

TECHNISCHE HOCHSCHULE DARMSTADT
INSTITUT FÜR WASSERVERSORGUNG,
ABWASSERBESEITIGUNG UND RAUMPLANUNG
6100 DARMSTADT, PETERSENSTRASSE 13

W. A. R. — Bibliothek

Inv.-Nr. D 8783

04.3 REI

Einführung in die Methoden der Gewässermikrobiologie

Von
WOLFGANG REICHARDT

33 Abbildungen und 27 Tabellen



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · New York
1978

Inhalt

1.	Einleitung	1
2.	Technische Voraussetzungen	5
2.1	Der mikrobiologische Arbeitsplatz	5
2.2	Labormaterial	5
2.3	Kulturmedien	7
2.4	Kontaminationsfreies Arbeiten	8
2.5	Fehlerquellen und Anmerkungen zur statistischen Bewertung von Analyseergebnissen	11
3.	Probenentnahme aus aquatischen Biotopen	17
3.1	Allgemeines	17
3.2	Limnische und marine Freiwasserbiotope (Pelagial)	18
3.3	Sediment-Grenzschichten	25
3.4	Gewässeroberfläche	29
3.5	Fließgewässer	30
3.6	Begleitmikroflora von Tieren und Pflanzen	31
4.–8.	Biomasse und Struktur der Mikroflora	36
4.	Direkte Zählverfahren	38
4.1	Herkömmliche durchlichtmikroskopische Methoden	38
4.1.1	Methoden ohne Konzentrierungsschritte	38
4.1.2	Methoden mit Konzentrierungsschritten	42
4.2	Aufwuchsuntersuchungen	46
4.2.1	Aufwuchs auf ebenen Glasflächen	47
4.2.2	Weitere Aufwuchssubstrate	48
4.2.3	Mikrokapillartechnik	49
4.3	Induktive mikroskopische Methoden	51
4.3.1	Fluoreszenzmikroskopie	51
4.3.2	Mikroautoradiographie	54
4.4	Elektronenmikroskopische Methoden	55
4.4.1	Transmissionselektronenmikroskopie	55
4.4.2	Rasterelektronenmikroskopie	56
4.5	Automatisierte Zähltechnik	59
4.5.1	Elektronische Zählbildauswertung	59
4.5.2	Elektronische Teilchenzählung mit dem Coulter Counter	60
5.	Indirekte Zählverfahren (Kolonienzählung)	71
5.1	Probenaufbereitung	72
5.2	Nährbodengele	74
5.3	Beimpfung	76
5.4	Auswertung von Makrokolonien	79
5.5	Auswertung von Mikrokolonien	82

6.	Analogwerte für Organismendichte und Biomasse	90
6.1	Induzierte Analogwerte (Kulturverfahren)	90
6.1.1	MPN im Extinktionsverdünnungstest	90
6.1.2	Substratumsatz	95
6.2	Photometrische Direktbestimmungen	96
6.2.1	Turbidometrie und Nephelometrie	97
6.2.2	Photometrische Pigmentanalysen	98
6.3	Chemische Bestimmungen weiterer Zellinhaltsstoffe	102
6.3.1	Globale chemische Analogwerte	102
6.3.2	Mikroanalyse einzelner Substanzen	102
7.	Mikrobielle Biomasse als Grundgröße	111
7.1	Gravimetrische Bestimmungen	112
7.2	Ableitung der Biomasse aus errechneten Zellvolumina	112
8.	Nachweis taxonomischer Gruppen	116
8.1	Selektive Anreicherungsverfahren zum Nachweis taxonomischer Gruppen	116
8.1.1	µ-Algen	118
8.1.2	Pilze	119
8.1.3	Hefen	120
8.1.4	Cyanobacteria	121
8.1.5	Gleitende Bakterien	121
8.1.6	Chlamydobakterien	122
8.1.7	Actinomycetales	123
8.1.8	Rhodospirillales	124
8.1.9	Spirochaetales	126
8.1.10	Prosthekate und knospende Bakterien	127
8.1.11	Einzellige Eisenbakterien	128
8.1.12	Chemoautotrophe Bakterien (Nitrobacteraceae und Thiobacilli)	128
8.1.13	«Zymogene Eubakterien» (allgemein)	130
8.1.14	Testbeschreibungen zur Differenzierung «zymogener Eubakterien»	137
9.–11.	Bioaktivität der Mikroflora	
9.	Ökophysiologische Prokaryonten-Gruppen – Anreicherung und Messung des Stoffumsatzes	159
9.1	Allgemeines	159
9.1.1	Vorbemerkungen	159
9.1.2	Weitere Hinweise zur Anreicherungstechnik	160
9.2	Anreicherungsmedien zur Isolierung, Bestimmung der Populationsdichte und des Netto-Stoffumsatzes ausgewählter ökophysiologischer Prokaryonten-Gruppen	162
9.2.1	Kohlenstoffkreislauf (1): Nährböden für eine maximale Ausbeute an chemoorganoheterotrophen Bakterien	162
9.2.2	Kohlenstoffkreislauf (2): Abbau wichtiger Kohlenstoff-Reserven	164
9.2.3	Stickstoffkreislauf	169

9.2.4	Schwefelkreislauf	173
9.2.5	Kreisläufe weiterer Bioelemente: P, Fe und Mn	175
10.	Ausgewählte Stoffwechselaktivitäten	184
10.1	Vorbemerkungen	184
10.2	Assimilation im Kohlenstoff-Kreislauf: Produktion mikrobieller Biomasse	185
10.2.1	Allgemeines	185
10.2.2	Messung der $^{14}\text{CO}_2$ -Fixierung	187
10.2.3	Hauptwege der mikrobiellen CO_2 -Fixierung	188
10.2.4	Assimilation ^{14}C -markierter organischer Verbindungen	189
10.2.5	Photosynthetische Sauerstoffproduktion	190
10.3	Dissimilation im C-Kreislauf: Abbau organischer Substanz	191
10.3.1	Intermediäre Dekomposition	192
10.3.2	CO_2 als Endprodukt der Mineralisierung	192
10.3.3	Umsatz respiratorischer Elektronenacceptoren	193
10.4	Anabolische und katabolische Stoffwechselaktivitäten in den Stoffkreisläufen weiterer Bioelemente (N, S, P)	198
10.4.1	Stickstoff-Umsatz	198
10.4.2	Schwefel-Umsatz	200
10.4.3	Phosphor-Umsatz	201
11.	Kinetik	212
11.1	Einfache reaktionskinetische Modelle	212
11.2	Kinetik der mikrobiellen Substrataufnahme	215
11.3	Kinetik des Wachstums	218
11.3.1	Das Chemostatenprinzip	218
11.3.2	Ökophysiologische Versuche	219
11.4	Enzymatische Analysen und mikrobiologische «Bioassays»	222
11.4.1	Enzymaktivitäten als Meßgröße	222
11.4.2	Kinetik der Substrataufnahme als Meßgröße	222
11.4.3	Populationswachstum als Meßgröße	222
12.	Gütekriterien, Wasserhygiene	229
12.1	Krankheitserregende Bakterien im Gewässer	229
12.2	Bakterien mit Indikatorfunktion	230
12.3	Bakterielle Keimlast («Koloniezahl»)	235
12.4	Virologische Untersuchungen	235
Anhang		241