

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Abwasservermeidung durch produktionsintegrierten Umweltschutz</b> .....	<b>8</b>
2.1	Einführung .....	8
2.2	Maßnahmen für den produktionsintegrierten Umweltschutz .....	8
2.3	Ausführliches Beispiel: Reststoffminderung bei der Produktion von Reinnaphthalin .....	10
<b>3</b>	<b>Neutralisation</b> .....	<b>13</b>
3.1	Methoden zur Neutralisation .....	13
3.2	Verbrauch an Neutralisationsmittel in Abhängigkeit vom pH-Wert .....	14
3.3	Fällung von Schwermetallen.....	15
3.4	Schutz der biologischen Stufe.....	16
3.5	Verfahren der Neutralisation .....	16
<b>4</b>	<b>Elimination von Verunreinigungen durch Oxidationsreaktionen</b> .....	<b>18</b>
4.1	Nassoxidation und chemische Oxidation.....	18
4.2	Nutzung der oxidativen Wirkung von Hydroxylradikalen .....	19
4.2.1	Chemie der Hydroxyl-Radikale .....	20
4.3	Ozonung und Einsatz von Wasserstoffperoxid.....	20
4.4	Einsatz von ultravioletter Strahlung .....	21
4.4.1	Grundlagen zum Einsatz elektromagnetischer Strahlung .....	21
4.4.2	Entstehung von Hydroxylradikalen durch UV-Strahlung.....	22
4.4.3	Strahlungsquellen.....	24
4.4.4	Anwendungsbereiche und Grenzen der Anwendung von UV-Oxidation.....	25
<b>5</b>	<b>Adsorptive Verfahren</b> .....	<b>27</b>
5.1	Wirkungsweise der Adsorption .....	27
5.2	Geeignete Adsorbentien .....	27
5.3	Eigenschaften und Arten von Aktivkohle.....	28
5.4	Abhängigkeiten für die Beladung von Aktivkohle .....	29
5.5	Regenerierung von Aktivkohle .....	30
5.6	Verfahrenstechnik der Aktivkohleadsorption.....	31
5.6.1	Einrührverfahren.....	31
5.6.2	Filterverfahren .....	31
5.6.3	Kombination aus Adsorption und Biologie .....	32
5.7	Einsatz von Adsorberharzen .....	32
<b>6</b>	<b>Anwendung von Ionenaustauschern</b> .....	<b>34</b>

6.1	Wirkungsweise von Ionenaustauschern .....	35
6.2	Verfahrenstechnik des Einsatzes von Ionenaustauschern.....	35
6.2.1	Beladung .....	36
6.2.2	Regeneration .....	36
6.3	Anwendungsbeispiel .....	37
<b>7</b>	<b>Einsatz von Membranverfahren.....</b>	<b>38</b>
7.1	Grundlagen und Arten von Membranverfahren.....	38
7.1.1	Mikrofiltration.....	38
7.1.2	Ultrafiltration .....	38
7.1.3	Nanofiltration.....	39
7.1.4	Reverse Osmose .....	39
7.1.5	Zusammenfassende Darstellung der Anwendungsgebiete von Membranverfahren.....	41
7.2	Bedingungen an den Einsatz von Membranverfahren .....	42
7.3	Membranmaterialien .....	43
7.4	Aufbau von Membranen .....	43
7.5	Membranmodule .....	44
7.6	Verfahrenstechnik des Membraneinsatzes.....	46
7.7	Beispiele für Anwendungen von Membranverfahren.....	47
7.7.1	Mikrofiltration.....	47
7.7.2	Ultrafiltration .....	48
7.7.3	Umkehrosmose.....	49
7.7.4	Einsatz der Membrantechnologie in Verbindung mit biologischen Verfahren .....	50
7.8	Erster Spezialfall: Elektrodialyse.....	52
7.9	Zweiter Spezialfall: Pervaporation.....	53
7.10	Praxisbeispiel: Konzentrierung der im biologisch vorbehandelten Abwasser vorliegenden Reststoffe durch Mikrofiltration .....	54
<b>8</b>	<b>Thermische Verfahren.....</b>	<b>58</b>
8.1	Strippen .....	58
8.2	Verdunsten und Verdampfen .....	58
8.3	Abwasserverbrennung.....	60
<b>9</b>	<b>Extraktive Verfahren.....</b>	<b>62</b>
9.1	Grundlagen.....	62
9.2	Auswahl eines Extraktionsmittels.....	62
9.3	Einzelschritte der Flüssig-Flüssig-Extraktion .....	63
9.4	Verfahrenstechnik der Extraktion.....	63
<b>10</b>	<b>Optimierungsmöglichkeiten für Belebungsanlagen .....</b>	<b>65</b>

---

10.1	Kaskadenschaltung .....	65
10.2	Erhöhung der Sauerstoffkonzentration .....	65
10.3	Erhöhung der Biomassekonzentration .....	67
<b>11</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>69</b>
11.1	Einführende Literatur.....	69
11.2	Weiterführende Literatur .....	69
<b>12</b>	<b>Abbildungsverzeichnis.....</b>	<b>70</b>
<b>13</b>	<b>Tabellenverzeichnis .....</b>	<b>71</b>
<b>14</b>	<b>Glossar .....</b>	<b>72</b>

# 1 Einleitung

Eingliederung der Kurseinheit in den Zusammenhang des Fernstudiums

Mit diesem Text wird Wasser zum dritten Mal zum Thema einer Kurseinheit des interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften. In den ersten beiden Kurseinheiten »Wasser und nachhaltiges Wassermanagement« und »Abwasser – Entstehung, Vermeidung und Behandlung« wurden Ihnen einerseits die Bedeutung von sauberem Wasser für den Menschen und seine Umwelt sowie grundlegende Kenntnisse zur Herkunft von Abwässern und zu Methoden der Abwasserreinigung vermittelt. Gerade die Abwasserreinigung wie Sie sie in der Kurseinheit zum Thema »Abwasser« kennengelernt haben, stellt aber eine »end-of-pipe«-Technologie dar und ist meist nicht ein grundlegender Beitrag zum nachhaltigeren Umgang mit Wasser.

Nachhaltiger Umgang mit Wasser

Dies lässt sich damit begründen, dass für den nachhaltigen Umgang mit Wasser sicherlich eine Verminderung des Wasserverbrauchs gegenüber der Abwasserreinigung in Kläranlagen von größerer Bedeutung ist, denn das Wasser wird häufig aus Grundwasserleitern entnommen, die sich nicht der Entnahme entsprechend regenerieren können. Wasserverbrauch kann zunächst dadurch gemindert werden, dass die für einen Produktionsprozess einzusetzende Wassermenge vermindert wird. Weiterhin wird häufig angestrebt, einen Prozess so zu gestalten, dass das eingesetzte Wasser im Prozess wieder aufbereitet werden kann, so dass ein erneuter Einsatz und damit eine Kreislaufführung möglich ist.

Voraussetzungen für die Ableitung von Abwässern

Häufig sind Abwässer, die nicht innerhalb des Prozesses recycelt werden können und daher abgeleitet werden müssen, mit Schadstoffen belastet, die z.B. aufgrund ihrer Toxizität eine Behandlung in Kläranlagen erschweren oder sogar unmöglich machen. Hier wird angestrebt, das Abwasser noch am Entstehungsort so zu behandeln, dass der Anteil dieser Verunreinigungen abnimmt und somit eine Behandlung in der kommunalen Abwasserreinigung erleichtert oder überhaupt erst ermöglicht wird.

Erhöhung der Leistungsfähigkeit bereits vorhandener Kläranlagen

Weiterhin kann es aber auch ein Ziel weitergehender Verfahren sein, die Leistungsfähigkeit auch von bereits existierenden Kläranlagen zu erhöhen, so dass höhere Belastungen der Kläranlage ohne teure Erweiterungsbauten ermöglicht werden, ohne dass die Reinigungsleistung abnimmt.

Ziele der Kurseinheit

In dieser Kurseinheit werden Sie anhand konkreter Beispiele Methoden zur Verringerung des Wassereinsatzes und zur Vermeidung von Abwässern in der Produktion kennenlernen. Insbesondere sollen Möglichkeiten der Abwasserreinigung im Prozess und damit auch der Kreislaufführung dargestellt werden. Weiterhin wird gezeigt, wie mit Hilfe von Methoden, die den Umfang der bislang dargestellten Abwassereinigung übersteigen, schwer abbaubare oder auch toxische Abwasserinhaltsstoffe abgebaut werden können und damit die Belastung von Kläranlagen verringert wird. Teilweise werden hier Methoden, die Sie in der Kurseinheit »Wasser und nachhaltiges Wassermanagement« für die Trinkwasser-