nötig. In der Literatur werden Zahlen von 0,5 - 5 m/E für Stadtgebiete und 4 - 20 m/E in den Landkommunen genannt (vgl. Gassner u. Heckenbücker 1995 o. Lautrich 1980). Auf Basis der Daten aus neun Orten im Muldentalkreis (s. Pkt. 1.4) wurden im Rahmen dieser Arbeit relativ hohe Werte zwischen 10 und 39 m/E ermittelt. Die oberen Extremwerte sind in Einzelfall auf ganz verschiedene Ursachen zurückzuführen. So sind z. B. in einem Fall an einen knapp 80 m langen Teilortskanal lediglich 2 Einwohner angeschlossen. Anderswo verlaufen mehrere hundert Meter Kanal über Felder, um an drei verschiedenen Stellen ein Fließgewässer zu erreichen. Die Kennzahl kann also bei der Bestandsanalyse ebenso wie bei der Bewertung von Planungsoptionen gute Anhaltspunkte zur Identifizierung problematischer Konstellationen liefern.

Wie unter Pkt.2.3 beschrieben, sind die bestehenden Tok über viele Jahre hinweg gewachsen. Klassische Netzformen der Stadtentwässerung wie z. B. Längsnetz oder Quernetz (vgl. Werner u. a. 1980) sind im ländlichen Raum kaum möglich und es herrscht insgesamt eine große Vielfalt. Dennoch lassen