

Stellungnahme

von

Johannes Weinig
Professor an der Fachhochschule Bielefeld

zum

„Gesetz zur Änderung des Landeswassergesetzes“

Gesetzentwurf der CDU und der FDP Fraktion
Drucksache 16/45 v. 12.06.12 und
Antrag der FDP Fraktion
„Dichtheitsprüfung bürgerfreundlich umsetzen“
Drucksache 16/1270 vom 30.10.12 (Neudruck)

zur öffentlichen Anhörung
im Ausschuss für Klimaschutz, Umwelt, Naturschutz, Landwirtschaft und
Verbraucherschutz und im
Ausschuss für Kommunalpolitik des Landtags NRW
am 09. Januar 2013
A 17 – 09.01.2013

Argumentationslinie: Rohrleitungen können defekt sein, Boden dichtet nicht selbst ab, Abwasser kommt in den Untergrund, Schadstoffe reichern sich im Boden an, werden mit dem Regen ins Grundwasser gespült, Vorsorge ist billiger als Trinkwasseraufbereitung, deshalb: regelmäßige Kanalzustandserfassung!

Inhalt:

0. Zusammenfassung
1. Problem
2. Ergebnis der eigenen Untersuchungen
3. Ausblick
Literatur

Anschrift des Autors:
Prof. Dr.-Ing. Johannes Weinig, FH Bielefeld, Campus Minden
Artilleriestr. 9, 32427 Minden, johannes.weinig@fh-bielefeld.de



0. Zusammenfassung

In der aktuellen Diskussion zur Novellierung des Landeswassergesetzes wird unterstellt, Abwasserleitungen seien dicht bzw. austretendes Abwasser verstopfe den Porenraum des Bodens. Damit gelange kaum Abwasser in das Grundwasser. Weiter wird behauptet, von häuslichem Abwasser gehe keine Gefahr für den Menschen und die Umwelt aus.

Beide Aussagen kann ich durch eigene Untersuchungen widerlegen.

Abwasserleitungen können defekt sein und Folgeschäden hervorrufen. Durch Ermüdung des Dichtungsmaterials oder durch unterschiedliche Setzungen des Untergrundes bei Gebäude und unbebautem Grund kann Abwasser austreten. Bei Fehlbedienungen (z. B. Küchenabfälle in der Toilette) können so Ratten angelockt und hygienische Probleme geschaffen werden.

Nur durch eine regelmäßige Inspektion des Zustandes der Abwasserleitungen, können Folgeschäden verhindert werden.

BSB₅-bürtigen Stoffe sind in der Umwelt nicht akut gefährlich. Es gilt Paracelsus: Die Dosis macht das Gift. Neu sind im Gesundheitsingenieurwesen schwer oder nicht abbaubaren Stoffe, wie z.B. Arzneistoffe. Kommen diese Stoffe in die aquatische Umwelt, verbleiben sie dort für lange Zeit. Sie akkumulieren, die toxische Wirkung ist nicht restlos geklärt.

Im Grundwasser werden u. a. Humanarzneistoffe gefunden, die von dem Menschen dorthin verfrachtet wurden. Das ist unbestritten. Ein Eintragspfad sind undichte Abwasserkanäle.

Es bleibt die Frage der Verhältnismäßigkeit des Aufwandes für regelmäßige Kanalzustandserfassungen. 300 bis 500 € pro Dichtheitsprüfung pro Wohnung, alle 10 bis 15 Jahre. Es geht um den Prüfaufwand von etwa 30 € pro Jahr und Wohnung. Viel Geld.

Pro Wohnung 4 Personen entsprechend eine Wassermenge von 200 m³/a. Bei 30 € jährlichen Prüfkosten verteuert sich das Abwasser dann um 0,15 €/m³. Ist mit einer Kontamination des Grundwassers zu rechnen, muss zum Schutz der Bevölkerung das Trinkwasser zumindest über Aktivkohle filtriert werden. Das ist nicht unter 0,40 €/m³ zu haben. Und die Umwelt ist kontaminiert. Das ist unerwünscht.

Emissionen müssen an der Quelle beseitigt bzw. umweltneutral gemacht werden. Wir gefährden unseren Lebensstandard, wenn nur technisch aufbereitetes Wasser für den Menschen unproblematisch ist.

Nachhaltig ist, die Umwelt nicht zu verschmutzen. Grundwasser darf kein Gefährdungspotential für den Menschen haben. Abwasserleitungen müssen regelmäßig auf ihren Zustand geprüft werden.

Minden, den 05.01.2013
Johannes Weinig

1. Problem

Das Landeswassergesetz NRW soll novelliert werden. Es geht um die regelmäßige Zustandserfassung der Abwasserleitungen zur Vermeidung bzw. zur Beseitigung von Leckagen in den Rohrleitungen.

Abwasser muss aus gesundheitsingenieurmäßiger Sicht schnell aus dem Siedlungsgebiet weggeführt werden. Dazu muss das gesamte Abwassersystem funktionieren: Abwasserableitung, Pumpwerke, mechanische und biologische Abwasserbehandlung.

Im Zuge der aktuellen Diskussion wird unterstellt, Abwasserleitungen seien dicht bzw. austretendes Abwasser verstopfe den Porenraum des Bodens. Damit gelange kaum Abwasser in das Grundwasser. Weiter wird behauptet, von häuslichem Abwasser gehe keine Gefahr für den Menschen und die Umwelt aus. Diese Annahmen sind nicht sachgerecht. Ich widerlege diese Aussagen durch eigene Untersuchungen.

Jedes technische Produkt muss regelmäßig geprüft, gewartet eventuell repariert werden, um die zugesicherten Eigenschaften (hier: Dichtheit) zu gewährleisten. Materialermüdung, unvorhergesehene Belastungen und Fehlbedienungen können Ursache des Produktversagens mit Folgeschäden sein; zum Beispiel bei Brandmeldern im Haus, bei der Kinderschaukel im Garten oder beim Kaminofen.

Abwasserleitungen können defekt sein und Folgeschäden hervorrufen. Durch Ermüdung des Dichtungsmaterials oder durch unterschiedliche Setzungen des Untergrundes bei Gebäude und Vorgarten kann Abwasser austreten. Bei Fehlbedienungen (z. B. Küchenabfälle in der Toilette) werden so Ratten angelockt und hygienische Probleme geschaffen.

Nur durch eine regelmäßige Inspektion des Zustandes der Abwasserleitungen, können Folgeschäden verhindert werden.

Im Grundwasser werden Stoffe (z.B. Humanarzneistoffe) gefunden, die von dem Menschen dorthin verfrachtet wurden. Das ist unbestritten. Ein Eintragspfad sind undichte Abwasserkanäle. Die Belastungen aus häuslichem Abwasser für die Umwelt können in die drei Gruppen eingeteilt werden:

- koliforme Keime;
- biologisch abbaubaren Stoffen (BSB₅- bürtig, Fäkalien) und
- schwer oder nicht abbaubaren Stoffen (Arzneimittel, Chemikalien)

Koliforme Keime: Der Zusammenhang von Verunreinigungen des Grundwassers durch koliforme Keime (Fäkalien) und Cholera -Epidemien wurde im zweiten Drittel des 19. Jahrhunderts von Hygienikern belegt. Deshalb wurde flächendeckend die heute bei uns übliche Schwemmkanalisation gebaut. Die Fäkalien wurden mittels Wasser aus dem Siedlungsgebiet trans-

portiert. Die Fäkalien und die daran anhaftenden krankmachenden Keime wurden vom Grundwasser strikt getrennt. Das muss auch so bleiben.

Biologisch abbaubare Stoffe: Durch undichte Abwasserkanäle werden in NRW mehr BSB₅-bürtige Stoffe in den Untergrund verfrachtet als aus kommunalen Kläranlagen in die Flüsse geleitet wird. Frachtbezogenen zeigt sich, dass durch exfiltriertes Abwasser mindestens viermal so viel BSB₅ in die aquatische Umwelt emittiert als über den Ablauf der kommunalen Kläranlagen. Somit ergibt sich eine erhebliche Belastung der Umwelt durch diese Stoffe und damit auch eine Gefährdung des Grundwassers.

Die BSB₅-bürtigen Stoffe sind in der Umwelt nicht akut gefährlich. Aber auch hier gilt: Die Dosis macht das Gift (Paracelsius).

Schwer oder nicht abbaubare Stoffe: Neu sind im Gesundheitsingenieurwesen schwer oder nicht abbaubaren Stoffe, wie Arzneimittel. Kommen diese Stoffe in die aquatische Umwelt, verbleiben sie dort für lange Zeit.

Treten schwer oder nicht abbaubare Stoffe z.B. durch undichte Abwasserkanäle in den Untergrund, können Sie dort für einige Zeit verbleiben, ohne im Grundwasser zu erscheinen.

Es bleibt die Frage der **Verhältnismäßigkeit des Aufwandes** für regelmäßige Kanalzustandserfassungen. 300 bis 500 € pro Dichtheitsprüfung pro Wohnung, alle 10 bis 15 Jahre. Es geht um den Prüfaufwand von etwa 30 € pro Jahr und Wohnung. Viel Geld.

Pro Wohnung 4 Personen entsprechend eine Wassermenge von 200 m³/a. Bei 30 € jährlichen Prüfkosten verteuert sich das Abwasser um 0,15 €/m³. Ist mit einer Kontamination des Grundwassers zu rechnen, muss zum Schutz der Bevölkerung das Trinkwasser zumindest über Aktivkohle filtriert werden. Das ist nicht unter 0,40 €/m³ zu haben. Und die Umwelt ist kontaminiert. Das ist unerwünscht.

Der Umweltbelastung muss an der Quelle der Verschmutzung begegnet werden. Das ist Vorsorgeschutz.

2. Ergebnis der eigenen Untersuchungen

Abwasser kann aus defekten Kanälen exfiltrieren, eine Selbstabdichtung (Kolmation) des Bodens findet nicht statt. Die Sickerwege bleiben offen. Die Abwasserinhaltsstoffe gelangen in den Untergrund und verbleiben dort zeitweise. Leicht abbaubare Abwasserinhaltsstoffe werden teilweise abgebaut. Die verbleibenden organischen Frachten und schwer bzw. nicht abbaubare Stoffe, wie z.B. Arzneimittel, verbleiben zunächst im Untergrund und werden unter anderem durch hydraulische Stöße in größere Tiefen transportiert. Von dort können sie in das Grundwasser gelangen. Defekte Abwasserleitungen sind ein Eintragspfad für anthropogene Stoffe ins Grundwasser.

Durch schadhafte Anschlüsse, Rohrbrüche und bei gealtertem Baumaterial kann es zu Leckagen in den Abwasserkanälen kommen und so kann Abwasser in den Untergrund exfiltrieren. Gleichzeitig kann durch die Leckagen Fremdwasser in die Kanäle eindringen. So wird der Wasserhaushalt unnötig gestört und zusätzliche Kosten in den Kläranlagen verursacht.

Die exfiltrierte Abwassermenge in Deutschland summiert sich auf bis zu 25% (Hua a.a.O., 2007) des gesamten Abwasseraufkommens. Im Abwasser enthaltenen organischen Verbindungen, wie z.B. BSB₅-bürtige Stoffe und Ammoniumstickstoff werden im Boden teilweise biologisch degradiert oder sie akkumulieren dort zusammen mit nicht oder kaum biologisch abbaubaren Stoffen. Das sind z. B. Süßstoffe, Hormone, Arzneimittelreststoffe und Metaboliten. Diese Stoffe und koliforme Keime sind in der aquatischen Umwelt unerwünscht, weil sie unser Grundwasserreservoir kontaminieren oder über die Nahrungskette wieder beim Menschen erscheinen können.

In der öffentlichen Diskussion wird bisweilen bestritten, dass Abwasser exfiltriert. Leckstellen im Kanal und der umgebende Boden würden mit den Feststoffen des Abwassers abgedichtet. Eine Kolmationsschicht bilde sich so aus. So werde eine Versickerung verunmöglicht. Weiter wird gesagt, eventuell doch exfiltrierte umwelt- oder humantoxische Stoffe seien sowohl hinsichtlich der Konzentration als auch hinsichtlich der Fracht unbedeutend. Daran schließt das - dann richtige - Argument an, andere Eintragspfade von toxischen oder unerwünschten Stoffen seien prioritär zu versperren. Von den Vertretern dieser Argumentation wird übersehen, dass sich die Sanierungspriorität von undichten Kanälen schon jetzt an dem Schadensbild orientiert. Große Schäden First.

Geht man von den Abschätzungen von Dohmann (a.a.O, 1999) aus, der für Westdeutschland Exfiltrationsmengen von $0,5 \text{ m}^3/\text{E a}$ bis zu $7,42 \text{ m}^3/\text{E a}$ annimmt, sind das bei einem durchschnittlichen Wasserverbrauch von $50 \text{ m}^3/\text{E a}$ immerhin 1 % bis 15 % des häuslichen Schmutzwassers. Allein in NRW beträgt die Menge an häuslichem Abwasser $1.425 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a}$ (MIN Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW, 2010). Bei einer Ablaufkonzentration der kommunalen Kläranlage von weniger als 10 mg/l BSB_5 ergibt sich eine jährliche BSB₅-Fracht von $(1.425 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a} \times 10 \text{ g/m}^3 \text{ BSB}_5 = 14.250 \text{ Mg/a BSB}_5, \text{ also}) 14.250 \text{ t/a BSB}_5$.

Die jährlichen Frachten an BSB₅, die im Abwasser in den Untergrund exfiltrieren, betragen bei einer Rate von 10 % Exfiltration, für NRW, bei einer BSB₅-Konzentration im rohen Abwasser von mindestens 400 mg/l , entsprechend $(1.425 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{a} \times 10 \% \times 400 \text{ g/m}^3 \text{ BSB}_5 = 57.000 \text{ Mg/a BSB}_5, \text{ also}) 57.000 \text{ t/a BSB}_5$.

Bei der frachtbezogenen Überlegung zeigt sich, dass durch exfiltriertes Abwasser mindestens viermal so viel BSB₅ in die aquatische Umwelt emittiert als über den Ablauf der kommunalen Kläranlagen. Allein das ist ein guter Grund, diesen Eintragspfad zu verschließen.

In eigenen Labor - und halbtechnischen Lysimeterversuchen wurde nachgewiesen, dass der Porenraum für verschiedene sandige Böden mindestens bis zu K_f - Werten von 10^7 m/s versickerungsfähig bleibt. Zunächst verringert sich die Sickergeschwindigkeit im obersten Abschnitt von am Anfang 1,58 cm/h auf 0,31 cm/h nach sieben Wochen Versuchszeit, also auf etwa ein Fünftel. In den tiefer gelegenen Sickerstrecken ging nach sieben Wochen Versuchszeit die Versickerungsgeschwindigkeit nur noch um das Zweieinhalbfache zurück, nämlich von 2,47 cm/h am Anfang auf 0,95 cm/h am Ende des Versuchszeitraums. Das dann weitgehend feststofffreie Abwasser versickert dann beschleunigt in größere Tiefen. Dort kann es zunächst als Haftwasser in den Kapillaren verbleiben bis die Wassermenge der Schwerkraft folgt und nach unten sickert. Eine Kolmation des Bodens wurde nicht beobachtet (Weinig u.a., 2012).

Bei dieser Versickerungsrate von mindestens 3 mm/h kann selbst bei schweren Böden eine Abwassermenge von mehr als $26 \text{ m}^3/(\text{a} \times \text{m}^2)$ versickern. Zum Vergleich: In Deutschland fallen über das Jahr 800 mm Niederschlag, also $0,8 \text{ m}^3/(\text{a} \times \text{m}^2)$. Bei einem Starkregenereignis kann die Versickerungsrate bis zu 30 mm/h oder mehr betragen. Das bestätigten auch die eigenen Versuche.

Kommt es dann zu Regenereignissen, werden die zeitweise im Porenraum sorbierten Abbauprodukte und die nicht abbaubaren Stoffe, wie Arzneimittel, aus dem Bodenkörper ausgeschwemmt und in den tiefer gelegenen Porenraum transportiert. So können diese Stoffe eben über den Eintragspfad der undichten Abwasserleitungen ins Grundwasser gelangen.

Die Versickerungsgeschwindigkeit des Bodens erhöht sich nach einem Spülstoß (Regen) wieder. Für reale Böden kann das Ergebnis so interpretiert werden, dass die Versickerungsraten in dem Wechselspiel von Regen und Trockenperiode schwanken. Das weiß der Pflanzenproduzent. Abwasser und seine Inhaltsstoffe können immer in tiefer gelegene Zonen perkolieren.

Biologisch abbaubare Stoffe, gemessen als CSB, werden bis zu 50% auf einem Fließweg von 150 cm abgebaut, Ammoniumstickstoff wird teilnitrifiziert und das so entstandene Nitrat zu elementarem Stickstoff teilweise denitrifiziert. Gleichzeitig ist eine Nitrit Bildung zu beobachten. Nitrit ist toxisch und ein Zeichen für die unvollständig ablaufende Nitrifikation.

Biologisch abbaubare Reststoffe und nicht oder kaum abbaubaren Stoffe verbleiben zunächst im Porenraum des Bodens. Bei der Beschickung der Lysimeter mit destilliertem Wasser (simulierte Starkregenereignissen) werden die im Boden akkumulierten Stoffe ausgewaschen. In einer Bilanzierung wurden mehr als 90 % der Stoffe, gemessen an Leitfähigkeit, Calcium und Magnesium, im Perkolat wieder gefunden.

Koliforme Keime werden pro Meter Sickerweg um eine bis zwei Zehnerpotenzen reduziert. Undichte Abwasserkanäle sind also ein Eintragspfad für anthropogene Belastungen mit koliformen Keimen.

Übertragen auf reale Bodenverhältnisse zeigen die eigenen Untersuchungen, dass eine Abdichtung (Kolmation) des Bodens durch eine Abwasserbeaufschlagung nicht eintritt. Gut abbaubare organische Stoffe werden teilweise degradiert. Das war auch zu erwarten. Im Boden sorbierte und im Korngefüge akkumulierte Stoffen, insbesondere kaum oder nicht abbaubare Stoffe, werden durch Regenereignisse aus dem Boden herausgespült und in tiefer gelegene Schichten transportiert. Dort können sie in das Grundwasser gelangen.

3. Ausblick

Durch schadhafte Abwasserleitungen können unerwünschte Stoffe im Boden und Grundwasser erscheinen. Die Toxizität der einzelnen Stoffe ist unterschiedlich. Klar ist jedoch, dass Arzneimittelreststoffe und Chemikalien aus wasserwirtschaftlicher Sicht nicht in das Grundwasser gelangen dürfen.

Emissionen müssen an der Quelle beseitigt bzw. umweltneutral gemacht werden. Wir gefährden unseren Lebensstandard, wenn nur technisch aufbereitetes Wasser für den Menschen unproblematisch ist.

Nachhaltig ist, die Umwelt nicht zu verschmutzen. Grundwasser darf kein Gefährdungspotential für den Menschen haben.

Technische Einrichtungen können Mängel aufweisen. Deshalb sind sie regelmäßig zu prüfen.

Minden, den 05. Januar 2013
Johannes Weinig

Literatur (Auswahl)

Struck, Jonas: Eintragspfad, Veränderung und Verbleib von Stoffen aus exfiltriertem Abwasser im Untergrund. Arbeit zur Erlangung des Grades Master of Engineering. Eingereicht am 23. 10.2012 an der FH Bielefeld.

Weinig, J. u. R. Joswig: Siedlungswasserwirtschaftliche Fingerübungen. für die Umsetzung der Kanaldichtheit nach § 61a des Landeswassergesetzes NRW. 05.Januar 2012

Weinig, J. u. R. Joswig: Fremdwasser – woher und wohin? Symposium an der Fachhochschule Bielefeld. KA Abwasser Abfall. 53.Jhrg. 2006. Nr. 6.

Weinig, J.: Fremdwasser aus Wasserwirtschaftlicher Sicht. In: Tagungsband Symposium Fremdwasser – woher und wohin. Steinbeis-Transferzentrum Wasser- und Infrastruktur. Minden. 26. Oktober 2005.

Joswig, R.: Fremdwasser- Praktische Probleme vor Ort. In: Tagungsband Symposium Fremdwasser – woher und wohin. Steinbeis-Transferzentrum Wasser- und Infrastruktur. Minden. 26. Oktober 2005.

Namuth, Matthias: Pilotprojekt „Retentionsbodenfilter Hartum“. Forschungsprojekt Min UNLV in NRW. AZ IV-9-042 240 0010. Okt. 2006.

Gülzow, H-G, Hellwig, R. u. H. Paetsch: Versuchsfeld „versickerungsfähige Containerstandflächen“. In: Symposium Forschungsschwerpunkt „Integrales Bauen“. FH Bielefeld. Campus Minden. H8. ISBN 978-3-923216-74-1. 08.Febr. 2011.

Dohmann, M., u.a.: Untersuchung zur quantitativen und qualitativen Belastung von Boden, Grund- und Oberflächenwasser durch undichte Kanäle. In: Wassergefährdung durch undichte Kanäle. Erfassung und Bewertung Springer-Verlag. Heidelberg 1999

Vogel, Markus: Kanalstandhaltung, Von der Zustandserfassung zur nachhaltigen Sanierung von Entwässerungssystemen. Expert verlag. 2. Aufl. Renningen. 2007.

Hua, Jianmin: Transport- und Umsatzprozesse bei der Abwasserversickerung aus undichten Kanälen. Karlsruher Berichte zur Ingenieurbioogie. Heft 43. Universitätsverlag Karlsruhe. 2007

Scheffler, Michael: Grundstücksentwässerungsanlagen, Zustandsorientierte Instandhaltung und Bewertung in der Immobilienwirtschaft. Fraunhofer IRB Verlag. Stuttgart. 2007.

Heberer, Thomas: Identifizierung und Quantifizierung von Pestizidrückständen und Umweltkontaminanten in Grund- und Oberflächenwässern mittels Kapillargaschromatographie – Massenspektrometrie. Wissenschaft und Technik Verlag Berlin. 1995.

Peters, Johann: Zum Stand der Dichtheit von Abwasserkanälen – Notwendigkeit, Verfahren, Umsetzung. BA-Arbeit. FH Bielefeld. Sept. 2011.

Thoma, Robert: Auswirkungen undichter Grundleitungen mit häuslichem Abwasser auf den Boden und Grundwasser. Hamburger Bodenkundliche Arbeiten, Band 64, Hamburg 2011.

Togler, R.: Exfiltration bestehender Grundstücksentwässerungsanlagen- Auswirkungen, Einflussgrößen, Mengenermittlung, neuartige Prüfmethode, praxisgerechte Empfehlungen. Diss. RWTH Aachen. Shaker Verlag. Aachen.2006.

Landesamt für Landwirtschaft und Geologie, Sachsen: Gefährliche Stoffe in Kläranlagen, Heft 5/2010

Landesanstalt für Umwelt-Schutz Baden- Württemberg: Siedlungswasserwirtschaft. Bodenfilter zur Regenwasserbehandlung im Misch- und Trennsystem, Karlsruhe 2002.

Verbundprojekt: „*Bewachsene Bodenfilter*“ Stand der Technik und Innovationen für die Praxis bei bewachsenen Bodenfiltern, Celle 2000

Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen Entwicklung und Stand der Abwasserbeseitigung in Nordrhein-Westfalen 15. Auflage. 2010

Korrespondenz Abwasser, Abfall, 2005 (52) Nr 4, S. 388-398

Gesetze/ Bestimmungen

Bundesrepublik Deutschland, Gesetz zur Ordnung des Wasserhaushalts - WHG, 2009.
Land Nordrhein- Westfalen, Landeswassergesetz NRW, 1995.
DIN EN 1610, Verlegung und Prüfung von Abwasserleitungen und-kanälen, Beuth, 1997.
DIN 18123, Baugrund, Untersuchung von Bodenproben - Bestimmung der Korngrößenverteilung, Berlin: Beuth, 2011.
DIN 18128, Bestimmung des Glühverlustes, Berlin: Beuth, Dezember 2002.
DWA-A 139, Einbau und Prüfung von Abwasserleitungen und -kanälen, DWA, 2009.

Weitere Literatur:

J. S. H. W. R. Boller, Betrieb und Wartung von Kleinkläranlagen, München: F. Hirthammer, 2002.
Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft DWA, Zustand der Kanalisation, 2009.
M. Dohmann, Wassergefährdung durch undichte Kanäle, Heidelberg: Springer, 1999.
J. Hua, Transport- und Umsatzprozesse bei der Abwasserversickerung aus undichten Kanälen, Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe, 2007.
L. Hütter, Wasser und Wasseruntersuchung 6. Auflage, Frankfurt: Salle + Sauerländer, 1994.
H. Jordan, Hydrogeologie Grundlagen und Methoden, Stuttgart: Enke, 1995.
W. Kölle, Wasseranalysen - richtig beurteilen, Hannover: Wiley-VCH, 2001.
L. Kratz, Die Glaselektrode und ihre Anwendungen, Frankfurt: Steinkopff, 1950.
P. D.-I. M. Namuth, Vorlesungsskript Wasser- und Bodenanalytik, Minden, 2006.
V. Neitzel, Abwasser, Technik und Kontrolle, Essen: Wiley-VCH, 1998.
H. H. Rump, Laborhandbuch für die Untersuchung von Wasser, Abwasser und Boden, Frankfurt: Wiley-VCH, 1998.
M. Scheffler, Schäden an Grundstücksentwässerungsanlagen, Stuttgart: Fraunhofer IRB, 2010.
H.-H. Schmidt, Grundlagen der Geotechnik 3. Auflage, Stuttgart: Teubner, 2006.
P. Schuler, Oxi-Fibel; Einführung in die Gelöstsauerstoff-Meßtechnik, Weilheim: WTW, 1987.
Sontheimer, Wasserchemie für Ingenieure, 1980.
R. Thoma, Auswirkungen undichter Grundleitungen mit häuslichem Abwasser auf Boden und Grundwasser, Hamburg: Verein zur Förderung der Bodenkunde in Hamburg, 2011.