

# Abwasser

## Entstehung, Eigenschaften und Behandlung





Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften - **infernum**

# **Abwasser**

## **Entstehung, Eigenschaften und Behandlung**

von

Joachim Danzig

## **Impressum**

Titel: Abwasser: Entstehung, Eigenschaften und Behandlung

von: Joachim Danzig

© 2008 FernUniversität in Hagen, 58084 Hagen  
Alle Rechte vorbehalten.

Kursnummer: 71331

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere das Recht der Vervielfältigung und Verbreitung sowie der Übersetzung und des Nachdrucks, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf in irgendeiner Form (Druck, Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) ohne schriftliche Genehmigung der FernUniversität in Hagen reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis .....</b>   | <b>5</b>  |
| <b>1 Einführung und Lernziele.....</b>                                    | <b>8</b>  |
| <b>2 Historischer Rückblick.....</b>                                      | <b>11</b> |
| <b>3 Zahlen, Definitionen und grundlegende Erläuterungen .....</b>        | <b>14</b> |
| 3.1 Situation in Deutschland .....  | 14        |
| 3.2 Begriffsbestimmungen.....   | 14        |
| 3.3 Wirkungen von Abwasserinhaltsstoffen.....                             | 15        |
| <b>4 Quantitative Beschreibung der Belastung von Abwässern.....</b>       | <b>18</b> |
| <b>5 Arten von Abwässern .....</b>  | <b>22</b> |
| 5.1 Häusliches Abwasser .....   | 22        |
| 5.2 Kommunales Schmutzwasser .....  | 22        |
| 5.3 Gewerbliches Abwasser.....  | 23        |
| 5.4 Krankenhausabwässer.....  | 25        |
| 5.5 Wasserverunreinigungen durch landwirtschaftliche Aktivitäten.....     | 25        |
| 5.6 Wasserverunreinigungen durch Deponiesickerwässer .....                | 26        |
| <b>6 Rechtliche Grundlagen.....</b>                                       | <b>28</b> |
| 6.1 Wasserhaushaltsgesetz.....  | 28        |
| 6.2 Abwasserabgabengesetz .....   | 28        |
| 6.3 Abwasser-Verordnung.....  | 29        |
| 6.4 Wasserrahmenrichtlinie des Europäischen Parlaments und des Rates .... | 30        |
| 6.5 Klärschlammverordnung .....   | 30        |
| 6.6 Sonstige Gesetze und Verordnungen.....                                | 31        |
| <b>7 Aufbau der Kanalisation .....</b>                                    | <b>32</b> |
| 7.1 Dimensionierung der Kanalisation .....                                | 32        |
| 7.2 Regenwasserabfluss .....  | 32        |
| 7.3 Entwässerungsverfahren .....  | 33        |
| <b>8 Technik der Abwasserreinigung in einer kommunalen Kläranlage.</b>    | <b>35</b> |
| 8.1 Mechanische Vorbehandlung .....                                       | 38        |
| 8.1.1 Einsatz von Fällmitteln und Flockungshilfsmitteln.....              | 41        |
| 8.1.2 Flotation.....  | 42        |

|           |   |           |
|-----------|---|-----------|
| 8.2       | Biologische Abwasserreinigung.....  | 43        |
| 8.2.1     | Entwicklungsweg zum heutigen Belebtschlammverfahren.....  | 43        |
| 8.2.2     | Stoffwechsel aerober Mikroorganismen .....  | 46        |
| 8.2.3     | Tropfkörper und Tauchkörper .....   | 47        |
| 8.2.4     | Belebtschlammverfahren .....  | 49        |
| 8.2.5     | Weitere Möglichkeiten der Fällung.....  | 53        |
| <b>9</b>  | <b>Weitergehende Reinigung durch Elimination von Phosphor- und Stickstoffverbindungen .....</b> | <b>55</b> |
| 9.1       | Phosphorentfernung.....   | 55        |
| 9.1.1     | Fällung.....  | 55        |
| 9.1.2     | Biologische Phosphorentfernung .....  | 57        |
| 9.2       | Stickstoff-Elimination .....  | 58        |
| 9.2.1     | Ammoniumentfernung .....  | 59        |
| 9.2.2     | Nitratentfernung .....  | 60        |
| 9.2.3     | Verfahrenstechnische Ausgestaltung der Stickstoffentfernung .....                               | 61        |
| <b>10</b> | <b>Weitere Verfahren zur Abwasserreinigung.....</b>   | <b>64</b> |
| 10.1      | Kleinkläranlagen .....  | 64        |
| 10.2      | Pflanzenkläranlagen .....   | 64        |
| 10.3      | Abwasserteiche.....   | 66        |
| 10.4      | Spezielle Verfahren der Abwasserreinigung.....  | 66        |
| <b>11</b> | <b>Anaerobe Abwasserreinigung .....</b>   | <b>68</b> |
| 11.1      | Grundlagen .....  | 68        |
| 11.2      | Verfahrenstechnische Gestaltung.....  | 72        |
| <b>12</b> | <b>Behandlung des Abwasserschlamms .....</b>  | <b>73</b> |
| 12.1      | Begriffserläuterungen.....  | 73        |
| 12.2      | Herkunft von Schlämmen.....   | 73        |
| 12.3      | Belastung von Klärschlämmen.....  | 74        |
| 12.4      | Verwertungs- und Entsorgungswege für Klärschlamm .....  | 75        |
| 12.4.1    | Stabilisierung von Klärschlämmen .....  | 75        |
| 12.4.2    | Entwässerung von Klärschlämmen .....  | 78        |
| 12.5      | Verwertung oder Beseitigung als Alternativen der Schlammbehandlung .....                        | 80        |
| 12.5.1    | Zusammenfassende Darstellung der Möglichkeiten .....  | 80        |
| 12.5.2    | Ausbringung auf landwirtschaftliche Nutzflächen.....  | 81        |
| 12.5.3    | Verbrennung.....  | 82        |
| 12.5.4    | Kosten.....   | 83        |
| 12.6      | Fäkalschlämme .....   | 83        |
| 12.7      | Zukünftige Entwicklungen .....  | 84        |

---

|  |                                   |           |
|--|-----------------------------------|-----------|
| <b>13</b>  | <b>Literaturverzeichnis .....</b> | <b>85</b> |
| 13.1   | Einführende Literatur.....        | 85        |
| 13.2   | Weiterführende Literatur .....    | 85        |
| <b>14</b>  | <b>Tabellenverzeichnis .....</b>  | <b>88</b> |
| <b>15</b>  | <b>Abbildungsverzeichnis.....</b> | <b>89</b> |
| <b>Anhang: Lösungen der Übungsaufgaben .....</b> |                                   | <b>90</b> |
| <b>Anhang: Glossar.....</b>                      |                                   | <b>94</b> |

# 1 Einführung und Lernziele

Notwendigkeit von Gewässerschutz

Wasser ist für jede Lebensform auf der Erde unentbehrlich (vgl. Lehrtext »Wasser und nachhaltige Wasserwirtschaft«). Grundvoraussetzung für Leben ist daher das Vorhandensein von Wasser mit ausreichender Sauberkeit. Für viele Lebensformen muss es sich um Süßwasser handeln. Die Süßwasservorkommen, die einerseits nur einen kleinen Teil des Gesamtwasservorkommens ausmachen, unterliegen andererseits einer intensiven Nutzung. Zur Bereitstellung sauberen Wassers in ausreichender Menge und Qualität müssen daher Methoden für einen wirksamen Gewässerschutz entwickelt werden. Ziel ist es, die Ökosysteme in Gewässern (und damit auch die Selbstreinigungskraft) nicht durch Verunreinigungen zu gefährden sowie Kontaminationen des Grundwassers zu verhindern. Hierbei muss insbesondere auch ein Augenmerk auf biologisch nicht abbaubare Substanzen geworfen werden, da diese sich sonst anreichern können.

In den Ballungsgebieten der Erde ist die Bevölkerungsdichte und auch der Grad der Industrialisierung so hoch, dass diese Ziele nicht nur erreicht werden können, indem das genutzte Wasser durch spezielle Maßnahmen aufbereitet wird, bevor es wieder in den Vorfluter geleitet werden darf, sondern dass so wenig Wasser wie möglich verbraucht wird. Es greifen Prinzipien der Nachhaltigkeit, hier konkret zum nachhaltigen Umgang mit Wasser. Ziel ist es, nicht größere Mengen an sauberem Wasser zu verbrauchen, als gleichzeitig nachgeliefert werden können.

Fortschritte durch Kläranlagen und Vermeidungsstrategien

Nachdem die Verschmutzung der Gewässer in der Vergangenheit zunahm und immer besorgniserregender wurde, hat sich die Situation in die letzten Jahrzehnten des vergangenen Jahrhunderts zunehmend verbessert. Dies ist in Hinblick auf kommunale Abwässer insbesondere auf die Fortschritte beim Bau von Kläranlagen mit einer biologischen Reinigungsstufe zurückzuführen. Aber auch im industriellen Bereich wurden durch Vermeidungsstrategien im Rahmen des produktionsintegrierten Umweltschutzes und betriebsinterner Abwasserreinigungsmaßnahmen wesentliche Fortschritte erzielt.

Rolle der Gesetzgebung

Flankiert wurden diese Maßnahmen durch die ständige Fortschreibung der Gesetzgebung zum Wasserrecht. Dadurch wurden die Grundlagen für die notwendigen Verbesserungen beim Gewässerschutz geschaffen. Der Gewässerschutz wird auch zunehmend als europäische Aufgabe gesehen.

Es ist zu erkennen, dass der Schutz der Ressource Wasser für den Umweltschutz eine wesentliche Bedeutung spielt. Daher spielt das Thema »Wasser« und damit auch die Entstehung, Vermeidung und Reinigung von Abwässern im Rahmen der Umweltwissenschaften eine wesentliche Rolle.

Berührungspunkte zu anderen Themen

Daraus ergeben sich auch Berührungspunkte zu mehreren anderen Themen, die im Rahmen des Interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften behandelt

werden. Daraus lässt sich wie im Folgenden dargestellt die Interdisziplinarität des Themas »Abwasser« darstellen.

Für die Behandlung der Thematik »Abwasser« spielen Ökosysteme, die auf Wasser basieren (z.B. Seen), eine wesentliche Rolle, denn die Beeinflussung dieser Systeme beschreibt die Auswirkungen von Wasserverunreinigungen. Häufig sind die Zusammenhänge nur mittelbar, wie am Beispiel der Eutrophierung gezeigt werden kann. Hier können Wasserinhaltsstoffe, die untoxisch und sogar Nährstoffe sind, genau aufgrund der letztgenannten Eigenschaft dazu führen, dass die betroffenen Ökosysteme »umkippen« (vgl. Lehrtext zu Wasser und nachhaltige Wasserwirtschaft).

Ökosysteme

Die im Studiengang vermittelten chemische Kenntnissen sind notwendig, um chemische Zusammenhänge (z.B. grundlegende Stoffeigenschaften von Stoffklassen oder auch speziellen Stoffen wie die Toxizität) und auch mögliche Reaktionen, die durch Verunreinigungen im Wasser verursacht werden können, erklären zu können.

Umweltchemie

Die Beschreibung der Wirkungsweise einer Kläranlage wird zeigen, dass hier wesentliche Prinzipien der Verfahrenstechnik zur Anwendung kommen. Weiterhin spielen mikrobiologische Umsetzungen eine entscheidende Rolle für den Abbau von Abwasserinhaltsstoffen, so dass der Biotechnologie eine hohe Bedeutung zukommt. Die jeweils zu Grunde liegenden Zusammenhänge, die hier nur in dem für das Verständnis notwendigen Maße angerissen werden, werden in anderen Lehrtexten des Studiengangs vertieft.

Umweltverfahrenstechnik, Biotechnologie

Aufgrund der bereits dargestellten Bedeutung von Wasser für das Leben auf der Erde und damit auch für das Wohlbefinden des Menschen ist dessen Verunreinigung bzw. die Abwasserreinigung von großem emotionalem Interesse, so dass die Umweltpsychologie hier wesentliche Beiträge leistet. In diesem Zusammenhang ist z.B. an die Verwendung von Klärschlämmen als Dünger in der Landwirtschaft oder die Verunreinigung von Badegewässern zu denken.

Umweltpsychologie

Wie bereits erwähnt hat das Umweltrecht für die Thematik »Abwasser« eine wesentliche Bedeutung, da hier die Grundlagen dafür gelegt werden, Verunreinigungen von Gewässern zu verhindern und ausreichende Standards für die Abwasserreinigung festlegen zu können. Ein weiterer Aspekt liegt in der Festlegung maximaler Grenzwerte für abwasserunreinigende Stoffe, die in Abwasserreinigungsanlagen eingeleitet werden dürfen. Zur Erfüllung dieser Forderungen ist ein umfangreiches Regelwerk entstanden, das in zunehmendem Maße durch Vorgaben der europäischen Union beeinflusst wird. Grundlage für die Bereitstellung eines Umweltrechtes auch in Hinblick auf Wasser ist die Umweltpolitik, denn die Umweltpolitik stellt einen eigenständigen Politikbereich dar. Die europäische Umweltpolitik spielt hier wie bereits erwähnt eine zunehmende Rolle, wie im Zusammenhang dieses Lehrtextes z.B. an der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zu erkennen sein wird.

Umweltpolitik, Umweltrecht

Produktionsintegrierter  
Umweltschutz

Die bereits erwähnte Beschränkung der Einleitung von Abwasserinhaltsstoffen führt zunehmend dazu, dass die entsprechenden Stoffe nicht nur bereits im Produktionsbetrieb aus dem Abwasser entfernt werden, sondern dass weitergehend versucht wird, Kreisläufe zu schließen und damit die Entstehung von Abfallstoffen möglichst weitgehend zu vermeiden. Hierdurch werden Maßnahmen des produktionsintegrierten Umweltschutzes gefördert, die letztendlich auf Verfahren der Umweltverfahrenstechnik basieren.

Boden, Deponien

Wasserverunreinigungen müssen ggf. auch in direktem Zusammenhang zu nachteiligen Veränderungen von Bodeneigenschaften gesehen werden (z.B. bei Überschwemmungen von Ackerland mit verunreinigtem Flusswasser). Genauso können aber Bodenverunreinigungen durch Ausspülung zu Belastungen des Grundwassers führen. Daher muss die Bereitstellung von sauberem Wasser in direktem Zusammenhang einerseits mit den Eigenschaften beteiligter Böden und auch der Abfallentsorgung insbesondere in Deponien gesehen werden (z.B. Sicherung von Deponien, Behandlung von Sickerwässern).

Ziel der Kurseinheit

Diese Kurseinheit hat das Ziel, Ihnen zunächst eine zusammenfassende Darstellung der historischen Entwicklung der Abwasserproblematik und -behandlung sowie der heutigen rechtlichen Grundlagen zu geben. In technischer Hinsicht werden Sie mit dem Aufbau und der Wirkungsweise kommunaler Kläranlagen bis hin zur Schlammbehandlung vertraut gemacht. Der Lehrtext umfasst auch eine Einführung in weitergehende Methoden der biologischen Abwassereinigung zur Entfernung von Nährstoffen wie stickstoffhaltigen und phosphorhaltigen Verbindungen.

Weiterhin werden auch neben der Nennung von Optimierungsmöglichkeiten die Grenzen der kommunalen Abwasserreinigung aufgezeigt um aufzeigen zu können, in welchen Bereichen Maßnahmen von den Abwassererzeugern zwingend erwartet werden müssen. Darüber hinausgehend erhalten Sie auch grundlegende Informationen zur anaeroben Abwasserreinigung, die es Ihnen ermöglichen werden, beiden Verfahren jeweils Anwendungsgebiete zuzuordnen und die jeweils spezifischen Vorteile zu erkennen.

Spezielle Verfahren zur Abwasserreinigung, die insbesondere im Bereich von Industrieunternehmen in der Vorreinigung der Abwässer Anwendung finden, bevor diese in das öffentlich Kanalnetz eingeleitet werden, werden im Rahmen eines anderen Lehrtextes (Spezielle Verfahren der Abwasserreinigung) behandelt.

Nach dem Durcharbeiten des Lehrtextes sollen Sie insbesondere grundlegende Kenntnisse zur Herkunft und Bewertung von Abwasserinhaltsstoffen sowie zu Standardmethoden der biologischen Abwasserbehandlung (wie sie in kommunalen Kläranlagen eingesetzt werden) erworben haben.