



**infernum**  
Interdisziplinäres Fernstudium  
Umweltwissenschaften

## Wasser

# Studienbrief: Spezielle Verfahren der Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung





Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

## **Spezielle Verfahren der Wasser- aufbereitung und Abwasserreinigung**



Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften – **infernum**

## **Studienbrief**

# **Spezielle Verfahren der Wasser- aufbereitung und Abwasserreinigung**

von

Joachim Danzig



FernUniversität in Hagen



infernum ist ein Studienangebot der FernUniversität in Hagen in wissenschaftlicher Kooperation mit dem Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT in Oberhausen.

## **Impressum**

Kursnummer: 71427

Modul 17: Wasser

Studienbrief: Spezielle Verfahren der Wasseraufbereitung und Abwasserreinigung

Von: Joachim Danzig

© 2020 FernUniversität in Hagen, Hagen & Fraunhofer UMSICHT, Oberhausen

Alle Rechte vorbehalten.

Studienangebot: Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften (infernum)

Der Inhalt dieses Dokumentes darf ohne vorherige schriftliche Erlaubnis durch die FernUniversität in Hagen nicht (ganz oder teilweise) reproduziert, benutzt oder veröffentlicht werden. Das Copyright gilt für alle Formen der Speicherung und Reproduktion, in denen die vorliegenden Informationen eingeflossen sind, einschließlich und zwar ohne Begrenzung Magnetspeicher, Computerausdrucke und visuelle Anzeigen. Alle in diesem Dokument genannten Gebrauchsnamen, Handelsnamen und Warenbezeichnungen sind zumeist eingetragene Warenzeichen und urheberrechtlich geschützt. Warenzeichen, Patente oder Copyrights gelten gleich ohne ausdrückliche Nennung. In dieser Publikation enthaltene Informationen können ohne vorherige Ankündigung geändert werden.

# Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	IV
Tabellenverzeichnis .....	V
1 Einführung und Lernziele.....	- 1 -
1.1 Übungsaufgabe .....	- 3 -
2 Abwasservermeidung durch produktionsintegrierten Umweltschutz.....	- 4 -
2.1 Einführung.....	- 4 -
2.2 Maßnahmen für den produktionsintegrierten Umweltschutz .....	- 4 -
2.3 Ausführliches Beispiel: Reststoffminderung bei der Produktion von Reinnaphthalin.....	- 5 -
2.4 Übungsaufgabe .....	- 7 -
3 Neutralisation.....	- 8 -
3.1 Methoden zur Neutralisation.....	- 8 -
3.2 Verbrauch an Neutralisationsmittel in Abhängigkeit vom pH-Wert.....	- 9 -
3.3 Fällung von Schwermetallen .....	- 9 -
3.4 Schutz der biologischen Stufe .....	- 11 -
3.5 Verfahren der Neutralisation .....	- 11 -
3.6 Übungsaufgabe .....	- 12 -
4 Elimination von Verunreinigungen durch Oxidationsreaktionen.....	- 13 -
4.1 Nassoxidation und chemische Oxidation.....	- 13 -
4.2 Nutzung der oxidativen Wirkung von Hydroxylradikalen .....	- 14 -
4.3 Ozonung und Einsatz von Wasserstoffperoxid .....	- 15 -
4.4 Einsatz von ultravioletter Strahlung.....	- 16 -
4.5 Übungsaufgabe .....	- 20 -
5 Adsorptive Verfahren .....	- 21 -
5.1 Wirkungsweise der Adsorption.....	- 21 -
5.2 Geeignete Adsorbentien.....	- 21 -
5.3 Eigenschaften und Arten von Aktivkohle.....	- 22 -
5.4 Abhängigkeiten für die Beladung von Aktivkohle .....	- 22 -
5.5 Regenerierung von Aktivkohle .....	- 24 -
5.6 Verfahrenstechnik der Aktivkohleadsorption.....	- 24 -
5.7 Einsatz von Adsorberharzen.....	- 26 -
5.8 Übungsaufgabe .....	- 26 -

6	Anwendung von Ionenaustauschern .....	- 27 -
6.1	Wirkungsweise von Ionenaustauschern.....	- 28 -
6.2	Verfahrenstechnik des Einsatzes von Ionenaustauschern .....	- 28 -
6.3	Anwendungsbeispiel .....	- 30 -
6.4	Übungsaufgabe.....	- 30 -
7	Einsatz von Membranverfahren .....	- 31 -
7.1	Grundlagen und Arten von Membranverfahren .....	- 31 -
7.2	Bedingungen an den Einsatz von Membranverfahren.....	- 34 -
7.3	Membranmaterialien .....	- 35 -
7.4	Aufbau von Membranen .....	- 36 -
7.5	Membranmodule .....	- 36 -
7.6	Verfahrenstechnik des Membraneinsatzes.....	- 38 -
7.7	Beispiele für Anwendungen von Membranverfahren.....	- 39 -
7.8	Erster Spezialfall: Elektrodialyse.....	- 43 -
7.9	Zweiter Spezialfall: Pervaporation .....	- 44 -
7.10	Praxisbeispiel: Konzentrierung der im biologisch vorbehandelten Abwasser vorliegenden Reststoffe durch Mikrofiltration .....	- 45 -
7.11	Übungsaufgabe.....	- 47 -
8	Thermische Verfahren .....	- 48 -
8.1	Strippen .....	- 48 -
8.2	Verdunsten und Verdampfen.....	- 48 -
8.3	Abwasserverbrennung .....	- 50 -
8.4	Übungsaufgabe.....	- 51 -
9	Extraktive Verfahren .....	- 52 -
9.1	Grundlagen .....	- 52 -
9.2	Auswahl eines Extraktionsmittels .....	- 52 -
9.3	Einzelschritte der Flüssig-Flüssig-Extraktion .....	- 52 -
9.4	Verfahrenstechnik der Extraktion .....	- 53 -
9.5	Übungsaufgabe.....	- 53 -
10	Optimierungsmöglichkeiten für Belebungsanlagen .....	- 54 -
10.1	Kaskadenschaltung.....	- 54 -
10.2	Erhöhung der Sauerstoffkonzentration.....	- 54 -
10.3	Erhöhung der Biomassekonzentration.....	- 56 -
10.4	Übungsaufgabe.....	- 57 -
11	Glossar .....	- 58 -
12	Lösungshinweise.....	- 60 -



---

12.1	Übungsaufgabe aus Kapitel 1.....	- 60 -
12.2	Übungsaufgabe aus Kapitel 2.....	- 60 -
12.3	Übungsaufgabe aus Kapitel 3.....	- 60 -
12.4	Übungsaufgabe aus Kapitel 4.....	- 60 -
12.5	Übungsaufgabe aus Kapitel 5.....	- 61 -
12.6	Übungsaufgabe aus Kapitel 6.....	- 61 -
12.7	Übungsaufgabe aus Kapitel 7.....	- 61 -
12.8	Übungsaufgabe aus Kapitel 8.....	- 61 -
12.9	Übungsaufgabe aus Kapitel 9.....	- 61 -
12.10	Übungsaufgabe aus Kapitel 10.....	- 61 -
13	Literaturverzeichnis.....	- 62 -
13.1	Einführende Literatur.....	- 62 -
13.2	Weiterführende Literatur.....	- 62 -
14	Über den Autor.....	- 63 -