

# **Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum**

· **Abwasserentsorgung** ·

BAUHAUS  
UNIVERSITÄTSVERLAG

Impressum:

Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum - Abwasserentsorgung

Herausgeber  
Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt  
Bauhaus-Universität Weimar  
Coudraystraße 7  
99421 Weimar

in fachlicher Kooperation mit der  
DWA Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.  
Theodor-Heuss-Allee 17  
53773 Hennef

3. Auflage  
März 2013

Bezugsmöglichkeiten:

Universitätsverlag Weimar  
Fax: 03643/581156  
E-Mail: [marita.fein@uni-weimar.de](mailto:marita.fein@uni-weimar.de)

DWA  
Tel: 02242/872333  
Fax: 02242/872100  
E-Mail: [kundenzentrum@dwa.de](mailto:kundenzentrum@dwa.de)  
Internet: [www.dwa.de](http://www.dwa.de)

Redaktion: Weiterbildendes Studium Wasser und Umwelt  
Satz und Layout: Dipl.-Ing. Roy Holzhey  
Druck: docupoint GmbH Magdeburg

Bildquelle – Buchdeckel: Modellvorhaben WRRL-Pilotanlage Kommunalabwasser Wüstheuterode  
des WAZ Obereichsfeld, Bj. 2004

ISBN: 978-3-86068-310-1

## Vorwort

Die Arbeitsgruppe Weiterbildendes Studium „Wasser und Umwelt“ bietet ein Fernstudium mit den Schwerpunkten Wasserbau und Hydraulik, Siedlungswasserwirtschaft und Abfallwirtschaft an. Das vorliegende Buch ist ein weiterer Band einer Serie, die den Stoff eines Kurses aus diesem Studium enthält. Die Kursteilnehmer des Fernstudiums erhalten über die Schriftform hinaus eine fortlaufende Betreuung in Form von Aufgaben, die zu einer abschließenden Prüfung führt.

Das Weiterbildende Studium „Wasser und Umwelt“ in Weimar entstand aus einer engen Zusammenarbeit mit der Leibniz-Universität Hannover und den Verbänden DWA und DVGW. Es bot zunächst nur Fernstudiengänge im Zertifikatsstudium an, wurde aber dann zum Masterstudiengang weiterentwickelt. Die Studieninhalte werden in Kursform angeboten, wobei insgesamt mehr als 25 Kurse zur Auswahl stehen. Einer dieser Kurse umfasst die „Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum“, der in 2003 zum ersten Mal angeboten wurde. Das Skript ist inhaltlich zweigeteilt. Im ersten (vorliegenden) Teil dieser beiden Bände wird die Abwasserentsorgung im ländlichen Raum behandelt. Der zweite Teil behandelt den gesamten Bereich der Wasserversorgung.

Dieses Buch – wie auch das Studium – richtet sich an Hochschulabsolventen/innen, die im Bereich Wasser und Umwelt als Fachkräfte bei Behörden, Unternehmen, Verbänden, Ingenieurbüros, Instituten und anderen Einrichtungen tätig sind oder zukünftig tätig werden. Hier sehen wir die Chance, die Lehrinhalte auch zur Diskussion in die Öffentlichkeit zu stellen und allen zugänglich zu machen. Wo es um wichtige Umweltfragen geht wie bei der Abwasserentsorgung, sollten stets die neuesten Erkenntnisse hinzugezogen und für die praktische Umsetzung verwendet werden können, so wie wir uns auch bemühen, die aktuellen Ergebnisse aus Forschung und Praxis mit einzubeziehen.

Das vorliegende Buch basiert auf einer Lehrbriefsammmlung des Kurses „Siedlungswasserwirtschaft im ländlichen Raum – WW59“ des Weiterbildenden Studiums Wasser und Umwelt, die unter Leitung von Dr.-Ing. Günter Fehr im Jahre 2003 mit großem Engagement erstellt wurde.

- Für die Kapitel zu Grundlagen waren die Autoren: Dr. H.-J. Rapsch, W. Haun, Dipl.-Ing. Finke, Dr. U. Hagendorf, Dr. G. Neemann, Dr.-Ing. M. Oldenburg,
- für die Kapitel zur Ökonomie die Autoren: Prof. Dr.-Ing. Th. Schmitdtke, Dr.-Ing. Günter Fehr, Dr.-Ing. K. Ritter, Dr. rer. nat. L. Karsten, Dipl.-Ing. H. Robisch und
- für die Kapitel zur Abwasserableitung/Abwasserbehandlung die Autoren: Prof. Dr.-Ing. R. Feldhaus, H. Rustige, Dipl.-Ing. J. Müller, Dr. K. Fläsche, Dipl.-Ing. S. Ahrens, Dipl.-Ing. S. Rehfuß verantwortlich.

Seit dem Jahr 2007 wurden die Skripte von Frau Dipl.-Ing. Sonja Sauer (inawa, Weimar) mehrfach vollständig überarbeitet und aktualisiert. Der Fokus dieser jüngsten Überarbeitung lag auf der Anpassung insbesondere der drei Themengebiete Recht, Neuartige Sanitärsysteme und Wirtschaftlichkeit an die fachlichen Entwicklungsprozesse. Darüber hinaus konnte für diese dritte Auflage Herr Dipl.-Ing. (FH) H.-J. Temann M.Sc. für die Abfassung eines neues Unterkapitels zu Teilortskanalisationen gewonnen werden.

Wir danken allen, die an der Bearbeitung der vorliegenden Ausgabe mitgewirkt haben, recht herzlich. Dieser Dank gilt vor allem unserem Teamchef Dr.-Ing. H.-W. Frenzel für die Verwaltung und Organisation der Kurse, Frau Dipl.-Ing. S. Sauer und Herrn Dipl.-Ing. (FH) Dipl.-UWT S. Büttner für die Restrukturierung und Aktualisierung des Skriptes, Herrn Dipl.-Ing. R. Holzhey – verantwortlich für den Satz und die Gestaltung – aber auch den weiteren Mitarbeitern der Arbeitsgruppe „Wasser und Umwelt“ der Bauhaus-Universität Weimar, die die Herausgabe des Kurses in Buchform erst ermöglicht haben, und den Kursteilnehmern für ihr Interesse und ihre Rückmeldung.

Möge die Fortsetzung dieser Reihe im Wissensgebiet „Wasser und Umwelt“ in der Fachwelt eine freundliche Aufnahme finden und der Aufgabe dienen, unsere Umwelt und die Ressource Wasser einer fachgerechten und nachhaltigen Nutzung zuzuführen.

Weimar, im März 2013

Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Londong

Leiter der Professur Siedlungswasserwirtschaft der Bauhaus-Universität Weimar

BAUHAUS  
UNIVERSITÄTSVERLAG

# Inhaltsverzeichnis

|            |  |    |
|------------|--|----|
|            | <b>Vorwort</b> .....   | I  |
| <b>1</b>   | <b>Einführung</b> .....  | 1  |
| <b>1.1</b> | <b>Geschichtlicher Rückblick</b> .....   | 1  |
| 1.1.1      | Allgemeine Vorbemerkungen .....  | 1  |
| 1.1.2      | Die Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung im antiken Rom .....                  | 1  |
| 1.1.3      | Vom Mittelalter bis zur industriellen Revolution .....                             | 2  |
| 1.1.3.1    | Die Wasserversorgung .....   | 2  |
| 1.1.3.2    | Die Abwasserbeseitigung .....  | 4  |
| <b>1.2</b> | <b>Wasserversorgung und Abwasserbeseitigung seit der Industrialisierung</b> .....  | 5  |
| 1.2.1      | Die Wasserversorgung .....   | 5  |
| 1.2.2      | Die Abwasserbeseitigung .....  | 6  |
| <b>1.3</b> | <b>Stand der Entwicklung</b> .....   | 7  |
| 1.3.1      | Konventionelle Entsorgungssysteme .....  | 7  |
| 1.3.1.1    | Definition zentrale/dezentrale Systeme .....                                       | 7  |
| 1.3.1.2    | Zentrale Systeme .....   | 8  |
| 1.3.1.3    | Dezentrale (Individuelle) Systeme .....  | 9  |
| 1.3.2      | Neuartige Entsorgungssysteme .....   | 10 |
| <b>2</b>   | <b>Rechtsgrundlagen und Regelwerke</b> .....                                       | 11 |
| <b>2.1</b> | <b>Vorbemerkung</b> .....  | 11 |
| <b>2.2</b> | <b>Europäisches Recht</b> .....  | 11 |
| <b>2.3</b> | <b>Bundesrecht</b> .....   | 12 |
| 2.3.1      | Wasserhaushaltsgesetz (WHG) .....  | 12 |
| 2.3.2      | Abwasserverordnung (AbwV) .....  | 13 |
| 2.3.3      | Abwasserabgabengesetz (AbwAG) .....  | 14 |
| 2.3.4      | Klärschlammverordnung (AbfKlärV) .....   | 14 |
| 2.3.5      | Bauproduktengesetz (BauPG) .....   | 15 |
| <b>2.4</b> | <b>Die Landeswassergesetze (LWG)</b> .....   | 15 |
| 2.4.1      | Abwasserbeseitigungspflicht .....  | 15 |
| 2.4.2      | Zuständigkeiten .....  | 16 |
| <b>2.5</b> | <b>Kommunalrecht</b> .....   | 16 |
| <b>2.6</b> | <b>Technische Regelwerke</b> .....   | 16 |
| 2.6.1      | Normen (DIN-EN) .....  | 16 |
| 2.6.2      | DWA-Regelwerk .....  | 17 |
| <b>2.7</b> | <b>Regelungen für Kleinkläranlagen</b> .....                                       | 17 |
| 2.7.1      | Einbau .....   | 17 |
| 2.7.2      | Betrieb und Wartung .....  | 19 |
| 2.7.3      | Überwachung .....  | 19 |
| <b>3</b>   | <b>Abwasserableitung im ländlichen Raum</b> .....                                  | 21 |
| <b>3.1</b> | <b>Besonderheiten des ländlichen Raumes aus Sicht der Abwasserentsorgung</b> ..... | 21 |
| <b>3.2</b> | <b>Abwasserarten</b> .....   | 21 |
| 3.2.1      | Schmutzwasser .....  | 22 |
| 3.2.2      | Niederschlagswasser .....  | 22 |
| 3.2.3      | Fremdwasser .....  | 23 |
| <b>3.3</b> | <b>Entwässerungssysteme</b> .....  | 23 |
| 3.3.1      | Übersicht .....  | 23 |
| 3.3.2      | Zentrale Regenwasserbehandlung .....   | 24 |
| <b>3.4</b> | <b>Maßnahmen der Regenwasserbewirtschaftung</b> .....                              | 25 |
| 3.4.1      | Verfahren .....  | 25 |
| 3.4.2      | Grundlagen der Versickerung .....  | 26 |
| 3.4.3      | Versickerung .....   | 27 |
| 3.4.3.1    | Flächenversickerung .....  | 28 |
| 3.4.3.2    | Muldenversickerung .....   | 29 |
| 3.4.3.3    | Rigolen- und Rohr-Rigolen-Element .....  | 29 |

|            |   |           |
|------------|---|-----------|
| 3.4.3.4    | Mulden-Rigolen-Element .....  | 30        |
| 3.4.3.5    | Mulden-Rigolen-System .....   | 30        |
| 3.4.3.6    | Schachtversickerung .....   | 30        |
| 3.4.3.7    | Beckenversickerung .....  | 31        |
| 3.4.4      | Speicherung .....   | 31        |
| 3.4.5      | Behandlung .....  | 32        |
| 3.4.6      | Abschätzung der erforderlichen Behandlungsmaßnahmen .....               | 33        |
| 3.4.7      | Nutzung .....   | 33        |
| <b>3.5</b> | <b>Verfahren der Schmutzwasserableitung</b> .....                       | <b>34</b> |
| 3.5.1      | Freigefälleentwässerung .....   | 34        |
| 3.5.2      | Druckentwässerung .....   | 34        |
| 3.5.2.1    | Prinzip .....   | 34        |
| 3.5.2.2    | Hauptkomponenten .....  | 35        |
| 3.5.2.3    | Betrieb und Wartung .....   | 35        |
| 3.5.2.4    | Anwendung der Druckentwässerung .....                                   | 36        |
| 3.5.3      | Unterdruckentwässerung .....  | 36        |
| 3.5.3.1    | Prinzip .....   | 36        |
| 3.5.3.2    | Hauptkomponenten .....  | 37        |
| 3.5.3.3    | Betrieb und Wartung .....   | 38        |
| 3.5.3.4    | Anwendung der Unterdruckentwässerung .....                              | 38        |
| 3.5.4      | Gefälledruckleitungen .....   | 38        |
| 3.5.5      | Absetzentwässerung .....  | 39        |
| <b>3.6</b> | <b>Umgang mit Teilortskanalisationen</b> .....                          | <b>39</b> |
| 3.6.1      | Ein etabliertes Provisorium .....                                       | 39        |
| 3.6.2      | Besonderheiten bestehender Teilortskanalisationen .....                 | 40        |
| 3.6.2.1    | Aufbau und Systemgrenzen .....  | 40        |
| 3.6.2.2    | Entwässerungsgebiete mit Teilortskanalisationen .....                   | 41        |
| 3.6.2.3    | Mögliche Ausprägungen von Tok-Netzen .....                              | 41        |
| 3.6.2.4    | Elemente der Teilortskanalisationen .....                               | 42        |
| 3.6.3      | Potenziale und Defizite .....   | 43        |
| 3.6.3.1    | Zentrale Funktionen .....   | 43        |
| 3.6.3.2    | Gewässerschutz .....  | 43        |
| 3.6.3.3    | Kosten und Risiken .....  | 44        |
| 3.6.4      | Nutzung und Integration von Teilortskanalisationen .....                | 44        |
| 3.6.4.1    | Grad der Nutzung von Tok .....  | 44        |
| 3.6.4.2    | Traditionelle und neuartige Nutzungsmöglichkeiten .....                 | 45        |
| 3.6.4.3    | Tok als Bestandteil vollständiger Entwässerungssysteme .....            | 45        |
| 3.6.4.4    | Auswahl sinnvoller Alternativen .....                                   | 46        |
| <b>4</b>   | <b>Abwasserbehandlung in technischen Kläranlagen</b> .....              | <b>49</b> |
| <b>4.1</b> | <b>Begriffsbestimmung Kleinkläranlagen und kleine Kläranlagen</b> ..... | <b>49</b> |
| <b>4.2</b> | <b>Bemessungsgrundlagen</b> .....                                       | <b>49</b> |
| 4.2.1      | Abwasseranfall .....  | 49        |
| 4.2.2      | Schmutzfrachten .....   | 50        |
| <b>4.3</b> | <b>Verfahren der Abwasserreinigung</b> .....                            | <b>51</b> |
| 4.3.1      | Mechanische Vorbehandlung .....   | 51        |
| 4.3.2      | Belebungsverfahren .....  | 53        |
| 4.3.2.1    | Belebungsanlagen mit gemeinsamer Schlammstabilisierung .....            | 53        |
| 4.3.2.2    | Verfahrenstechnische Weiterentwicklungen des Belebungsverfahrens .....  | 56        |
| 4.3.3      | Tropfkörper- und Rotationstauchkörperanlagen (Biofilmverfahren) .....   | 57        |
| <b>4.4</b> | <b>Kleinkläranlagen</b> .....   | <b>59</b> |
| 4.4.1      | Verfahren .....   | 59        |
| 4.4.2      | Vorbehandlung .....   | 60        |
| 4.4.2.1    | Ein- und Mehrkammerabsetzgruben .....                                   | 60        |
| 4.4.2.2    | Mehrkammer-Ausfalggruben .....  | 60        |
| 4.4.3      | Biofilmverfahren .....  | 61        |
| 4.4.3.1    | Tropfkörperanlagen .....  | 61        |
| 4.4.3.2    | Rotationstauchkörper .....  | 62        |
| 4.4.3.3    | Belüftetes Festbett .....   | 63        |
| 4.4.3.4    | Wirbel-Schwebebett-Anlagen .....  | 63        |
| 4.4.4      | Belebungsverfahren .....  | 64        |
| 4.4.4.1    | Belebungsanlagen .....  | 64        |
| 4.4.4.2    | SBR-Anlagen .....   | 65        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 4.4.4.3    | Belebungsanlage mit Membranfiltration .....  | 66         |
| 4.4.5      | Verfahren ohne Abwasserbelüftung .....   | 66         |
| <b>4.5</b> | <b>Einleitung der gereinigten Abwässer</b> .....                                       | <b>67</b>  |
| 4.5.1      | Einleitung in Fließgewässer .....  | 67         |
| 4.5.2      | Einleitung ins Grundwasser .....   | 68         |
| 4.5.2.1    | Kalkulation der Versickerungsraten bei Grabenversickerung .....                        | 69         |
| 4.5.2.2    | Kalkulation der Versickerungsraten bei Schachtversickerung .....                       | 70         |
| <b>5</b>   | <b>Abwasserbehandlung in naturnahen Kläranlagen</b> .....                              | <b>73</b>  |
| <b>5.1</b> | <b>Definition, Anwendung und Bedeutung von naturnahen Kläranlagen</b> .....            | <b>73</b>  |
| 5.1.1      | Entwicklungsgeschichte verschiedener Verfahren der naturnahen Abwasserbehandlung ..... | 74         |
| 5.1.2      | Anwendungsmöglichkeiten .....  | 77         |
| <b>5.2</b> | <b>Aquatische Verfahren, Funktionsweise, Aufbau und Reinigungsleistung</b> .....       | <b>78</b>  |
| 5.2.1      | Teichanlagen .....   | 78         |
| 5.2.1.1    | Funktionsweise .....   | 78         |
| 5.2.1.2    | Aufbau und Konstruktion .....  | 80         |
| 5.2.1.3    | Bemessung .....  | 80         |
| 5.2.1.4    | Reinigungsleistung .....   | 81         |
| 5.2.2      | Exkurs: Künstliche Feuchtgebiete .....   | 82         |
| 5.2.2.1    | Funktionsweise .....   | 82         |
| 5.2.2.2    | Aufbau und Konstruktion .....  | 83         |
| 5.2.2.3    | Bemessung .....  | 83         |
| 5.2.2.4    | Reinigungsleistung .....   | 84         |
| <b>5.3</b> | <b>Terrestrische Verfahren, Funktionsweise, Aufbau und Reinigungsleistung</b> .....    | <b>84</b>  |
| 5.3.1      | Bepflanzte Bodenfilter .....   | 84         |
| 5.3.2      | Aufbau und Bemessung von bepflanzten Bodenfiltern .....                                | 86         |
| 5.3.2.1    | Vorbehandlung .....  | 86         |
| 5.3.2.2    | Horizontalfilter .....   | 86         |
| 5.3.2.3    | Vertikalfilter .....   | 88         |
| 5.3.3      | Unbewachsene Bodenfilter .....   | 90         |
| <b>6</b>   | <b>Klärschlammbehandlung im ländlichen Raum</b> .....                                  | <b>91</b>  |
| <b>6.1</b> | <b>Einleitung</b> .....  | <b>91</b>  |
| <b>6.2</b> | <b>Grundlagen</b> .....  | <b>91</b>  |
| 6.2.1      | Schlammarten .....   | 91         |
| 6.2.2      | Beschaffenheit .....   | 91         |
| 6.2.3      | Schlammfall .....  | 92         |
| <b>6.3</b> | <b>Schlammbehandlung</b> .....   | <b>93</b>  |
| 6.3.1      | Stabilisierungsverfahren .....   | 93         |
| 6.3.2      | Fäkalschlämme .....  | 94         |
| 6.3.3      | Schlamm- und Schlammwasserspeicherung .....  | 95         |
| 6.3.4      | Entsorgungswege .....  | 96         |
| 6.3.4.1    | Entsorgungsoptionen .....  | 96         |
| 6.3.4.2    | Wasserabtrennung .....   | 96         |
| <b>6.4</b> | <b>Technische Verfahren zur Wasserabtrennung</b> .....                                 | <b>96</b>  |
| 6.4.1      | Statische Eindickung .....   | 96         |
| 6.4.2      | Maschinelle Eindickung .....   | 97         |
| 6.4.3      | Schlammwässerung .....   | 97         |
| <b>6.5</b> | <b>Naturnahe Verfahren zur Wasserabtrennung</b> .....                                  | <b>98</b>  |
| 6.5.1      | Trockenbeete .....   | 99         |
| 6.5.2      | Solare Trocknung .....   | 99         |
| 6.5.3      | Klärschlammvererdung .....   | 100        |
| 6.5.3.1    | Klärschlammvererdung mit Gräsern .....   | 100        |
| 6.5.3.2    | Klärschlammvererdung mit Schilf .....  | 100        |
| <b>6.6</b> | <b>Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung</b> .....                                 | <b>101</b> |
| <b>7</b>   | <b>Neuartige Sanitärsysteme</b> .....  | <b>105</b> |
| <b>7.1</b> | <b>Einleitung</b> .....  | <b>105</b> |
| <b>7.2</b> | <b>Betrachtung von Teilströmen</b> .....   | <b>107</b> |
| 7.2.1      | Begriffbestimmung .....  | 107        |
| 7.2.2      | Qualität und Quantität der Teilströme .....  | 107        |

|            |  |            |
|------------|--|------------|
| 7.2.3      | Behandlung von Teilströmen   | 109        |
| <b>7.3</b> | <b>Toilettensysteme als Element für eine neuartige Sanitärtechnik</b>                                | <b>109</b> |
| 7.3.1      | Toiletten ohne Urinseparation  | 110        |
| 7.3.1.1    | Konventionelle Spültoiletten   | 110        |
| 7.3.1.2    | Toiletten mit geringem Wasserverbrauch   | 110        |
| 7.3.1.3    | Vakuumtoiletten  | 110        |
| 7.3.2      | Toiletten mit Urinseparation   | 111        |
| 7.3.2.1    | Separations- oder No-Mix-Toiletten   | 111        |
| 7.3.2.2    | Urinale ohne Wasserspülung   | 113        |
| 7.3.3      | Komposttoiletten   | 113        |
| 7.3.3.1    | Spültoiletten mit Feststoffabscheidung und Kompostierung   | 115        |
| 7.3.3.2    | Komposttoiletten mit wassergespültem Urinalteil  | 115        |
| 7.3.3.3    | Komposttoiletten mit Urinseparation  | 115        |
| 7.3.3.4    | Trocknungstoiletten  | 115        |
| <b>7.4</b> | <b>Teilstromverfahren, Projektbeispiele</b>  | <b>116</b> |
| 7.4.1      | Verfahren mit Urinseparation   | 118        |
| 7.4.1.1    | Dezentrales System Lambertsühle  | 118        |
| 7.4.1.2    | Urinseparation in Skandinavien   | 120        |
| 7.4.1.3    | Urinbewirtschaftung für zentrale Systeme   | 121        |
| 7.4.2      | Verfahren mit Vakuumtoiletten  | 121        |
| 7.4.2.1    | Kleines zentrales System Flintenbreite   | 121        |
| <b>7.5</b> | <b>Zusammenstellung von bisher gesammelten Erfahrungen</b>   | <b>125</b> |
| <b>8</b>   | <b>Überblick über Planungsinstrumente für Maßnahmen in der Abwasserentsorgung im ländlichen Raum</b> | <b>127</b> |
| <b>8.1</b> | <b>Einführung</b>  | <b>127</b> |
| <b>8.2</b> | <b>Gewässerbewirtschaftung</b>   | <b>128</b> |
| 8.2.1      | Bestandsaufnahme   | 128        |
| 8.2.2      | Abwasserbeseitigungsplan   | 128        |
| <b>8.3</b> | <b>Planungsgrundsätze</b>  | <b>129</b> |
| <b>8.4</b> | <b>Wirtschaftlichkeitsrechnung</b>   | <b>129</b> |
| <b>8.5</b> | <b>Modelle für Wirtschaftlichkeitsrechnungen</b>   | <b>130</b> |
| 8.5.1      | Systematik der Verfahren   | 130        |
| 8.5.2      | Investitionsrechnung   | 131        |
| 8.5.2.1    | Verfahren der Investitionsrechnung   | 131        |
| 8.5.2.2    | Dynamischer Kostenvergleich  | 132        |
| 8.5.2.3    | Kosten-Nutzen-Analyse  | 133        |
| 8.5.3      | Nichtmonetäre Bewertungsverfahren  | 133        |
| 8.5.4      | Fazit  | 135        |
| <b>9</b>   | <b>Dynamischer Kostenvergleich nach KVR-Leitlinien</b>   | <b>137</b> |
| <b>9.1</b> | <b>Grundlagen</b>  | <b>137</b> |
| 9.1.1      | Eignung  | 137        |
| 9.1.2      | Grundbegriffe  | 137        |
| 9.1.2.1    | Barwert, Projektkostenbarwert  | 137        |
| 9.1.2.2    | Kalkulatorischer Zinssatz  | 138        |
| 9.1.2.3    | Untersuchungszeitraum  | 138        |
| <b>9.2</b> | <b>Ablaufschritte der Kostenvergleichsrechnung</b>   | <b>139</b> |
| 9.2.1      | Kostenermittlung   | 140        |
| 9.2.1.1    | Einzubeziehende Kostenarten  | 140        |
| 9.2.1.2    | Verfahren der Kostenermittlung   | 141        |
| 9.2.1.3    | Berücksichtigung von Preisentwicklungen  | 141        |
| 9.2.2      | Aufbereitung der Kosten  | 142        |
| 9.2.2.1    | Umrechnung von Einzelkosten in Kostenbarwerte  | 142        |
| 9.2.2.2    | Umrechnung von Einzelkosten in gleichförmige Kostenreihen  | 144        |
| 9.2.2.3    | Umrechnung gleichförmiger Kostenreihen in Kostenbarwerte   | 146        |
| 9.2.2.4    | Umrechnung progressiv steigender Kostenreihen in Kostenbarwerte                                      | 147        |
| 9.2.3      | Kostengegenüberstellung  | 148        |
| 9.2.3.1    | Einfacher Vergleich von Projektkostenbarwerten und Jahreskosten                                      | 149        |
| 9.2.3.2    | Vergleich äquivalenter Projektkostenbarwerte   | 152        |
| 9.2.3.3    | Vergleich der zeitlichen Entwicklung der Projektkostenbarwerte                                       | 154        |
| 9.2.4      | Empfindlichkeitsprüfungen und Ermittlung kritischer Werte  | 156        |
| 9.2.4.1    | Kalkulationsansätze  | 156        |
| 9.2.4.2    | Ermittlung dynamischer Gestehungskosten  | 158        |

|              |   |     |
|--------------|---|-----|
| 9.2.5        | Ergebnisinterpretation und Gesamtbeurteilung .....  | 161 |
| <b>9.A</b>   | <b>Kalkulationsgrößen</b> .....   | 162 |
| <b>9.A.1</b> | <b>Durchschnittliche Nutzungsdauern abwasserwirtschaftlicher Anlagen [LAWA, 2005]</b> .....                   | 162 |
| <b>9.A.2</b> | <b>Faktoren für die Kostenrechnung</b> .....  | 164 |
| <b>10</b>    | <b>Einsparpotenziale bei der Abwasserableitung</b> .....  | 185 |
| <b>10.1</b>  | <b>Regenwasserbewirtschaftung</b> .....   | 185 |
| <b>10.2</b>  | <b>Einsparmöglichkeiten bei der Schmutzwasserableitung</b> .....  | 185 |
| 10.2.1       | Übersicht .....   | 185 |
| 10.2.2       | Fräsverfahren .....   | 186 |
| 10.2.3       | Pflugverfahren .....  | 187 |
| 10.2.4       | Grabenaushub und automatisierte Verlegeverfahren im Kostenvergleich .....                                     | 188 |
| <b>10.3</b>  | <b>Sanierungsplanung von Entwässerungssystemen</b> .....  | 189 |
| 10.3.1       | Einführung .....  | 189 |
| 10.3.2       | Spezielle Grundlagen für Wirtschaftlichkeitsrechnungen bei Sanierungsplanungen für Entwässerungssysteme ..... | 189 |
| 10.3.2.1     | Kanal-/Netzzustand .....  | 189 |
| 10.3.2.2     | Zustandsprognose .....  | 189 |
| 10.3.2.3     | Interventionszeitpunkte .....   | 190 |
| 10.3.2.4     | Alternativenbetrachtungen .....   | 190 |
| 10.3.2.5     | Nutzungsdauern .....  | 191 |
| 10.3.3       | Beispiel zur Kostenvergleichsrechnung bei Kanalsanierungen .....  | 191 |
| 10.3.3.1     | Berechnungsgrundlagen .....   | 191 |
| 10.3.3.2     | Durchführung des Wirtschaftlichkeitsvergleichs .....  | 191 |
| 10.3.3.3     | Empfindlichkeitsprüfung .....   | 192 |
| <b>11</b>    | <b>Individuelle Systeme: Bedarf und Potenzial</b> .....   | 195 |
| <b>11.1</b>  | <b>Bedarf an individuellen Abwasserentsorgungssystemen</b> .....  | 195 |
| 11.1.1       | Bedarf in Deutschland .....   | 195 |
| 11.1.2       | Bedarf in Mittel- und Osteuropa .....   | 195 |
| 11.1.3       | Bedarf bei veränderten Rahmenbedingungen .....  | 196 |
| <b>11.2</b>  | <b>Potenzial für individuelle Abwasserentsorgungssysteme</b> .....  | 197 |
| 11.2.1       | Nutzung von vorhandener Infrastruktur im ländlichen Raum .....  | 197 |
| 11.2.2       | Ausflugsregionen mit starken Belastungsschwankungen .....   | 198 |
| 11.2.3       | Konzepte für Regionen mit Wasserknappheit .....   | 199 |
| <b>11.3</b>  | <b>Organisationsstrukturen</b> .....  | 199 |
| <b>11.4</b>  | <b>Finanzierung von Maßnahmen zur Abwasserentsorgung</b> .....  | 201 |
| 11.4.1       | Allgemeines .....   | 201 |
| 11.4.2       | Exkurs Betriebskostenrechnung .....   | 201 |
| <b>12</b>    | <b>Beispiele für monetäre und nichtmonetäre Bewertungen von Alternativen</b> .....                            | 203 |
| <b>12.1</b>  | <b>Vorbemerkung</b> .....   | 203 |
| <b>12.2</b>  | <b>Ausgewählte Kostendaten</b> .....  | 204 |
| 12.2.1       | Anforderungen an Kosteninformationen .....  | 204 |
| 12.2.2       | Kostenverteilung bei der Kanalisation .....   | 205 |
| 12.2.3       | Kostenverteilung bei Kläranlagen .....  | 205 |
| 12.2.4       | Kostenverteilung bei Kleinkläranlagen .....   | 206 |
| <b>12.3</b>  | <b>Beispiel für eine Kostenberechnung zur Beurteilung von Wirtschaftlichkeitsgrenzen</b> .....                | 206 |
| 12.3.1       | Allgemeines .....   | 206 |
| 12.3.2       | Projektbeispiel Wirtschaftlichkeitsgrenzen .....  | 207 |
| <b>12.4</b>  | <b>Projektbeispiel zur Wirtschaftlichkeitsrechnung nach KVR-Richtlinien</b> .....                             | 207 |
| 12.4.1       | Aufgabenstellung .....  | 207 |
| 12.4.2       | Beschreibung der Projektalternativen .....  | 207 |
| 12.4.3       | Eignung der Kostenvergleichsrechnung .....  | 208 |
| 12.4.4       | Kostenermittlung .....  | 208 |
| 12.4.5       | Finanzmathematische Aufbereitung .....  | 209 |
| 12.4.5.1     | Kalkulationsparameter .....   | 209 |
| 12.4.5.2     | Kostenumrechnung .....  | 210 |
| 12.4.6       | Kostengegenüberstellung .....   | 211 |
| 12.4.7       | Empfindlichkeitsprüfungen .....   | 211 |
| 12.4.8       | Gesamtbeurteilung .....   | 212 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| <b>12.5</b> | <b>Projektbeispiel Kosten-Nutzwertanalyse</b> ..... | 213 |
| 12.5.1      | Methodik .....                                      | 213 |
| 12.5.2      | Projektbeispiel .....                               | 213 |
| <br>        |   |     |
|             | <b>Literaturverzeichnis</b> .....                   | 215 |
|             | <b>Glossar</b> .....                                | 231 |
|             | <b>Stichwortverzeichnis</b> .....                   | 257 |

BAUHAUS  
UNIVERSITÄTSVERLAG