

K. Imhoff, K. R. Imhoff, N. Jardin

100 JAHRE

Taschenbuch der Stadt- entwässerung

31. Auflage

**Oldenbourg
Industrieverlag**

Industrial Wireless

GSM

GPRS

LWL

Festnetz

Standleitung



**Lösungen für die
Wasserwirtschaft
erfrischend einfach!**

**Durchgängige Automatisierungs-
und Fernwirktechnik für Ihre Anlage.
Nutzen Sie unsere Kompetenz!**

**Mehr Informationen unter
Telefon (05235) 3-00 oder
www.phoenixcontact.de**

 **PHOENIX
CONTACT**
INSPIRING INNOVATIONS



K. Imhoff, K. R. Imhoff, N. Jardin

Taschenbuch der Stadtentwässerung

31. verbesserte Auflage

herausgegeben von

Klaus R. Imhoff und Norbert Jardin

unter Mitarbeit von

Michael Becker

Harro Bode

Bert Bosseler

Wilhelm von der Emde

Rolf Kayser

Ralf Klopp

Dieter Londong

Jörg Londong

Klaus Mudrack

Hans-Reinhard Verworn

Michael Weyand

Gilbert Willems

Mit 141 Abbildungen,

10 Tafeln und 67 Tabellen

Oldenbourg Industrieverlag München

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek:
Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der
Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten
sind im Internet über <<http://dnb.ddb.de>> abrufbar

(c) 2009 Oldenbourg Industrieverlag GmbH
Rosenheimer Straße 145, D-81671 München
Telefon: (089) 45051-0
www.oldenbourg-industrieverlag.de

Das Werk einschließlich aller Abbildungen ist urheberrechtlich
geschützt. Jede Verwertung außerhalb der Grenzen des Urheber-
rechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig
und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung
und Bearbeitung in elektronischen Systemen.

Lektorat: Christine Ziegler
Korrektorat: Sieglinde Balzereit
Layout: Schmidt Media Design, München
Druck/Bindung: Grafik+Druck, München
Gedruckt auf säure- und chlorfreiem Papier

ISBN: 978-3-8356-3177-9

Vorwort

Dieses Buch wurde zuerst 1906, also vor 103 Jahren geschrieben. Es hatte den Zweck, einigen jungen Ingenieuren der damals gegründeten »Emscher-Genossenschaft« in Essen in kurzer Form die Unterlagen zu geben, die man für die Ableitung und die Reinigung des Abwassers eines engbesiedelten Industriegebietes brauchte. Die Grundregel der Abwassertechnik war dabei das »Frischhalten«, das damals noch ein ziemlich neuer Begriff war. Daraus entstanden die »offenen Abwasserkanäle« und die »geruchlosen Klärwerke«, die aus zweistöckigen Absetzbecken, verbunden mit Schlammfaufräumen und Trockenplätzen bestanden.

Nach einem Entwurf von 1910 wurde dann der »Ruhrverband« in Essen gegründet. Er übernahm die Aufgabe, den Ruhrfluss reinzuhalten, der das Trinkwasser für das große Industriegebiet zu liefern hat. Als Folge dieser Arbeiten hatte sich das Buch dann besonders mit den biologischen Reinigungsverfahren zu beschäftigen und später mit den Selbstreinigungsvorgängen im Flusswasser. Das Buch wurde 40-mal übersetzt. Es ist insgesamt in 20 Sprachen erschienen. Sämtliche Ausgaben können in der »Historischen Sammlung« des Ruhrverbands in Essen-Rellinghausen besichtigt werden. Wesentlichen Einfluss hatte das Buch: *Imhoff and Fair* »Sewage Treatment«. Darin hat *Gordon M. Fair*, Cambridge, das Buch für amerikanische Verhältnisse umgearbeitet. Besonders sind die von *Fair* entwickelten Rechenverfahren für die Selbstreinigung der Gewässer zu nennen, die dann auch in das deutsche Buch übernommen wurden.

Karl Imhoff, der Begründer des Buches, ist nach Durchsicht der 21. Auflage am 28. September 1965 gestorben. Seinen Beitrag zum Gewässerschutz beschreibt *Annen, G.* in »Wegbereiter der Bautechnik«, VDI-Verlag, Düsseldorf 1990. Die Bearbeitung des Buches lag seither bei seinem Sohn, *Klaus R. Imhoff*. Seit der Herausgabe der 30. Auflage haben *Norbert Jardin*, der Leiter der Planungsabteilung des Ruhrverbands, und 12 auf der Titelseite genannte Mitarbeiter mitgewirkt.

Auch in der neuen 31. Auflage hat das Buch den Grundsatz beibehalten, dass schwierige Formeln und zeitraubende Ausrechnungen vermieden werden. Wo es geht, werden nur Erfahrungszahlen angegeben, nach denen man sich richten kann. Aus den Schaulinien lassen sich viele Fragen mit einem Blick und mit genügender Genauigkeit beantworten, da die Genauigkeit der Berechnung nicht größer zu sein braucht als die der Annahmen. Über 2000 Hinweise auf die

Literatur des Fachgebiets setzen den Leser instand, an jedem Punkt in Einzelheiten vorzustoßen, wo ihm der Text nicht ausreicht.

Da das Buch in 10 verschiedenen Sprachen verfügbar ist und sehr häufig auch in Entwicklungsländern benutzt wird, werden neben den modernen kostenträchtigen Behandlungsverfahren entsprechend dem Stand der Technik auch einfachere Lösungswege für Entwicklungsländer aufgezeigt.

Gegenüber der 30. Auflage von 2006 ist das Buch wieder in allen Abschnitten verbessert und auf den heutigen Stand ergänzt worden. Besonders zu erwähnen sind folgende Punkte:

- Regenentlastungen (S. 12 – 41)
- Regenrückhalteräume (S. 41 – 44)
- Regenwasserabfluss (S. 63 – 65)
- Tragverhalten von Abwasserkanälen (S. 77 – 91)
- Abwasser als Wertstoff (S. 105 – 106)
- Kosten der Abwasserreinigung (S. 106)
- Sandfang (S. 170)
- Bemessung von Belebungsanlagen nach dem ATV-DVWK-Arbeitsblatt A 131 (S. 249 – 267)
- Weitergehende Abwasserreinigung (S. 279 – 293)
- Gasgewinnung, Heizung und Gasverwertung (S. 333 – 339)
- Methan als Treibgas (S. 339 – 340)
- Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung (S. 347 – 349)
- Schlammwasserbehandlung (S. 355 – 362)
- Beseitigung des Schlammes (S. 369 – 370)
- Gewerbliches Abwasser (Tabelle Einwohnergleichwerte verschiedener Abwässer, S. 378)
- Gewerbliches Abwasser (Zuckerfabriken, S. 385)
- Kleine Klärwerke (S. 400 – 404)
- Kreislauf des Wassers (S. 433 – 437)
- Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie (S. 437 – 444)
- Prioritäre Stoffe (S. 444 – 445)
- Badegewässerrichtlinie (S. 445 – 446)
- TMDL-Konzept der USA (S. 446 – 447)
- Ansprüche des Gewässers (S. 447 – 452)
- Beeinträchtigungen (S. 456 – 459)
- Hilfen im Gewässer (S. 460)
- Normung (S. 501 – 516)
- DWA-Regelwerk (S. 501 – 516)

Essen, im Mai 2009

Professor Dr.-Ing. E.h. *Klaus R. Imhoff*

Professor Dr.-Ing. *Norbert Jardin*

Erster Teil

1.	<i>Grundsätze der Stadtentwässerung</i>	1
1.1	Kanalnetz	1
1.2	Pumpwerke	10
1.3	Regenentlastungen	12
1.3.1	Allgemeines	12
1.3.2	Regenüberläufe	23
1.3.3	Regenüberlaufbecken	28
1.4	Regenrückhalteräume	41
1.5	Retentionsbodenfilter	45
1.6	Regenklärbecken	48
1.7	Hochwassersicherheit von Regenwassereinleitungen ..	49
1.8	Regenwasserbewirtschaftung vor Ort	50
2.	<i>Berechnung des Leitungsnetzes</i>	53
2.1	Schmutzwasserabfluss	53
2.2	Regenwasserabfluss	53
2.2.1	Schätzung aus der Fläche oder aus der Länge	53
2.2.2	Abgekürzte Berechnung aus Länge, Geschwindigkeit und Abflussbeiwert	55
2.2.3	Abwasseranfall in Abhängigkeit von der Bebauung ..	55
2.2.4	Listenrechnung	60
2.2.5	Berechnung mit Hilfe der EDV	65
2.3	Bestimmung der Querschnitte	66
2.3.1	Tafeln zur Berechnung von Leitungsquerschnitten ...	71
3.	<i>Tragverhalten von Abwasserkanälen</i>	77
3.1	Einleitung	77
3.2	Kanalrohre und -rohrleitungen	77
3.2.1	Kreisringmodell	77
3.2.2	Längsbiegung	79
3.2.3	Werkstoffverhalten	80
3.3	Rohr-Boden-Systeme	81
3.3.1	Neubau bzw. Erneuerung in offener Bauweise	82
3.3.2	Neubau in geschlossener Bauweise	86
3.3.3	Instandsetzung in geschlossener Bauweise	88
3.4	Belastungen	90
3.4.1	Verkehrslasten	91
3.4.2	Außenwasserdruck	91

Zweiter Teil

4.	<i>Allgemeines über die Abwasserbehandlung.</i>	93
4.1	Überblick über die Aufgabe	93
4.2	Vorgänge der Abwasserreinigung.	95
4.3	Die Verfahren der Abwasserreinigung und ihre Leistung.	100
4.4	Natürliche oder künstliche Verfahren?	104
4.5	Abwasser als Wertstoff.	105
4.6	Kosten der Abwasserreinigung.	106
4.7	Feste Abfallstoffe, Müll	109
4.8	Emissionen	111
4.8.1	Gerüche	111
4.8.2	Geräusche	118
4.8.3	Aerosole	122
5.	<i>Berechnung und Planung der Klärwerke.</i>	123
5.1	Beschaffenheit des Abwassers	123
5.1.1	Dispersität.	124
5.1.2	Summarische Parameter	124
5.1.3	Biologische Parameter	145
5.1.4	Beziehungen wichtiger Parameter untereinander.	150
5.1.5	Einwohnerspezifische Frachten	153
5.1.6	Beschaffenheit von abfließendem Niederschlag	154
5.1.7	Anforderungen an gewerblich/industrielle Indirekteinleitungen	155
5.2	Siebe, Rechen	158
5.3	Schwimmverfahren	162
5.4	Absetzverfahren	165
5.4.1	Körniger Schlamm und Oberfläche	166
5.4.2	Sandfang.	168
5.4.3	Flockenschlamm und Durchflusszeit	173
5.4.4	Absetzbecken	175
5.4.5	Beckenarten	179
5.4.6	Flockung.	183
5.5	Chemische Fällung	183
5.6	Biologische Verfahren	186
5.6.1	Weiträumige Landbewässerung	190
5.6.2	Rieselfelder (hoch belastete)	195
5.6.3	Bodenfilter (Beispiel S. 428)	197
5.6.4	Flächenbedarf.	199
5.6.5	Tropfkörper.	200
5.6.6	Tauchkörper, getauchte Festbetten	216

5.6.7	Biofilter	218
5.6.8	Belebungsverfahren	219
5.6.9	Bemessung von Belebungsanlagen nach dem ATV- DVWK-Arbeitsblatt A 131	247
5.6.10	Zweistufige biologische Verfahren	267
5.6.11	Abwasserteiche, Stauseen, Feuchtgebiete	270
5.6.12	Nitratverfahren	275
5.6.13	Faulverfahren (für Abwasser).	275
5.7	Weitergehende Abwasserreinigung	279
5.7.1	Überblick	279
5.7.2	Weitergehende Kohlenstoffelimination	282
5.7.3	Weitergehende Phosphorelimination	285
5.7.4	Weitergehende Stickstoffelimination	287
5.7.5	Chlor, Entkeimung	290
5.7.6	Mikroverunreinigungen	292
5.7.7	Membranbelebungsverfahren	293
5.7.8	Einsatz der dynamischen Simulation für Planung und Betrieb kommunaler Belebungsanlagen	295
5.8	Behandlung des Schlammes	300
5.8.1	Überblick	300
5.8.2	Schlammbeschaffenheit	301
5.8.3	Schlammanfall	304
5.8.4	Eindickung	307
5.8.5	Überlüftung (simultan-aerobe Stabilisierung)	309
5.8.6	Schlammfäulung	312
5.8.7	Rohstoffe des Faulgases	316
5.8.8	Bauarten der Schlammfäulräume	318
5.8.9	Berechnung der Faulräume	329
5.8.10	Gasgewinnung, Heizung und Gasverwertung	333
5.8.11	Methan als Treibgas	339
5.8.12	Schlamm-trockenbeete	340
5.8.13	Schlammteiche, Pflanzenbeete	342
5.8.14	Landwirtschaftliche Klärschlammverwertung	344
5.8.15	Konditionierung des Schlammes	350
5.8.16	Künstliche Entwässerung des Schlammes	352
5.8.17	Schlammwasserbehandlung	355
5.8.18	Schlamm-trocknung	362
5.8.19	Schlammverbrennung	364
5.8.20	Beseitigung des Schlammes	369
5.9	Gewerbliches Abwasser	371
5.9.1	Allgemeine Gesichtspunkte	371
5.9.2	Verschiedene Abwässer	382
5.10	Kleinkläranlagen, dezentrale Abwasserbehandlung	400

5.11	Kleine Klärwerke	407
5.12	Behelfsanlagen	412
5.13	Einzelheiten der Klärwerksplanung	415
5.14	Beispiele zur Berechnung eines Klärwerks	421
5.15	Kläranlagenbetrieb	429

Dritter Teil

6.	<i>Die Einleitung des Abwassers in die Gewässer</i>	433
6.1	Kreislauf des Wassers	433
6.2	Gesetzliche Anforderungen	437
6.2.1	Die Europäische Wasserrahmenrichtlinie	437
6.2.2	Prioritäre Stoffe	444
6.2.3	Badegewässerrichtlinie	445
6.2.4	TMDL-Konzept der USA	446
6.3	Ansprüche des Gewässers	447
6.4	Beeinträchtigungen	456
6.5	Hilfen im Gewässer	460
7.	<i>Die Selbstreinigung der Gewässer</i>	467
7.1	Der Sauerstoffverbrauch	468
7.2	Die Sauerstoffaufnahme	474
7.3	Die Berechnung des Sauerstoffhaushalts	477
7.3.1	Sauerstoffverbrauch und -aufnahme	478
7.3.2	Schätzungsverfahren nach Fair	482
7.3.3	Berechnung der Sauerstofflinie nach Fair	484
7.3.4	Zulässige Belastung nach Fair	487
7.3.5	Berechnung einer künstlichen Belüftung für Fließgewässer	490
7.4	Gewässergütemodelle	493
7.4.1	Abwasserlastplan	493
7.4.2	Weitere Gewässergütemodelle	498

Vierter Teil

8.	<i>Normung, DWA-Regelwerk</i>	501
8.1	Normung	501
8.2	DWA-Regelwerk	506

Fünfter Teil

9.	<i>Maße, Zeitschriften, Verzeichnisse</i>	521
9.1	Englische und amerikanische Maße	521
9.2	Zeitschriften und Schriftenreihen	523
9.3	Sachverzeichnis	527
9.4	Namenverzeichnis	534

Anhang

10.	<i>4 Tafeln nach Prandtl-Colebrook</i>	549
-----	--	-----

Erster Teil

Stadtentwässerung

1. Grundsätze der Stadtentwässerung¹

1.1 Kanalnetz

Die Abwasserfrage kann hygienisch nur durch Kanalisation und Kläranlage gelöst werden. Die Aborte werden mit Wasserspülung angeschlossen, also keine abflusslosen Gruben, nach Möglichkeit keine Kleinkläranlagen. Das Entwässerungsnetz kann *sparsam* eingerichtet werden, wenn man Regenwasser versickert und zur Regenwasserableitung offene Wasserläufe benutzt (S. 70 und 460).

Leitlinien der integralen Siedlungsentwässerung behandelt DWA-A 100, 2006. Mit dem *Bebauungsplan* muss auch der *Entwässerungsplan* (Vorentwurf) aufgestellt werden (ATV-M 101, 1996). Das Entwässerungsnetz wird zweckmäßig vor der gemeinsamen Wasserversorgung ausgeführt.

Vorentwurf: Ist zuerst aufzustellen. Übersichtsplan 1 : 25 000 bis 1 : 5000 mit Entwässerungsgebieten, Hauptsammlern, Regenentlastungen, Regenbecken, Klärwerk, Gewässer, Höhenschichtlinien. Längsschnitte der Hauptsammler, Längen wie im Lageplan, Höhen 1:100. Bohrergergebnisse bei Klärwerk, Regenbecken und einigen wichtigen Stellen der Sammler. Berechnung der Sammler. Kritische Regenspende oder Verdünnungsverhältnis bei den Entlastungen.

Hauptentwurf: Übersichtsplan 1 : 25 000 bis 1 : 5000 mit Schichtlinien, Rohrnetzplan 1 : 5000 bis 1 : 1000. Längsschnitte, Höhen

¹ Brix, Imhoff, Weldert, Die Stadtentwässerung in Deutschland. Gustav Fischer, Jena und Stuttgart 1934. Schleicher, Taschenbuch für Bauingenieure, Springer, Berlin 1955. Bretschneider et al., Taschenbuch der Wasserwirtschaft, Verlag Wasser u. Boden, Hamburg 1982. Design and Construction of Urban Storm Water Management Systems, WEF and ASCE, 1992. Lautrich, R., Der Abwasserkanal, Axel Lindow, Hamburg 1973. Hörler, A., Kanalisation, Ingenieurhandbuch Band II, Zürich 1966. Orth, H. M., Model-based Design of Water Distribution and Sewage Systems, John Wiley & Sons, Chichester 1986. Illi, M., Von der Schissgruob zur modernen Stadtentwässerung, Verlag Neue Züricher Zeitung 1987. Stein, D. et al., Instandhaltung von Kanalisationen, Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1992. Roth, M., Grundlagen für den Betrieb von Kanalisationen, ATV-Landesgruppe Baden-Württemberg, Bleicher Verlag 1992. Pecher, R., Handbuch Versorgungs- und Abwassertechnik, VulkanVerlag, 1989. ATV-Handbücher: Planung der Kanalisation (1995), Bau und Betrieb der Kanalisation (1996), Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin.