

2677 - 157 5

# Hydrobiologie

Ein Grundriß für Ingenieure und Naturwissenschaftler

Von Prof. Dr. rer. nat. habil.

DIETRICH UHLMANN

o. Professor für Hydrobiologie an der Technischen Universität Dresden

Dritte, überarbeitete Auflage

Mit 150 Abbildungen, 16 Tafeln und 14 Tabellen



GUSTAV FISCHER VERLAG · STUTTGART · NEW YORK · 1988

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorworte</b> . . . . .	0
<b>1. Untersuchungsobjekte der Hydrobiologie. Stoffwechselleistungen der Wasserorganismen</b>	11
<b>2. Gesetzmäßigkeiten des Wachstums von Wasserorganismen. Abhängigkeit von den Lebensbedingungen</b> . . . . .	17
<b>3. Besiedlung und Lebensbedingungen der Binnengewässer</b> . . . . .	22
3.1. Organismen und Umweltfaktoren in stehenden Gewässern . . . . .	24
3.1.1. Vorherrschende Organismengruppen in stehenden Gewässern . . . . .	25
3.1.1.1. Pflanzliche Besiedlung . . . . .	25
3.1.1.2. Tierische Besiedlung . . . . .	26
3.1.2. Schwäbevermögen und Wachstumsleistung des Phytoplanktons . . . . .	27
3.1.3. Einfluß des Lichtes auf die photosynthetische Sauerstoffproduktion . . . . .	32
3.1.4. Photosynthese von organischen Substanzen. Verlandungsprozesse . . . . .	39
3.1.5. Die Temperaturschichtung und ihr Einfluß auf die biochemischen Prozesse . . . . .	43
3.1.6. Lebensbedingungen und Stoffwechselleistungen des Zooplanktons . . . . .	49
3.1.7. Wechselwirkungen zwischen den Gliedern der „Nahrungskette“ . . . . .	52
3.2. Organismen und Umweltfaktoren in Fließgewässern . . . . .	55
3.2.1. Besiedlung der Hartböden . . . . .	59
3.2.1.1. Lebensformtypen der Pflanzen . . . . .	59
3.2.1.2. Lebensformtypen der Tiere . . . . .	60
3.2.2. Pflanzliche Besiedlung der Weichböden . . . . .	62
3.2.2.1. Direkte Wirkung auf den Abflußvorgang . . . . .	63
3.2.2.2. Sohlaufhöhung infolge verlangsamter Strömung . . . . .	63
3.2.2.3. Sohlaufhöhung durch Quelltuff . . . . .	63
3.2.2.4. Erhöhte Wasserverluste durch Verdunstung . . . . .	63
3.2.2.5. Direkte Schlammabildung durch höhere Wasserpflanzen . . . . .	64
3.2.3. Einfluß der höheren Wasserpflanzen auf die Wasserbeschaffenheit . . . . .	64
3.2.4. Möglichkeiten einer Bekämpfung höherer Wasserpflanzen in fließenden (und stehenden) Gewässern . . . . .	67
3.2.5. Die tierische Besiedlung der Weichböden . . . . .	68
3.2.6. Einfluß der Tiere auf den Stoffumsatz im Bodenschlamm . . . . .	70
3.2.6.1. Beseitigung organischer Inhaltsstoffe durch Freßtätigkeit . . . . .	70
3.2.6.2. Durchlüftung und Umwälzung des Schlammes . . . . .	70
3.2.6.3. Stabilisierung des Schlammes gegen Auftreiben bzw. Aufwirbelung . . . . .	71
3.2.7. Das Plankton der Fließgewässer . . . . .	71
<b>4. Die biologische Selbstreinigung</b> . . . . .	72
4.1. Sauerstoffverbrauch . . . . .	74
4.2. Einfluß der Temperatur auf den biochemischen Abbau im Gewässer . . . . .	78
4.2.1. Künstliche Aufheizung von Gewässern . . . . .	80
4.3. Sauerstoffeintrag aus der Atmosphäre . . . . .	80
4.4. Die Sauerstoff-Bilanzgleichung . . . . .	83
4.5. Selbstreinigungsmechanismen . . . . .	85
4.6. Einfluß wasserbaulicher Maßnahmen auf die Bioaktivität in Fließgewässern . . . . .	86
4.7. Der biologische Längsschnitt der Beschaffenheit in einem Fließgewässer. Indikator-Organismen . . . . .	87

<b>5.</b>	<b>Das Gewässer als biochemischer Reaktor. Vorhersage der Wasserbeschaffenheit</b>	99
5.1.	Künstliche Gewässer als biochemische Wasserbehandlungsanlagen	99
5.2.	Vorhersage der durch den Anstau zu erwartenden Änderung der Wasserbeschaffenheit	108
<b>6.</b>	<b>Belastbarkeit der Gewässer</b>	114
6.1.	Einteilung der Abwasser-Inhaltsstoffe nach ihren Schadwirkungen im Gewässer	114
6.2.	Abhängigkeit des Selbstreinigungspotentials vom Gewässertyp	115
6.3.	Grenzwerte des Sauerstoffgehalts	115
6.4.	Schwerabbaubare und toxische organische Abwasser-Inhaltsstoffe. Schwermetalle	116
6.5.	Anorganische Stickstoff- und Phosphorverbindungen. Eutrophierung	120
6.6.	Belastung durch Schwefelsäure	127
<b>7.</b>	<b>Das Gewässer als offenes System. Reaktion auf Störungen, „Reparatur“ geschädigter Gewässer-Ökosysteme</b>	129
7.1.	Das Gewässer als offenes System	129
7.2.	Die Reaktion des Ökosystems auf Stoßbelastungen und auf eine stufenförmige Änderung von Eingangsgrößen	133
7.3.	Bedeutung der Mikroorganismen für die Erhaltung bzw. Neueinstellung des Fließgleichgewichts	138
7.4.	Verlagerung des Gleichgewichts von Photosynthese und Abbau. Störungen des biologischen Gleichgewichts durch Invasion	141
7.5.	Einfluß hydraulischer Faktoren auf Pufferungsvermögen und Regenerierbarkeit von Gewässer-Ökosystemen	143
<b>8.</b>	<b>Die Leistungen der Organismen in Abwasserbehandlungsanlagen</b>	147
8.1.	Biochemische und mikrobiologische Grundlagen	147
8.1.1.	Sauerstoffbedarf für den biochemischen Abbau	149
8.1.2.	Elementärkomposition und Abbaubarkeit	150
8.1.3.	Die wichtigsten organischen Substrate des mikrobiellen Umsatzes in Gewässern und wasserwirtschaftlichen Anlagen	151
8.1.4.	Die für den Abbau maßgebenden Mikroorganismen. Fäkalindikatoren	155
8.1.5.	Die wichtigsten Gruppen der Enzyme	156
8.1.6.	Abbau und Energiegewinn	161
8.1.7.	Der Enzymgehalt als Kriterium für Biomasse und Bioaktivität	165
8.1.8.	Zeitlicher Verlauf der Enzymwirkung	167
8.2.	Die Beeinträchtigung der Bioaktivität durch Giftstoffe	171
8.3.	Zielfunktion der biologischen Abwasserbehandlung und -verwertung	183
8.4.	Biologie des Tropfkörpers	185
8.4.1.	Sauerstoff-Versorgung, Schichtdicke und Abbauleistung	187
8.4.2.	Verweilzeit und Abbauleistung	188
8.4.3.	Besiedlung des Tropfkörpers	190
8.5.	Biologie des Belebtschlammverfahrens	194
8.5.1.	Gewährleistung eines hohen Biomassegehaltes durch Rückführung in den Kreislauf	195
8.5.2.	Synthese und Abbau von Biomasse. Abstufungen der Belastbarkeit	198
8.5.3.	Struktur des Belebtschlammes	201
8.5.4.	Die Bedeutung von Sauerstoffeintrag und Turbulenz	203
8.5.5.	Zeitliche Konstanz der biochemischen Leistung. Temperaturabhängigkeit	205
8.5.6.	Verfahrenstechnische Varianten	207
8.5.7.	Vergleich zwischen Belebtschlamm- und Tropfkörperverfahren	207
8.5.8.	Fließbettverfahren (Wirbelschichtreaktor)	208
8.6.	Mikroorganismen in Entwässerungssystemen, Absetzbecken und Faulräumen. Anaerobe Abwasser- und Schlammbehandlung	208
8.7.	Weitergehende Abwasserbehandlung	211
8.7.1.	Chemische Phosphorelimination	212
8.7.2.	Beseitigung von Stickstoffverbindungen durch Denitrifikation	212
8.7.3.	Biologische Phosphorelimination	213
8.8.	Großräumige Verfahren der biologischen Abwasserbehandlung	213

8.8.1.	Reaktionsbecken mit freisuspenderter und festsitzender Biomasse . . . . .	213
8.8.2.	Festbett-Reaktoren . . . . .	215
<b>9.</b>	<b>Die Aktivitäten der Organismen in Wasserversorgungsanlagen . . . . .</b>	<b>216</b>
9.1.	Einfluß eines erhöhten Gehalts an gelösten organischen Substanzen auf das Wachstum von Mikroorganismen in Grundwasserleitern und Wasserwerksanlagen . . . . .	217
9.1.1.	Der biochemische Abbau in Grundwässern und Filteranlagen . . . . .	217
9.1.2.	Wachstum von heterotrophen Mikroorganismen in Rohrleitungen . . . . .	219
9.1.3.	Mikrobielle Auflösung von Rohrwandungen . . . . .	220
9.1.4.	Mikrobielle Ausfällung von Eisen in Rohrleitungen, Grundwasserleitern und Gewässern . . . . .	221
9.1.5.	Biogene Redoxumsetzungen des Eisens in Filtern und Grundwasserleitern . . . . .	222
9.1.6.	Biogene Redoxumsetzungen des Mangans . . . . .	223
9.2.	Einfluß eines erhöhten Gehaltes an organischen Partikeln bzw. an Biomasse auf die Entwicklung tierischer Organismen in Wasserwerksanlagen . . . . .	224
9.2.1.	Eintrag organischer Partikel in Grundwasserleiter . . . . .	224
9.2.2.	Biomasseproduktion in Wasserbehandlungsanlagen . . . . .	226
9.2.3.	Massenentwicklung von bewuchsfressenden Tieren in Rohrleitungen . . . . .	227
9.2.4.	Die Mitwirkung partikelfressender Tiere bei der Voraufbereitung . . . . .	227
9.2.5.	Massenentwicklung partikelfressender Tiere in Rohrleitungen . . . . .	229
9.2.6.	Krankheitserreger in Oberflächengewässern . . . . .	229
9.3.	Einfluß eines erhöhten Gehaltes an Pflanzennährstoffen auf Wassergewinnungsanlagen . . . . .	230
9.3.1.	Biomasseproduktion des Phytobenthos . . . . .	230
9.3.2.	Biomasseproduktion des Phytoplanktons . . . . .	231
9.3.2.1.	Betriebsstörungen durch Filterverstopfung . . . . .	232
9.3.2.2.	Störungen durch geruchsintensive Substanzen . . . . .	233
9.3.2.3.	Störung der Flockung . . . . .	234
9.3.2.4.	Anhäufung von Substanzen, welche die Korrosion oder Krustenbildung im Rohrnetz fördern. . . . .	234
9.3.2.5.	Entwicklung gesundheitsschädlicher Organismen . . . . .	234
9.3.2.6.	Verhinderung einer Massenentwicklung des Phytoplanktons durch vorausschauende Planung . . . . .	235
9.3.2.7.	Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserbeschaffenheit in bereits eutrophierten Gewässern . . . . .	237
<b>Tafelteil</b>	. . . . .	<b>243</b>
<b>10.</b>	<b>Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>272</b>
<b>11.</b>	<b>Register . . . . .</b>	<b>284</b>