

Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften - **infernum**

Wasser und nachhaltige Wasserwirtschaft



Interdisziplinäres Fernstudium Umweltwissenschaften - **infernum**

Wasser und nachhaltige Wasserwirtschaft

von

Joachim Danzig

 **Fraunhofer** Institut
Umwelt-, Sicherheits-,
Energietechnik UMSICHT

 **FernUniversität in Hagen**

Impressum

Titel: Wasser und nachhaltige Wasserwirtschaft

von: Joachim Danzig

© 2007 FernUniversität in Hagen, 58084 Hagen
Alle Rechte vorbehalten.

Kursnummer: 71312

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

1	Einführung und Lernziele.....	1
2	Die Hydrosphäre und die Wasserkreisläufe der Erde.....	5
2.1	Einführung	5
2.2	Gewässer und Ozeane.....	8
2.2.1	Boden- und Grundwasser	8
2.2.2	Oberflächliche Gewässer.....	10
2.2.3	Meere und Ozeane.....	11
2.3	Inhaltsstoffe von natürlichen Gewässern	12
2.3.1	Süßwasser	13
2.3.2	Meerwasser	14
2.4	Selbstreinigungskraft von Gewässern.....	14
2.4.1	Beteiligte Organismen.....	14
2.4.2	Aerober und anaerober Abbau	14
3	Struktur und Eigenschaften von Wasser.....	16
3.1	Physikalische und chemische Eigenschaften.....	16
3.1.1	Sensorische Eigenschaften, Aggregatzustände	16
3.1.2	Eigenschaften auf molekularer Ebene.....	16
3.1.3	Dichte	18
3.1.4	Wärmekapazität.....	18
3.1.5	Weitere physikalische Eigenschaften	18
3.1.6	IR-Absorption als Grundlage für den natürlichen Treibhauseffekt.....	19
3.2	Chemie in wässrigen Lösungen	19
3.2.1	Säuren und Basen in Wasser	19
3.2.2	Löslichkeit von Salzen in Wasser	20
3.2.3	Löslichkeit von Gasen in Wasser.....	21
4	Beispiele für Auswirkungen von Eingriffen auf Gewässer	24
4.1	Eintrag von Säuren.....	24
4.2	»Umkippen« von Gewässern.....	25
4.2.1	Eutrophierung	25
4.2.2	Erwärmung als Ursache für Sauerstoffmangel.....	27
4.3	Weitere Folgen einer Temperaturerhöhung von Gewässern.....	28
4.4	Einfluss wasserwirtschaftlicher Maßnahmen.....	28
4.4.1	Staudämme und Eindeichungen	29
4.4.2	Wasserkraftnutzung	30
4.4.3	Grundwasserabsenkungen im Braunkohletagebau	30

5	Klassifizierung von Gewässern.....	32
5.1	Biologische Gewässergüteklassifizierung	32
5.2	Gewässerstrukturgüteklassifizierung.....	34
5.3	Chemische Gewässergüte	35
6	Wasseranalytik.....	38
6.1	Einführung	38
6.2	Bestimmung von Einzelparametern.....	40
6.3	Bestimmung von Summenparametern.....	42
6.3.1	Adsorbierbar organisch gebundenes Halogen (AOX)	42
6.3.2	Organisch gebundener Kohlenstoff (TOC).....	42
6.3.3	Biologischer Sauerstoffbedarf (BSB).....	43
6.3.4	Chemischer Sauerstoffbedarf (CSB)	44
6.4	Verfahren zur Bestimmung der Toxizität der Inhaltsstoffe einer Wasserprobe	45
6.4.1	Leuchtbakterienhemmtest.....	45
6.4.2	Fischtests	46
7	Öffentliche Wasserversorgung.....	47
7.1	Anforderungen an Trinkwasser.....	47
7.2	Zahlen zum Wasserverbrauch	48
7.3	Herkunft des Wassers für die öffentliche Wasserversorgung	49
7.4	Natürliche Zusammensetzung von Rohwasser (unabhängig von der Herkunft).....	50
7.5	Unerwünschte Inhaltsstoffe im Rohwasser.....	52
8	Methoden zur Trinkwasseraufbereitung.....	58
8.1	Siebverfahren	58
8.2	Flockung, Sedimentation und Fällung	60
8.3	Enteisenung.....	61
8.4	Entmanganung	61
8.5	Nitratentfernung.....	61
8.6	Belüftung zur Sauerstoffanreicherung und zur Entfernung unerwünschter Gase.....	62
8.7	Einstellung des pH-Wertes	62
8.8	Desinfektion.....	62
8.9	Weitergehende Verfahren der Trinkwasseraufarbeitung	64
8.9.1	Ionenaustausch.....	64
8.9.2	Membranverfahren	65
8.9.3	Adsorbentien.....	66

8.9.4	Biologische Verfahren	6 8
9	Nachhaltige Wasserwirtschaft	6 9
10	Relevante Gesetze	7 4
10.1	Aufgabenteilung zwischen Europäischer Union, Bund, Ländern und Gemeinden	7 4
10.2	EU-Wasserrahmenrichtlinie	7 5
10.3	Wasserhaushaltsgesetz (WHG)	7 5
10.4	Abwasserabgabengesetz	7 7
10.5	Grundwasserverordnung	7 8
10.6	Bundesbodenschutzgesetz	7 9
10.7	Wasserrecht der Bundesländer	8 0
10.8	Wasch- und Reinigungsmittelgesetz	8 0
10.9	Infektionsschutzgesetz	8 1
10.10	Trinkwasserverordnung	8 1
10.11	Düngeverordnung	8 1
10.12	Umgang mit wassergefährdenden Stoffen	8 1
11	Literaturverzeichnis	8 3
11.1	Einführende Literatur	8 3
11.2	Weiterführende Literatur	8 4
12	Tabellenverzeichnis	8 6
13	Abbildungsverzeichnis	8 7
14	Lösungen der Übungsaufgaben	8 8
15	Glossar	9 0

1 Einführung und Lernziele

Für unsere Umwelt spielt Wasser neben dem Boden und der Luft eine entscheidende Rolle. Es ist sicherlich nicht übertrieben zu sagen, dass Wasser eine wesentliche Grundlage des Lebens ist.

So ist es erwiesen, dass das Leben auf der Erde seine Ursprünge im Wasser hat und sich daraus alle heutigen Lebensformen entwickelt haben. Somit hatte schon Thales von Milet 200 Jahre vor Christus mit seiner Aussage, dass alles Leben aus dem Wasser kommt, die Zusammenhänge richtig erkannt. Aber auch heute ist Leben ohne Wasser nicht möglich. Zum Beispiel bestehen Algen und Quallen bis zu 98 % aus Wasser. Aber auch in der Pflanzenwelt ist Wasser von außerordentlicher Bedeutung, ein großer Laubbaum braucht ca. 100 l Wasser pro Tag, die Blätter bestehen zu 80 bis 90 % aus Wasser. Die Bilder von vertrockneten Landstrichen z.B. in Afrika sind vor unseren Augen allgegenwärtig.

Wasser – Ursprung des Lebens

Auch im menschlichen Organismus macht Wasser ungefähr zwei Drittel der Masse aus. Wasser stellt den Menschen in Trockengebieten vor eine ständige Herausforderung, denn zum Leben brauchen wir täglich 2,5 bis 3,5 l davon und können nicht länger als fünf bis sechs Tage darauf verzichten, ohne unser Leben zu gefährden. Diese Aussagen belegen die außerordentliche Bedeutung des Wassers für jegliches Leben auf der Erde.

Wasser – Grundlage des Lebens

In diesem Zusammenhang wird offensichtlich, dass das Thema Wasser auch im Rahmen des interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften eine wesentliche Rolle spielen muss. Dies wird insbesondere dadurch deutlich, dass Wasser in der Natur verschiedene Funktionen besitzt und damit in vielfältiger Beziehung zu den verschiedenen Lebensräumen auf der Erde steht.

Wie an allen Pflanzen und Tiere zu erkennen ist, ist es Bestandteil der Struktur der lebenden Materie. So dient es in Pflanzen als Transportmedium für aus dem Boden aufgenommene Nährstoffe. Die Pflanze verbraucht selbst nur 1 % des aufgenommenen Wassers, der Rest verdunstet aus Blättern oder Nadeln, im Wasser gelöste Stoffe bleiben in der Pflanze zurück. Damit wirkt sich jede Verschmutzung eines Gewässers oder des Regens unmittelbar auf das pflanzliche und tierische Leben in der unmittelbaren Umgebung aus.

Wasser kann beim Übergang vom flüssigen in den festen Zustand Steine zersprengen und viele Stoffe in der Natur können erst durch die Gegenwart von Wasser gelöst und transportiert werden. Damit ist Wasser an der Gestaltung der Erdoberfläche beteiligt, andererseits ist es damit aber auch Transportmittel für Verunreinigungen und verbreitet diese über einen großen Bereich.

Darüber hinaus beeinflusst Wasser den Wärmehaushalt der Erde und ist ein wesentlicher Faktor in Klimamodellen.

Funktionen des Wassers Entsprechend dieser weitgefächerten Bedeutung in der Natur ist die Auflistung der heutigen Funktionen des Wassers über die beschriebenen Funktionen in der Natur hinaus sehr vielseitig, wie in der folgenden Tabelle 1.1 dargestellt wird. Mit dieser Darstellung wird deutlich, wie weitgehend Wasser in alle Lebensbereiche des Menschen eingreift, es ist grundlegendes Nahrungsmittel, prägt die Umwelt in vielerlei Beziehung, hilft dem Menschen bei der Produktion von Gütern und nimmt letztendlich Verunreinigungen auf.

Natur- funktio- nen	Lebenserhaltungs- funktion			
	Lebensraumfunktion			
	Regelungsfunktionen	Energiehaushalt		
		Wasserkreislauf		
		Stoffhaushalt	Erdgestaltung (Hoch- wasser, Erosion, Sedi- mentation)	
			Lösungs- und Trans- portmittel	
Selbstreinigung				
Kultur- funktio- nen	Verbrauch, Entnah- me	Lebensmittelfunktion	Trinkwasser	
			Speise- und Getränke- zubereitung	
		Reinigungsfunktion		
		Produktionsfunktionen	Rohstoff (Chemie, Le- bensmittelherstellung)	
			Prozesswasser (z.B. Transport-, Wasch-, Lösungs-, Kühl-, Löschmittel)	
			Pflanzen- und Tierver- sorgung (Bewässerung, Aquakultur, Tränke usw.)	
	Benutzung	Heilmittelfunktion		
		Energieträgerfunktion		
		Transportwegfunktion		
		Erholungsfunktion		
		Gestaltungsfunktion		
		Ästhetische Funktio- nen		
		Religiöse Funktionen		
	Versorgungsfunktion (Fischerei)			
Belastung	Deponiefunktion			
	Selbstreinigungsfunk- tion			

Tabelle 1.1: Funktionen des Wassers

Daraus ist abzuleiten, dass auch die Beziehung des heutigen Menschen zum Wasser mannigfach ist und verschiedene Disziplinen umfasst. So treten für den Menschen

in der industrialisierten Welt, für den die Versorgung mit sauberem Wasser gegenwärtig im Allgemeinen kein Problem darstellt, sehr stark emotionale Aspekte in den Vordergrund, denn Wasser wird als wesentlicher Teil des eigenen Lebensraums erfahren – z.B. als selbstverständliches Nahrungsmittel, als Grundlage für die Körperpflege, als wesentlicher Teil der unmittelbaren Natur, die insbesondere eine Erholungsfunktion hat.

Hieraus lässt sich leicht erkennen, dass im Verhältnis zwischen Mensch und Wasser auch psychologische Aspekte eine wesentliche Rolle spielen, die in anderen Modulen des Interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften infernum im Mittelpunkt der Betrachtungen stehen (vgl. Modul »Umweltpsychologie«). So hat bei den ersten Aktionen von Greenpeace in Deutschland die Wasserverunreinigung eine entscheidende Rolle gespielt (Verhinderung der Dünnsäureverklappung). Bereits frühzeitig ist eine Gesetzgebung rund um den Schutz des Wassers initiiert worden, deren heutiger Stand in den Modulen mit juristischen Schwerpunkten ausführlich erläutert wird (in diesem Lehrbrief erfolgt nur eine kurze Darstellung, grundlegendere Informationen sind im Modul »Umweltrecht« zu finden).

Psychologische Aspekte

Weiterhin kommt Wasser in vielen Ländern der Erde leider immer noch eine große Bedeutung für die Verbreitung von Krankheiten zu, denn ohne die hohen hygienischen Standards bei der Bereitstellung von Trinkwasser und der Abführung und Aufreinigung verschmutzten Wassers, die in den entwickelten Ländern gelten, können Krankheitserreger schnell Verbreitung finden und große Epidemien verursachen.

Krankheitsverbreitung

Auch politisch besitzt Wasser eine große Bedeutung, denn außer als Nahrungsmittel wird es z.B. auch für die Bewässerung von Kulturpflanzen benötigt. Viele Konflikte zwischen Staaten entzündeten sich an Wassermangel. »Wer mit dem Nilwasser spielt, erklärt uns den Krieg.« - schon in den siebziger Jahren des 20. Jahrhunderts beschrieb der damalige ägyptische Präsident Sadat das Konfliktpotential der Ressource Wasser mit diesen deutlichen Worten. Er reagierte damit auf Staudammprojekte am Blauen Nil in den oberen Nilanrainerstaaten. Verwundern kann die Aussage indes nicht, war und ist Ägypten doch bei der Versorgung mit Oberflächenwasser zu mehr als 90 Prozent vom Nilwasser abhängig. In Zukunft ist eine zunehmende Anzahl von Konflikten zwischen Nationen, die durch Wassermangel entfacht werden, zu erwarten.

Politische Bedeutung

Eine besondere Wichtigkeit besitzt Wasser auch in naturwissenschaftlicher und technischer Hinsicht. Dies betrifft insbesondere die in allerjüngster Zeit erfolgte industrielle Entwicklung. So mussten vor der Einführung produktionsintegrierter Maßnahmen je Tonne industrieller Warenproduktion durchschnittlich ca. 100 bis 200 t Wasser aufbereitet werden. Aber auch heute werden für die Produktion einer Tonne Stahl 50 m³, für eine Tonne Wolle 1000 m³ und für eine Tonne Kunstfasern 2500 m³ Wasser (allerdings außer für einige Bereiche der Lebensmittelindustrie meist nicht in Trinkwasserqualität) benötigt. Das Wasser wird insbesondere als

Technische Bedeutung

Kühlwasser, für Reinigungsschritte in der Produktion und als Lösungsmittel für Reaktionen genutzt und dient letztendlich häufig für den Abtransport von Schmutzstoffen. Die Verminderung dieser Abwassermengen und der Umgang damit stellt heute eine besondere Herausforderung dar.

Nachhaltiger Umgang mit Wasser

Der Umgang mit Wasser muss nachhaltig sein, denn wenn mehr sauberes Wasser verbraucht wird als zur Verfügung steht, werden empfindliche Gleichgewichte in der Natur gestört und der Mensch gefährdet seinen Lebensraum. In Hinblick auf die Wassergewinnung darf aus den Lagerstätten nicht mehr Wasser entnommen werden als gleichzeitig neu eingelagert werden kann. Hinsichtlich der Wasserverunreinigung sind natürliche wässrige Systeme zwar im begrenzten Maße in der Lage Verunreinigungen selbst abzubauen, aber dieser Fähigkeit sind enge Grenzen durch die Art und Menge der Verunreinigungen sowie eine eventuelle Vorschädigung des Gewässers gesetzt. Diese Selbstreinigungskraft der Gewässer darf nach Möglichkeit nicht behindert oder überlastet werden. Der somit geforderte nachhaltige Umgang mit dem Thema Wasser trifft einen Kern des Interdisziplinären Fernstudiums Umweltwissenschaften infernum.

In weiten Teilen der Erde müssen aber bereits zur Bereitstellung von ausreichenden Mengen an Trinkwasser, als unersetzbares wichtigstes Lebensmittel, alle Nutzer und Verbraucher von Wasser durch umweltgerechtes Verhalten und Schonung der Trinkwasserressourcen ihren Beitrag zur Problemlösung leisten. Dass dies nicht gelingt ist daran zu erkennen, dass nach Schätzungen von UNICEF 1,2 Mrd. Menschen mit weniger als 20 l Wasser pro Tag, dies entspricht dem von der WHO vorgeschlagenen Existenzminimum, auskommen müssen.

Deutschland zählt zu den wasserreichen Ländern der Erde, so dass der private Pro-Kopf-Verbrauch von ca. 127 Litern am Tag bislang nicht zu Engpässen in der Wasserversorgung geführt hat. Aber schon für die Länder in Mitteleuropa stellt sich trotz des ausreichenden Wasserangebots aufgrund vorliegender Wasserverunreinigungen zunehmend die Problematik zur Bereitstellung von Trinkwasser in ausreichender Qualität dar. Hierzu ist bereits heute eine ausgefeilte Technik notwendig.

Ziel dieses Lehrtextes

Dieser Lehrtext dient dazu, ein Grundwissen zum Verständnis der genannten Zusammenhänge zu vermitteln und berührt damit wie erwähnt verschiedene andere im Rahmen dieses Fernstudiums angesprochene Themen. Der Inhalt des Lehrtextes umfasst Grundlagenwissen zum Ökosystem Wasser, zum Wasserkreislauf, zur Wasseranalytik, zur Wasseraufbereitung und zu Auswirkungen von Verunreinigungen. Auch die gesetzlichen Grundlagen werden besprochen, für eine intensivere Auseinandersetzung mit rechtlichen Fragestellungen wird aber auf die entsprechenden Lehrtexte zu juristischen Themen verwiesen. Ausdrücklich ausgenommen sind Methoden der Abwasserreinigung, diese werden in einer eigenen Kurseinheit behandelt.