

HEFT **14**

# FORTSCHRITTE DER WASSERCHEMIE

UND IHRER GRENZGEBIETE

---

Herausgegeben

im Auftrage der Chemischen Gesellschaft

in der Deutschen Demokratischen Republik

von J. KAEDING

Mit 69 Abbildungen und 40 Tabellen



AKADEMIE-VERLAG · BERLIN

1 9 7 2

Erschienen im Akademie-Verlag GmbH, 108 Berlin, Leipziger Straße 3–4  
Copyright 1972 by Akademie-Verlag GmbH, Berlin  
Lizenznummer: 202 · 100/478/72  
Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas Müntzer“, 582 Bad Langensalza  
Bestellnummer: 2123/14  
EDV-Nr.: 761 516 8  
49,—

	<i>I. Originalarbeiten und Fortschrittsberichte</i>	
Zur Einführung . . . . .		9
KAEDING, J.,		
UHLMANN, D.:	Stand und Entwicklungsrichtungen der Wasseranalytik . . . . .	11
LEGLER, CH.:	Methoden der Sauerstoffbestimmung und ihre Bewertung . . . . .	27
VOGLER, P.:	Die getrennte quantitative Bestimmung von gelösten organischen Verbindungen der Orthophosphorsäure („COP-Phosphaten“) und gelösten kondensierten Phosphaten („POP-Phosphaten“) . . . . .	41
QUENTIN, K.-E.:	Aktuelle Spurenstoffprobleme in der Gewässerforschung . . . . .	43
VOBACH, V.:	Probleme und Methoden der organisch-chemischen Wasseranalyse . . . . .	55
SEME NOV, A.:	Organische Substanzen in Oberflächengewässern der UdSSR — Methoden und einige Untersuchungsergebnisse . . . . .	57
BOLBERITZ, K.:	Wasseruntersuchungen mit der CCE (Kohle-Chloroform-Extrakt)-Methode . . . . .	59
CZECZUGA, B.:	Bestimmung von durch photosynthetische Bakterienaktivität entstandenen organischen Substanzen . . . . .	61
PALUCH, J.,		
STANGRET, S.:	Aminosäuren in Oberflächengewässern und einige Probleme ihrer analytischen Bestimmung . . . . .	67
BRETHAEUR, R.:	Quantitative Bestimmung des Aminosäuregehaltes in fallaubreichen Gewässern . . . . .	81
PALUCH, J.,		
STANGRET, S.:	Die gaschromatographische Bestimmung einiger Ligninverbindungen in Oberflächengewässern . . . . .	89
JEHRING, H.,		
HORN, E.:	Empfindliches automatisches elektrochemisches Analysenverfahren für die Bestimmung grenzflächenaktiver Stoffe . . . . .	101
MÜLLER, G.:	Ungewöhnlich hohe Strontium/Calcium-Verhältnisse im Wasser des Bodensees und des Alpenrheines, ihre Herkunft und ihre Rolle bei der Carbonat-Sedimentation im Bodensee . . . . .	103
VENTZ, D.:	Die Einzugsgebietsgröße — ein Geofaktor für den Trophiezustand stehender Gewässer . . . . .	105
PROCHÁZKOVÁ, L.:	Beziehungen einiger abiotischer Faktoren zur Stickstoff- und Phosphorkonzentration in Talsperrenwässern . . . . .	119
MÜLLER, G.:	Die Veränderung des Chemismus von Interstitiallösungen limnischer Sedimente im frühen Stadium der Diagenese . . . . .	125
KLÖCKING, R.:	Stabile Naturstoffe in Gewässern . . . . .	127
WITTHAUER, J.:	Zur Frage der Stickstoffbindung in Huminsäuren . . . . .	137
SCHAU, H.-P.:	Der Einfluß von Humaten auf Keimung und Thermoresistenz von Bazillensporen . . . . .	145
NOELLER, J.,		
KLÖCKING, R.:	Testung der antimikrobiellen Wirkung von Humaten . . . . .	147

HEINISCH, E.:	Zur Kontamination von Gewässern mit Biociden . . . . .	151
TSCHAU-SCHLÜTER, M.:	Zur Bestimmung der akuten Toxizität von Herbiziden gegenüber Phytoplankton . . . . .	159
ROTHSCHEIN, J.:	Probleme der Bestimmung der höchstzulässigen Konzentration von Giftstoffen . . . . .	169
NEHRKORN, A., WOJCINSKI, M.:	Querschnittsuntersuchungen über die Empfindlichkeit von Mikro- organismen aus biologischen Kläranlagen gegenüber einigen Abwassergiften . . . . .	171
WRÓBEL, S.:	Über den Einfluß von Schwefeldioxid auf Wasserorganismen . . .	181
OERTZEN, J.-A. v., SCHLUNGBAUM, G.:	Experimentell-ökologische Untersuchungen über Sauerstoffman- gel und Schwefelwasserstoffresistenz an marinen Evertebraten der westlichen Ostsee . . . . .	187
KLÖCKING, H.-P., RICHTER, M.:	Toxikologische Untersuchungen über die Schädlichkeit von Metha- nol im Trinkwasser . . . . .	189
KNÖPP, H.:	Stoffwecheldynamische Untersuchungen an großen Fließgewässern — Methoden und Ergebnisse . . . . .	195
ZIEMANN, H.:	Die Wirkung des Salzgehaltes auf die Diatomeenflora als Grund- lage einer biologischen Analyse und Klassifikation der Binnen- gewässer . . . . .	203
TÜMLING, W. v.:	Ein manometrisches Verfahren zur Bestimmung der autotrophen Bioaktivität . . . . .	205
BOMBÓWNA, M.:	Chlorophyllgehalt der Aufwuchsalgen als Anzeiger der Bioaktivität des Flusses . . . . .	215
MAGOSZ, S., PALUCH, J., SZULICKA, J.:	Untersuchungen über den Phosphorgehalt in Oberflächengewässern und seinen Einfluß auf Mikroorganismen . . . . .	221
BERNHARDT, H.:	Maßnahmen zur Begrenzung der Eutrophierung in der Wahn- bachtalsprere . . . . .	229
VÁMOS, R., TASNÁDI, R.:	Faktoren des durch Schwefelwasserstoff und Ammoniak bedingte Fischsterben . . . . .	235
MÜLLER, W.:	Düngungsprobleme bei hochintensiver Karpfenteichwirtschaft . .	241
	<i>II. Buchbesprechungen</i>	
	— Limnologica 7 (1969) Heft 1 — . . . . .	251
	— RÜFFER, H.: Bemerkungen zur Problematik des Begriffes OC/Load	253
	— KNOLLMANN, R.: Die biologische Abwasserreinigung in Versuch, Entwurf und Betrieb — . . . . .	253
	— Technisch-wirtschaftliche Betrachtungen zum Thema Abwasser- reinigung und Gewässerschutz — . . . . .	254
	— Reinhaltung von Oberflächenwasser zu Trinkwasserzwecken und Aufbereitung von Flußwasser zu Trinkwasser — . . . . .	254
	— HELD, H.-D.: Kühlwasser . . . . .	255

*I. Original Papers and Progress Reports*

Introduction . . . . .	9
KAEDING, J.,	
UHLMANN, D.:	Situation and Trends in the Water Analysis . . . . . 11
LEGLER, CH.:	Methods of Determining the Dissolved Oxygen and their Assessment . . . . . 27
VOGLER, P.:	The Separate Quantitative Determination of Dissolved Orthophosphoric Esters („COP-Phosphates“) and of Dissolved Condensed Phosphates („POP-Phosphates“). . . . . 41
QUENTIN, K.-E.:	Current Problems of the Trace Elements in Water Research . . . . 43
VOBACH, V.:	Problems and Methods of Organochemical Water Analysis . . . . 55
SEMENOV, A.:	Organic Matter in Surface Waters of the USSR — Methods and some Results of Investigation . . . . . 57
BOLBERITZ, K.:	Examination of Water with the CCE (Carbon-Chloroform-Extract)-Method . . . . . 59
CZECZUGA, B.:	Determination of Organic Substances Originating in the Photosynthetic Activity of Bacteria . . . . . 61
PALUCH, J.,	
STANGRET, S.:	Amino Acids in Surface Waters and some Problems of their Analytic Determination . . . . . 67
BRETTAUER, R.:	Quantitative Determination of the Amino Acid Content in Forest Waters Rich in Fallen Leaf . . . . . 81
PALUCH, J.,	
STANGRET, S.:	The Gas-Chromatographical Determination of some Lignin Compounds in Surface Waters . . . . . 89
JEHRING, H.,	
HORN, E.:	A Sensitive Automatic Electrochemical Method for the Analytical Determination of Interface-Active Agents . . . . . 101
MÜLLER, G.:	Unusual High Strontium/Calcium-Relations in the Water of the Lake of Constance and of the Rhine of the Alps, their Origin and their Role in the Sedimentation of Carbonates in the Lake of Constance . . . . . 103
VENTZ, D.:	The Size of the Catchment Area—a Geographical Factor for the Trophic Condition of Stagnant Waters . . . . . 105
PROCHÁZKOVÁ, L.:	Some Abiotic Factors in relation to the Nitrogen and Phosphorus Concentration of River Reservoir Water . . . . . 119
MÜLLER, G.:	The Change of the Chemical Composition of Interstitial Solutions of Limnic Sediments in the Early Stage of the Diagenesis . . . . 125
KLÖCKING, R.:	Stable Organic Compounds in Water . . . . . 127
WITTHAUER, J.:	The Nitrogen Bond in Humic Acids . . . . . 137
SCHAU, H.-P.:	The Influence of Humates on Germination and Heat Resistance of Spores of Bacilli. . . . . 145

NOELLER, I.		
KLÖCKING, R.:	The Testing of the Antimicrobial Effect of Humic Acid . . . . .	147
HEINISCH, E.:	Biocide Contamination of Waters . . . . .	151
TSCHEU-SCHLÜTER, M.:	On the Determination of the Acute Toxicity of Herbicides to Phytoplankton . . . . .	159
ROTSCHNEIN, J.:	Problems of Determining of the Maximum Permissible Concen- tration of Poisonous Matters . . . . .	169
NEHRKORN, A., WOJCINSKI, M.:	Cross Sectional Investigations of the Sensibility of Microorganisms from Biological Clarification Plants to some Poisons of Waste- water . . . . .	171
WRÓBEL, S.:	About the Influence of Sulphur-Dioxide on Aquatic Organisms .	181
OERTZEN, J.-A., SCHLUNGBAUM, G.:	Experimental-Ecological Investigations of the Oxygen Deficiency and the Hydrogen Sulphide Resistance in Marine Evertebrates in the West of the Baltic Sea . . . . .	187
KLÖCKING, H.-P., RICHTER, M.:	Toxicological Studies of the Harmfulness of Methanol-Containing Drinking-Water . . . . .	189
KNÖPP, H.:	Investigations into the Dynamics of Metabolism in Large Streams— Methods and Results . . . . .	195
ZIEMANN, H.:	The Effect of the Salt Content upon the Diatomaceae Flora as a Basis of a Biological Analysis and Classification of Inland Waters	203
TÜMPLING, W. v.:	A Manometric Method for Determining the Autotrophic Bio- activity . . . . .	205
BOMBÓWNA, M.:	The Chlorophyll Content of the Algae Overgrowth as Indicator of the Bioactivity of Rivers . . . . .	215
MAGOSZ, S., PALUCH, J., SZULICKA, J.:	Investigations of the Phosphorus Content in Surface Waters and its Influence on Microorganisms . . . . .	221
BERNHARDT, H.:	Measures for Limiting the Eutrophication of the Wahnbach Re- servoir . . . . .	229
VÁMOS, R., TASNÁDI, R.:	Factors of Fish Mortality Caused by Ammonia and Hydrogen Sul- phide . . . . .	235
MÜLLER, W.:	Problems of Fertilizing in the Management of High Intensive Carp Ponds . . . . .	241

*II. Book Reviews*

— <i>Limnologica</i> 7 (1969) No. 1 — . . . . .	251
H. RÜFFER: Remarks on the Problem of the Term OC/Load — . . .	253
R. KNOLLMANN: The Biological Wastewater Purification in Test, Design and Operation — . . . . .	253
— Technical and Economical Considerations of Wastewater Puri- fication and Pollution Control . . . . .	254
— Surface Water Protection for Drinking Water Purposes and Drinking-Water Conditioning of River Water . . . . .	254
H.-D. HELD: Cooling Water — . . . . .	255

## I. Оригинальные сообщения

К введению . . . . .	9
Й. Кэдинг, Д. Ульманн:	Уровень знаний и направления развития аналитики вод
Х. Леглер:	Методы определения кислорода и их оценка. . . . .
П. Фоглер:	Раздельное количественное определение растворённых органических соединений ортофосфорной кислоты (,,СОР“-фосфатов) и растворённых конденсированных фосфатов (,,РОР“-фосфатов). . . . .
К.-Е. Квентин:	Актуальные проблемы вопроса микроэлементов при исследовании вод. . . . .
В. Фобах:	Проблемы и методы органическо-химического анализа вод. . . . .
А. Семенов:	Органические вещества в поверхностных водах СССР — методы и некоторые результаты исследований. . . . .
К. Больберитц:	Исследования вод при помощи метода УХЭ (уголь-хлороформ — экстракт). . . . .
Б. Чечуга:	Определение органических веществ, возникших путём фотосинтетической активности бактерий. . . . .
Й. Палух, С. Стангрет:	Аминокислоты в поверхностных водах и некоторые проблемы их аналитического определения. . . . .
Р. Бреттхауер:	Количественное определение содержания аминокислот в водах, содержащих много отпавших листьев . . . . .
Й. Палух, С. Стангрет:	Определение некоторых лигниновых соединений в поверхностных водах при помощи газовой хроматографии
Х. Йеринг, Е. Хорн:	Чувствительный автоматический электрохимический аналитический способ для определения поверхностно-активных веществ. . . . .
Г. Мюллер:	Необыкновенно высокие стронций:кальций-отношения в водах Боденского озера и альпийского Рейна, их происхождение и роль при седиментации карбоната в Боденском озере. . . . .
Д. Вентц:	Водосборная величина — геофактор для трофийного состояния стоячих вод. . . . .
Л. Прохазкова:	Отношение некоторых абиотических факторов к концентрациям азота и фосфора в водаохранилищах. . . . .
Г. Мюллер:	Изменение химизма интерстициальных растворов озёрных осадков в ранней стадии диагенеза. . . . .
Р. Клёккинг:	Стабильные природные вещества в водах. . . . .
Й. Виттхауер:	К вопросу связи азота в гуминовых кислотах. . . . .
Х. П. Шау:	Влияние, гуматов на прорастание и термосопротивляемость бацилловых спор. . . . .

И. Нёллер,		
Р. Клёккинг:	Испытание антимикробного воздействия гуматов.	147
Е. Хейниш:	К контаминации вод биоцидами. . . . .	151
М. Чой-		
Шлютер:	Определение острой токсичности гербицидов на фитопланктон. . . . .	159
Й. Ротшейн:	Проблемы определения предельно допустимой концентрации ядовитых веществ. . . . .	169
А. Неркорн,		
М. Войцински:	Поперечные исследования о чувствительности микроорганизмов из биологических отстойников к некоторым ядам сточных вод. . . . .	171
С. Врубель:	О влиянии двуокиси серы на водяные организмы. . .	181
Й.-А. фон		
Эртцен,		
Г. Шлунгбаум:	Экспериментально-экологические исследования о недостатке кислорода и сероводородной сопротивляемости у морских эвтербратов западной части Балтийского моря. . . . .	187
Х.-П. Клёк-		
кинг, М. Рих-		
тер:	Токсикологические изучения о вредности метанола в питьевой воде. . . . .	189
Х. Кнёпп:	Исследования о динамике обмена веществ на больших проточных водах —методы и результаты. . . . .	195
Х. Циманн:	Действие сордержания соли на флору диатомей как основа биологического анализа и классификации внутренних вод. . . . .	203
В. фон Тюм-		
плинг:	Манометрический способ для определения автотрофной биоактивности. . . . .	205
М. Бомбуовна:	Содержание хлорофилла вырастающих водорослей как показатель биоактивности реки. . . . .	215
С. Магош,		
Й. Палух,		
Й. Шулицка:	Исследования о содержании фосфора в поверхностных водах и его влиянии на микроорганизмы. . . . .	221
Х. Бернхардт:	Мероприятия для ограничения эвтрофных явлений в Ванбахском водохранилище. . . . .	229
Р. Вамош,		
Р. Ташнади:	Факторы умираний рыб, вызванных аммиаком и сероводородом, в прудах. . . . .	235
В. Мюллер:	Проблемы удобрения при высокоинтенсивном хозяйстве прудов для разведения карпов. . . . .	241
<i>II. Рецензии на книги</i>		
Лимнологика, 7,	(1969) № I . . . . .	251
Х. Рюффер:	Замечание к проблематике понятия ОС лод . . . . .	253
Р. Кнолль-		
манн:	Биологическая очистка сточных вод в опыте, проекте и эксплуатации. . . . .	253
Х.-Д. Хельд:	Охлаждающая вода. . . . .	255

## Zur Einführung

Vom 27. bis 30. April 1970 fand in Reinhardsbrunn – Thüringen – ein internationales Symposium „Wasserinhaltsstoffe – ihre Analyse und ihre Wirkung auf Wasserorganismen“ statt. Das Symposium wurde von der BIOLOGISCHEN GESELLSCHAFT IN DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK – Arbeitsgruppe Hydrobiologie und der CHEMISCHEN GESELLSCHAFT IN DER DEUTSCHEN DEMOKRATISCHEN REPUBLIK – Fachverband Wasserchemie veranstaltet. Das vorliegende Heft enthält die Vorträge dieses Symposiums. Berücksichtigung gefunden haben die Manuskripte, die bis zum 1. Juli 1970 bei der Redaktion eingegangen waren. Einige Referate können daher nur in Kurzform mitgeteilt werden. Vorgesehen ist, die nachträglich eingegangenen Manuskripte sowie weitere Arbeiten zur Thematik des Symposiums im folgenden Heft dieser Schriftenreihe zu veröffentlichen.



## I. ORIGINALARBEITEN UND FORTSCHRITTSBERICHTE

J. KAEDING und D. UHLMANN

Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen, Dresden

### Stand und Entwicklungsrichtungen der Wasseranalytik

I. Chemische Analytik S. 12

II. Wirkungen von gelösten Inhaltsstoffen auf Wasserorganismen S. 16

*Zusammenfassung:* Erläutert werden die Problematik der Erfassung von Wasserinhaltsstoffen und die Ermittlung ihrer Auswirkungen. Die Bedeutung der Wasseranalytik wird weiter zunehmen, wobei besonderes Augenmerk auf die Verbesserung und Erweiterung der Standardmethoden, die Bestimmung von Spurenstoffen sowie die Mechanisierung und Automatisierung unter Einbeziehung der Datenverarbeitung zu legen ist. Weiter ist eine systematische Testung aller Wasserschadstoffe anzustreben. Für den Routinebetrieb sollte die Auswahl der anzuwendenden Analysenmethoden nach ökonomischen Gesichtspunkten erfolgen. Die Analytik hat entscheidenden Anteil beim Übergang von der vergleichend beschreibenden Betrachtungsweise zur Aufzeigung der Kausalzusammenhänge der Wasser-gütwirtschaft.

Die Aussagekraft biologischer Tests, die Wirkung von Wasserinhaltsstoffen auf Ökosysteme, Möglichkeiten und Grenzen des Standversuchs, Erfassung toxischer Einflüsse, Messung von Stoffwechselgrößen, Erfassung der Biomasse, geochemische Einflußgrößen, Erfassung gelöster organischer Substanzen sowie mathematische Modellierungen sind weitere in der Arbeit behandelte Gesichtspunkte. Die analytische Arbeit ist somit ein sehr komplexes Aufgabengebiet ein Umstand, der bei der Aufzeigung optimaler Lösungen ausreichende Berücksichtigung erfahren muß.

*Summary:* The problem of detecting substances contained in the water and the ascertainment of their effects are explained. The importance of water analysis will continue increasing the improvement and development of standard methods, the determination of trace matter, the mechanization and automation, including data processing, being essential. Further a systematical test of noxious matter in water should be aspired to. For routine work the selection of analytical methods should take place by economical aspects. The analytical chemistry has a decisive share in the transition from the comparing and describing approach to the demonstration of causal relationships on the water quality economy.

The validity of bioassays, the effect of matter containing in ecosystems, possibilities and limitations of batch experiments, estimation of toxic influences and of metabolism, estimation of biomass, geochemical influences, assessment of dissolved organic matter and mathematical modelling are further aspects of this contribution. Thus analytical work is a very complex field, a fact has to get sufficient consideration for the demonstration of optimum solutions.

*Резюме:* Объясняется проблематика определения веществ, содержащихся в воде, и определение их воздействий. Значение аналитики воды дальше будет увеличиваться, причём следует обратить особое внимание на улучшение и расширение стандартных методов, на определение микровеществ, а также на механизацию и автоматизацию при включении обработки данных. Дальше надо стремиться к систематическому испытанию всех вредных веществ, содержащихся в воде. Выбор применяемых методов анализа для ежедневных работ должен последовать под экономическими точками зрения. Аналитика решительно участвует в переходе от сравнительно-описательного образа рассмотрения к указанию каузальных связей качества воды.

Dальнейшими точками зрения являются показание биологических испытаний, действие веществ, содержащихся в воде, на экосистемы, возможности и пределы опытных установок, охват токсических влияний, измерения величин обмена веществ, охват биомассы, геохимические факторы влияния, охват общей органической субстанции, а также математические моделирования. Таким образом аналитическая работа очень комплексная область задач, обстоятельство, которое достаточно приходится учитывать при указании оптимальных решений.

Das Gebiet der analytischen Chemie hat in den letzten Jahren bedeutend an Umfang zugenommen, und es gibt wohl kaum einen Analytiker, der das gesamte Gebiet noch vollkommen überschauen kann.

In diesem einleitenden Referat sollen deshalb nur einige Gedanken zur analytischen Arbeit geäußert werden.

### *I. Chemische Analytik*

Die Schwierigkeiten in der chemischen Wasseranalytik sind trotz großer Bemühungen und vielfältiger unermüdlicher Arbeiten und trotz Einsatzes modernster Verfahren in den letzten Jahren nicht verringert worden, sondern sie haben sich durch die immer kompliziertere Wassersituation verstärkt. Nach wie vor ist die Wasseranalytik gegenüber anderen Gebieten der Analytik dadurch erschwert, daß jedes zu untersuchende Wasser neue Probleme aufwerfen kann und Bezugsgewässer — abgesehen von selbst hergestellten Modellwässern, dies sind dann aber im allgemeinen keine natürlichen Wässer — zum Vergleich und zur Überprüfung von Befunden nicht zur Verfügung stehen.

Der Analytiker erhält nur selten exakte Angaben, wie empfindlich seine Reaktionen sein müssen. Die Erfahrung lehrt, daß wiederholt Bestimmungsmethoden den Wünschen und Anforderungen nicht mehr gerecht werden und durch neue, noch empfindlichere Methoden ersetzt werden müssen. Ferner ist zu berücksichtigen, daß in der Vergangenheit der analytischen Arbeit im Wasserfach nicht immer die erforderliche Aufmerksamkeit gewidmet wurde. Der Analytiker interpretiert die Stoffe, und vielfach hat man sich mit dieser Interpretation, im allgemeinen durch die Angabe der Konzentration, begnügt. Der analytischen Arbeit wurde wiederholt nur eine Bedienungsfunktion zuerkannt, denn technologische Lösungen der Wasser- und Abwasserbehandlung sowie die Gewässerüberwachung standen im Vordergrund, außerdem wurden häufig bei Beurteilungen der Wasserbeschaffenheit die Grenzen und Möglichkeiten der analytischen Arbeit nicht oder falsch eingeschätzt.

Heute wird in allen volkswirtschaftlichen Bereichen über Systemlösungen, möglichst automatisierte, sich selbst regelnde Systeme, gesprochen. Kürzlich wurde von namhaften, nicht der Wasserwirtschaft zugehörigen Wissenschaftlern eine Prognose „Träume ins Jahr 2000“ veröffentlicht, in der es heißt: „Industrieabwässer werden den Flüssen nicht mehr zugeleitet, da die meisten Verfahren mit inneren Wasserkreisläufen versehen sind. Abfallwasser wird verdampft und Rückstände davon wieder verwertet. Unsere Flüsse enthalten dann bis zur Mündung trinkbares Wasser.“

Vom Standpunkt der Wasseranalytik gilt es nicht nur, bei der Schaffung von Grundlagen für Wasserbewirtschaftungs- und Wasserbehandlungssysteme mitzuwirken, sondern die Aufgaben müssen unter einem wesentlich größerem Aspekt, dem der technischen Beherrschung des Territoriums gesehen werden. Der Wasseranalytiker ist der erste, der sich mit den positiven und negativen Auswirkungen der Chemisierung auf einen lebensnotwendigen Stoff zu befassen hat, denn viele Produkte unserer Industriegesellschaft gelangen in veränderter oder unveränderter Form in das Wasser und unterliegen in ihm Veränderungen. Weiterhin sind die zahlreichen natürlichen Wasserinhaltsstoffe intensiver als bisher zu betrachten (QUENTIN). Seine Arbeitsergebnisse kann der Wasseranalytiker nur selbst kritisch einschätzen, er darf die Beurteilung seiner Befunde nicht anderen überlassen.

Bei dieser Forderung ist davon auszugehen, daß das Wasser, wie es einmal gesagt wurde, die komplizierteste aller Flüssigkeiten ist. Hierbei sei nicht nur an die neun in natürlichen Wässern vorkommenden Wasserarten auf Grund der stabilen Wasserstoff- und Sauerstoffisotope, an die anomalen physikalisch-chemischen Eigenschaften im Vergleich zu ähnlichen chemischen Verbindungen, an die cluster-Bildung oder an das kürzlich entdeckte noch rätselhafte Polywasser gedacht. Entscheidend ist die räumliche und zeitliche Varianz der Art und Konzentration der Inhaltsstoffe sowie die starke Abhängigkeit der chemischen und biochemischen Umsetzungen im Wasser von äußeren Faktoren. Somit hat der Wasseranalytiker eine sehr komplizierte Ausgangsbasis zu bewältigen, und zur umfassenden Charakterisierung der verschiedenen Wässer sind physikalische, chemische und biologische — einschließlich hygienischer und toxikologischer — Untersuchungen notwendig.

Statt qualitativer und quantitativer Einzelbestimmungen werden häufig Summenbestimmungen durchgeführt. Somit wird die Frage nach der Art und Struktur der Stoffe häufig nicht beantwortet. Diesem gleichermaßen notwendigen und gleichberechtigtem Arbeitsgebiet der Analytik wurde in der Vergangenheit viel zu wenig Beachtung geschenkt. Wie können die Vorgänge der Selbstreinigung oder die technologischen Verfahren richtig beurteilt bzw. effektiver gestaltet werden, wenn das System weitgehend als black-box-Modell betrachtet und die Endprodukte der Reaktionen und der Reaktionsmechanismus nicht ausreichend charakterisiert werden? Notwendig ist, von der vergleichend beschreibenden Forschung zur komplexen Kausalanalyse überzugehen.

Die jetzt häufig durchgeführten mathematischen Modellierungen zur Überbrückung von Raum- und Zeitvarianten der Inhaltsstoffe unter Verringerung des analytischen Aufwandes stellen Teillösungen dar. Sie lassen Änderungen im offenen System Gewässer nur innerhalb der Modellgrenzen, unter der Voraussetzung, daß sich die Gesamtsituation nicht ändert, zu.

Wenn auf Modellierungen hingewiesen wird, die auf mathematischen Methoden beruhen, ist zu vermerken, daß in der Chemie und Biologie experimentelle Beobachtungen und mathematische Interpretation sich anpassen und durchdringen müssen, um zu Vorhersagen zu gelangen. Für komplexe Lösungen, wie sie im Wasserfach benötigt werden, wird es auch in absehbarer Zeit keine exakten mathematischen Methoden geben. Wir müssen uns mit Näherungslösungen

begnügen, die jedoch ständig zu verbessern sind. Das schließt nicht aus, daß in absehbarer Zeit neue Qualitäten durch mathematische Betrachtungen gefunden werden können, z. B. die Möglichkeit der Vorhersage bestimmter Reaktionen. Erste Ansätze sind vorhanden, solche Fragen mit Hilfe der Graphentheorie unter Einsparung an analytischer Arbeit zu lösen.

In den nächsten Jahren muß die immer bessere Zurverfügungstellung stoffwirtschaftlicher Basisdaten die Hauptaufgabe der Wasseranalytik sein. Bei der analytischen Arbeit ist weiter zu berücksichtigen, daß die meisten Aussagen der Chemie nur mit Vorbehalten verallgemeinert werden können, dies gilt ganz besonders für die Wasserchemie. Bei der Durchführung der Analyse eines Wassers muß das Ziel, für welchen Zweck die Analyse benötigt wird, bekannt sein.

Ein ideales Analysenverfahren soll selektiv, empfindlich, genau und ohne großen apparativen Aufwand schnell durchführbar sein. Hinzu kommt die Erfassung eines großen Konzentrationsumfanges. Diese Forderungen können nicht immer leicht in Übereinstimmung gebracht werden. Die Analytiker wissen, welche Schwierigkeiten hierbei zu meistern sind, zumal wenn unbekannt ist, welche Stoffe im Wasser enthalten sind. Besondere Bedeutung hat dabei die Problematik der Probenahme, Konservierung und Aufbewahrung, deren Zuverlässigkeit bereits entscheidet, ob der heute im allgemeinen ziemlich groß gewordene analytisch-meßtechnische Aufwand gerechtfertigt ist.

Die praktische analytische Tätigkeit begrenzt sich bekanntlich keinesfalls auf nur rein chemische Methoden. Im zunehmenden Maß ist die gegenwärtige Entwicklung auf diesem Gebiet durch die Anforderung gekennzeichnet, chemische Probleme mit physikalischen Meßverfahren zu lösen. In dem allmählichen Überwiegen physikalischer Methoden in der chemischen Analyse und besonders auch in der Wasseranalyse liegt eine nicht übersehbare Tendenz, die sich bereits äußerlich im geänderten Aussehen und im Aufwand eines modernen analytischen Wasserlaboratoriums kundtut.

Die technische Entwicklung auf diesem Grenzgebiet zwischen Chemie und Physik erfolgt heute so schnell und mit so verschiedenartigen meßtechnischen Mitteln, daß sich nur schwer ein umfassender Überblick geben läßt. Sowohl rein physikalische Methoden, wie die Bestimmung der Dichte, der Viskosität, der Wärmeleitfähigkeit, des optischen Absorptionsvermögens, des Brechungsindex, die verschiedenen Arten der Molekülspektroskopie, der Elektronenoptik, die Elektronensondenmikroanalyse, die Röntgenographie, die Kernresonanzspektroskopie, als auch physikalisch-chemische Verfahren wie die vielfältigen Methoden der Elektrochemie, Chromatographie, der Spektrophotometrie nach einer vorangegangenen chemischen Reaktion, werden zur Anwendung gebracht.

Entscheidend ist stets, daß die gemessenen Größen einen eindeutigen funktionellen Zusammenhang zum Stoffkennwert des Produktes oder zur Konzentration einer bestimmten Komponente aufweisen.

Die Bestimmung von physikalischen Meßgrößen erfordert ein entsprechendes Instrument. Dabei verlagern sich die Handhabungen und experimentellen Schwierigkeiten von den chemischen Operationen auf die Behandlung der Meßinstrumente und die Durchführung der Messungen.

Ohne die Vorteile moderner physikalischer Meßinstrumente verringern zu wollen, wird der damit häufig erzielte Verzicht auf Trennvorgänge und die Entfernung störender Substanzen durch die Notwendigkeit erkaufte, die Bestimmungsverfahren methodisch gründlich vorzubereiten, Eichkurven unter möglichst analysennahen Arbeitsbedingungen anzufertigen und den Einfluß von Störsubstanzen kennenzulernen sowie zu berücksichtigen. Dem Gewinn an Zeit — besonders bei Reihenuntersuchungen — steht vermehrte und anspruchsvolle Vorbereitungstätigkeit gegenüber. Bei der Vielzahl der analytischen Verfahren ist es kaum möglich, exakte Regeln dafür aufzustellen, ob diese oder jene Methode für ein Problem besser geeignet ist, zumal eine Reihe von Verfahren zu gleich guten Ergebnissen führen kann. Die Auswahl der für den gerade vorliegenden Zweck geeignetsten Methode erfordert viel Erfahrung und einen guten Überblick über deren Leistungsfähigkeit, ihre Vor- und Nachteile. Wie schwierig das ist, zeigt das langjährige Bemühen, Standardverfahren für die Bestimmung der wichtigsten Wasserinhaltsstoffe auszuarbeiten. Somit müssen bei der Auswahl von Analysemethoden auch ökonomische Fragen berücksichtigt werden (SCHARNBECK).

Die Frage nach der „Genauigkeit“ und „Zuverlässigkeit“ eines Verfahrens tritt immer auf. Die Antwort muß „objektiv“ gegeben werden, d. h. jeder Beurteiler muß von den vorgelegten Analysenwerten nach festen Regeln zu denselben „Gütekennziffern“ für das verwendete Analyseverfahren kommen. Das notwendige Begriffssystem und die Rechenregeln liegen in der statistischen Fehlertheorie vor (KAISER u. SPECKER).

Zu beachten ist, daß Aussagen über Analysengenauigkeit stets Aussagen über Analysenwerte sind. Sie sind statistischer Art und setzen eine genügende Anzahl von Messungen voraus, eine Forderung, die nicht immer leicht zu erfüllen ist. Ohne Übertreibung kann jedoch gesagt werden, daß die Fehlerrechnung ein Höchstmaß an Aussagen über die „Genauigkeit“ eines Meßverfahrens liefert, welches aus gegebenem Beobachtungsmaterial überhaupt zu gewinnen ist. Dies sollte bei allen Untersuchungen mit beachtet werden, damit die Meßergebnisse richtig erfaßt, ausgewertet und interpretiert werden können.

Ein äußerst interessantes Zukunftsproblem der Wasseranalytik ist die Automatisierung. Hier ist noch viel Entwicklungsarbeit erforderlich. Die Begriffe „Automatisierung“ mit „mechanisierten Systemen“ werden häufig verwechselt. Durch die Einführung instrumenteller Methoden ist die Möglichkeit gegeben, die Analysen kontinuierlich und registrierend über längere Zeitläufe durchzuführen.

Die instrumentellen Erfordernisse ändern sich je nach Art und Anzahl der zu untersuchenden Stoffe sowie der Zahl der täglich anfallenden Proben. Letztere kann entweder den vertretbaren Anschaffungskosten eines Gerätes enge Grenzen setzen oder umgekehrt eine zunehmende Automatisierung des Meßvorganges nahelegen. Die Automatisierung verfolgt dabei zwei Hauptziele:

- das Ausschalten menschlicher Fehler während der Probenvorbereitung, des eigentlichen Meßvorganges, der Datenaufnahme und der -verarbeitung,
- Verringerung der Kosten auf Grund verbesserter Ausnutzung der Geräte, Einsparung von Arbeitskräften.

Dabei darf nie vergessen werden, daß durch die Automatisierung eine Methode nicht genauer wird und daß deshalb zuerst die theoretische Voraussetzung für die Verläßlichkeit und Genauigkeit sowohl in den Methoden der chemischen Bestimmung als auch in der automatischen Anzeige erfüllt sein müssen.

Der Wert einer ausreichend schnell erhaltenen und genügend gesicherten analytischen Information ist nicht hoch genug einzuschätzen. Überblickt man den Stand und Trend der heutigen Analytik, dann ergibt sich, daß er im wesentlichen von der Art der Datenverarbeitung bestimmt wird. Ihr Einfluß ist geringfügig auf die klassischen analytischen Methoden, er ist aber fundamental für die instrumentellen Methoden. Je mehr die klassischen Methoden, z. B. die Titrimetrie und Gravimetrie instrumentalisiert und automatisiert werden, desto bedeutender wird auch für diese Zweige die Art der Datenverarbeitung.

Dieser Trend zur Instrumentalisierung und schnelleren Analyse bedeutet einen riesigen Zuwachs an Daten je Meßvorgang und je Zeiteinheit. Deshalb muß also auch in der Analytik der Computer eingeführt werden, um in erster Linie Daten zu Erfassen, zu speichern, kompromieren, umzuwandeln, zu vergleichen und auszuwerten (KIENITZ u. KAISER).

Zusammenfassend ergibt sich für die chemische Analytik als Ausblick:

- Die Bedeutung der Wasseranalytik wird weiter zunehmen.
  - Eine ständige Verbesserung und Erweiterung der Standardmethoden ist erforderlich.
  - Die Bestimmung von Spurenstoffen, insbesondere von solchen mit negativen Auswirkungen, muß intensiviert werden.
- Die Mechanisierung und Automatisierung der wasseranalytischen Arbeit unter Einbeziehung der EDV wird sich erhöhen.
- Dringend notwendig ist die Ausarbeitung weiterer Verfahren und Methoden zur ausreichenden Charakterisierung aller Wässer.
  - Eine umfassende und systematische Testung aller Wasserschadstoffe ist anzustreben.
  - Ökonomische Untersuchungen zur Auswahl der anzuwendenden Analysemethoden, insbesondere für den Routinebereich, müssen aufgenommen werden.

## *II. Wirkung von gelösten Inhaltsstoffen auf Wasserorganismen*

### **1. Die Aussagekraft biologischer Tests**

Ebenso wie die hydrochemische soll die biologische Analytik den Kriterien

- Spezifität
- Empfindlichkeit
- Schnelligkeit

genügen. Obwohl noch viele Wünsche offen bleiben, gibt es doch zahlreiche biologische Tests, die zumindestens zwei von diesen Anforderungen erfüllen. Eine ganze Reihe von biologischen Methoden lassen sich standardisieren. Dies sollte aber nie darüber hinwegtäuschen, daß die Beziehung zwischen der Einwirkung eines bestimmten Inhaltsstoffes einerseits und der Reaktion des Organismus andererseits oft sehr kompliziert ist.

In günstigen Fällen kann die Reaktion auf bestimmte chemische input-Signale mit den Methoden der Systemtheorie erfaßt werden. Beispielsweise läßt sich die Antwort eines Systems erster Ordnung auf die plötzliche (stufenförmige

Konzentrationssteigerung einer Eingangsgröße als exponentielle Sättigungskurve darstellen. Ein System zweiter Ordnung dagegen reagiert auf das gleiche Signal oft mit einer gedämpften Schwingung der Ausgangsgröße (BUNGAY). Durch Darstellung im sog. BODE-Diagramm lassen sich die Reaktionskonstanten ermitteln, doch liefert diese Methode ebenso wie die Statistik meist noch keine Aussage über den eigentlichen Kausalzusammenhang.

Im Vergleich zum chemischen Analysengang ist das Wirkungsgefüge beim biologischen Test normalerweise sehr komplex. Da eine genaue Erfassung der funktionellen oder strukturellen Wirkung bestimmter Inhaltsstoffe im zellulären Bereich zu aufwendig ist, wird im Normalfall für eine bestimmte Art die zeitliche Änderung eines Aktivitätswertes gemessen. Ein solcher physiologischer oder toxikologischer Test, der sich über einen Zeitraum von einigen Stunden bis zu einigen Tagen erstreckt, liefert oft gute Vergleichswerte.

## 2. Wirkung von Wasserinhaltsstoffen auf Ökosysteme

Problematisch ist hingegen die exakte Ermittlung eines Übertragungsfaktors, wie er von einem biologischen Modell gefordert werden muß. Eine Aussage darüber, inwieweit sich die Aktivität und Struktur eines Ökosystems, in dem die betreffende Testart vorkommt, unter dem Einfluß eines bestimmten Inhaltsstoffes ändern wird, ist nur sehr bedingt möglich. Ein solcher Übertragungsfaktor muß aber bekannt sein, wenn ein mathematisches Modell des Ökosystems gebraucht wird. Eine Aussage über langfristige Wirkungen ist gegenwärtig nur in wenigen Fällen möglich. Obwohl die von BRCK (1967) entwickelte Versuchsanordnung die eindeutige Beurteilung von Sukzessionsstadien ermöglicht, sind noch Methoden zu entwickeln, die z. B. eine wahrscheinlichkeitstheoretisch fundierte Vorhersage nicht nur der Sukzessionsstadien, sondern auch des Klimaxplateaus für die Freiwasserregion eines neu zu errichtenden Stausees gewährleisten.

In allen Fällen, in denen die Wirkung von Wasserinhaltsstoffen auf ein Ökosystem bezogen wird (vgl. CASPERS u. KARBE), läßt sich dessen Struktur am besten durch den Mannigfaltigkeits-(= diversity-) Index kennzeichnen, der den Informationsgehalt der Organismengemeinschaft zum Ausdruck bringt (WILHM). Wahrscheinlich könnte die Informationstheorie auch Impulse zur Weiterentwicklung der biologischen Indikatorsysteme liefern. Diese suchen aus der Struktur einer Organismengemeinschaft Rückschlüsse abzuleiten auf die Konstellation der chemischen Milieufaktoren, entweder was die durchschnittliche Beschaffenheit oder aber die Über- bzw. Unterschreitungswahrscheinlichkeit bestimmter Grenzwerte (z. B. des Sauerstoffgehaltes, ZAHNER 1965) anbelangt. Oft ist die starke Abundanz einer bestimmten physiologischen Gruppe Ausdruck eines stationären Gleichgewichtes, z. B. zwischen Import und aerober Stabilisierung von bakterienreichen Sinkstoffen bei Massenentwicklung von Sedimentfressern wie *Tubifex*. Zur Formulierung der entsprechenden Differentialgleichungen ist jedoch außerdem die Bestimmung der Umsatzraten erforderlich.

### 3. Möglichkeiten und Grenzen des Standversuchs

Im Normalfall wird ein physiologischer Test als Standversuch durchgeführt. Während der Versuchsdauer  $t$  ändert sich sowohl die Konzentration und/oder Zusammensetzung der gelösten Inhaltsstoffe bzw. Substratkomponenten  $S$

$$S_0 \rightarrow S_t$$

als auch die Biomasse  $X$  und/oder die Bioaktivität  $A$

$$X_0 \rightarrow X_t$$

$$A_0 \rightarrow A_t .$$

Am übersichtlichsten und leichtesten reproduzierbar sind die Verhältnisse bei der Kombination Reinkultur/Reinsubstrat. Gerade hierbei ist ein Übertragungsfaktor zum Gewässer kaum zu ermitteln, da in der Natur Mischpopulationen und Substratgemische vorherrschen, deren Gesamtumsatz keinesfalls als einfache Addition vieler Reaktionen von einzelnen Arten mit einzelnen Substraten verstanden werden kann. Vielmehr spielt gerade die „metabiotische“ Verarbeitung von Stoffwechselprodukten miteinander vergesellschafteter Arten oft eine ausschlaggebende Rolle. Entsprechende Modellversuche fehlen noch weitgehend.

Hinsichtlich der physikalischen Umweltfaktoren (vor allem Licht, Temperatur, Geschwindigkeit des Stofftransportes) wird mit Rücksicht auf die Vergleichbarkeit der Ergebnisse und auf die Zeitökonomie die künstliche Konstellation oft gegenüber einer Exposition von Flaschen direkt im Gewässer bevorzugt.

Bezeichnet man mit

$R$  – Reinkultur

$S$  – Reinsubstanz

$K$  – künstliche physikalische Umweltbedingungen (z. B. Thermoluminostat)

$r$  – Mischpopulation

$s$  – Substratgemisch

$k$  – teilweise natürliche Umweltbedingungen (z. B. Exposition von Flaschen im Gewässer)

so sind acht verschiedene Versuchsanordnungen möglich, nämlich  $RSK$ ,  $rsK$ .

Die „naturnahe“ Konstellation  $rsk$  bietet zwar im Hinblick auf Licht und Temperatur, nicht aber hinsichtlich Turbulenz einigermaßen natürliche Bedingungen. Die Aussagekraft im Sinne der Ermittlung eines Übertragungsfaktors nimmt daher mit zunehmender Versuchsdauer ab. Wird außerdem noch ein bestimmter Nährstoff zugesetzt, um dessen Einfluß auf die Bioaktivität des Gewässers zu ermitteln, hängt die Reaktion stark von der jahreszeitlich unterschiedlichen Disposition der einzelnen Arten ab (FOURNIER).

Einfacher ist die Interpretation der Versuchsergebnisse bei der „unnatürlichen“ Kombination  $RSK$ . Die sukzessiven Änderungen der Biomasse/Substrat-Beziehung im Standversuch mit Bakterienkulturen wurden von HARTMANN und WILDERER auch für Mischpopulationen und Substratgemische erfolgreich analysiert. Eine lag-Phase ist oft auf Substrat- oder kompetitive Hemmung zurückzuführen. Im zeitlichen Verlauf ändert sich die spezifische Belastung der Biomasse stark. Offenbar sind stets Reaktionen unterschiedlicher Ordnung

hintereinandergeschaltet, was erst durch Linearisierung der zunächst als einfache exponentielle Sättigungsfunktionen oder als Hyperbeln erscheinenden Aktivitäts/Zeit-Kurven offensichtlich wird. — Auch bei der Erfassung der autotrophen Aktivität ermöglicht die zeitlich gestaffelte oder kontinuierliche Ermittlung wichtiger output-Werte (Sauerstoffgehalt, Zellzahl, pH) eine kinetische Deutung des Versuchsablaufs. Allerdings ist hier der Komplikationsgrad noch wesentlich höher als bei Bakterienkulturen (vgl. BRAUNE). Neben der Messung des Sauerstoffgaswechsels mit dem Warburg-Gerät (v. TÜMPLING) verspricht auch die kontinuierliche Erfassung des Sauerstoffgaswechsels mittels Infrarotanalysator (WEISE) vielseitige Einsatzmöglichkeiten.

#### 4. Erfassung von toxischen Einflüssen

In belasteten Vorflutern liegen meistens Gemische von Substanzen unterschiedlichster Wirkung vor. Auch wenn alle Komponenten und ihre Wirkung auf die autotrophe und heterotrophe Aktivität im einzelnen bekannt sind (hierüber existiert ein sehr umfangreiches Schrifttum), läßt sich daraus z. Zt. nur im Ausnahmefall die Gesamtwirkung eines Substanzgemisches berechnen. Andererseits ist es durch geeignete Versuchsanordnung (z. B. Verwendung von Pepton als Bezugssubstanz) möglich, zumindest den jeweiligen Anteil der Summenreaktionen

*Förderung                      Hemmung                      Indifferenz*

messen zu können (KNÖPP, REIMANN). Dadurch ist bereits eine befriedigende ökonomische Bewertung und Aufrechnung des Schadens möglich, der im Gewässer durch Einleitung toxischer oder z. B. auch lichtabschirmender Substanzen entsteht (KNÖPP). Auch die Wirkung definierter Substanzen läßt sich mit dieser Methode gut erfassen (REIMANN). Für den toxikologischen Standversuch sind bereits wesentliche Grundlagen einer mathematischen Interpretation der Ergebnisse vorhanden (z. B. MARVAN).

Kontinuierliche, d. h. mit ständigem Durchfluß arbeitende Anlagen zum Nachweis der Wirkung toxischer Substanzen wurden bisher vor allem mit Fischen betrieben, wobei schon geringe Abweichungen vom Normalverhalten der Testobjekte z. B. mit empfindlichen Strömungsmessern vom Typ des Heißleiters erfaßt werden können.

Der zusätzliche Einsatz eines Chemostaten gestattet aber auch den Betrieb von kontinuierlich arbeitenden Geräten mit Mikroorganismen als Testobjekten. Diese werden laufend und in annähernd gleichbleibender Aktivität durch das Zusatzgerät geliefert (WILLINGHAM u. ANDERSON). Die Störung des mikrobiellen Abbaus durch toxische Substanzen kann z. B. ein Respirograph oder auch ein registrierendes Lumineszenzphotometer (Hemmung der mikrobiellen Lichtentwicklung des ATP/Luciferin/Luciferase-Systems) signalisieren. Dadurch kann z. B. ein Dauerprobenehmer und ein chemisches Analysensystem eingeschaltet werden. Auf der Grundlage des Chemostat-Prinzips ist auch eine laufende Bereitstellung von Protozoen, Daphnien (ALBERT) und anderen tierischen Testorganismen möglich. Der Einsatz solcher Automaten dürfte sich

vorerst auf ausgewählte Gütepegel an Gewässern mit besonders hohen Nutzungsansprüchen beschränken.

Einer weitaus stärkeren Berücksichtigung als bisher bedarf die Erfassung des Nachweises langfristig wirkender oder irreversibler Schädigungen durch Abprodukte der Industrie und der industrialisierten Nahrungsgüterwirtschaft, besonders im Hinblick auf die Struktur ganzer Ökosysteme. Nicht nur der Einfluß auf die Ernährungsbasis und die Vermehrungsleistung wichtiger Arten ist z. T. völlig unbekannt, sondern auch die Akkumulation schwer abbaubarer und potentiell z. B. mutagener, teratogener oder carcinogener Substanzen innerhalb von Nahrungsketten.

## 5. Die kontinuierliche Kultur

Gegenüber der Standkultur (batch) bietet die kontinuierliche Kultur im Chemostaten den Vorteil, daß im Idealfalle sowohl die Konzentration der Biomasse als auch die des Substrates einen Gleichgewichtszustand erreicht, daher ihre Änderung in der Zeiteinheit gleich Null gesetzt werden kann. Das erleichtert die Bestimmung wichtiger Konstanten wie der Wachstumsrate, des Geschwindigkeitsbeiwertes für Atmung bzw. mikrobiellen Abbau sowie des Ausnutzungskoeffizienten für einen bestimmten Nährstoff (MALEK u. FENCL) ganz wesentlich. Wird außerdem mit Organismenmaterial und Wasser aus einem Gewässer sowie unter natürlichen Licht- und Temperaturbedingungen, z. B. in einer Vegetationshalle (BENNDORF 1969) gearbeitet, sind die Wachstumsbedingungen fast die gleichen wie bei einer natürlichen Population. Ein solcher biologischer Simulator vermag weitaus realistischere Übertragungsfaktoren zum Gewässer zu liefern als der Standversuch. Allerdings erreichen Mischpopulationen theoretisch kein stationäres Gleichgewicht, was die Interpretation der Ergebnisse im Vergleich zu Reinkulturen zwar kompliziert, aber keinesfalls verhindert. Bei großen Amplituden ist z. B. Anwendung der Fourier-Analyse möglich. Anlagen mit intermittierender Substratzugabe, also semikontinuierlichem Wasserdurchsatz, erreichen bei Einhaltung bestimmter Randbedingungen ebenfalls einen Gleichgewichtszustand (UHLMANN). Der besonders für Phytoplanktonkulturen viel verwendete Turbidostat nutzt einen durch Trübungsmessung erfaßten Höchstwert der Zelldichte als Signal für die nächste Zugabe von Nährlösung.

Durch Verwendung von Organismenmaterial aus einer kontinuierlichen Reinkultur, deren physiologischer Zustand ja im Normalfalle weitgehend konstant ist, dürfte sich auch die Aussagekraft von Flaschentests noch wesentlich erhöhen lassen. Letztere besitzen, und das sollte man nicht vergessen, gegenüber dem Chemostaten den wesentlichen Vorteil, daß gleichzeitig viele Versuchsansätze bzw. Parallelen möglich sind.

## 6. Messung von Stoffwechselgrößen im Gewässer oder im Gewässermodell

Die Kritik am „bottle effect“ hat die Entwicklung von Versuchsanordnungen begünstigt, die sich in anderer Hinsicht als die kontinuierliche Kultur durch größere „Standorttreue“ auszeichnen. Unter völligem Verzicht auf Gefäße

erfaßt die „rate of change“-Methode (ODUM u. HOSKIN) über die Tagnacht-schwankungen von Sauerstoff, Kohlendioxid, pH als chemische output-Signale der Bioaktivität den Umsatz im Gewässer selbst. Die Anwendung setzt eine ziemlich hohe Biomassekonzentration unter der Oberflächeneinheit des Gewässers voraus. Diese Voraussetzung wird durch die steigende Nährstoffbelastung der Binnengewässer bei uns schon jetzt in den meisten Fällen erfüllt. — Andere Autoren bemühen sich um einen realistischeren „Ausschnitt“ aus einem Gewässer, als ihn eine 100- oder 500 ml-Flasche zu bieten vermag. Bewährt haben sich u. a. große Kugeln oder Zylinder aus Plastikfolie mit oder ohne künstliche Durchmischung, helle und dunkle Kammern mit oder ohne kontinuierlichen Wasserdurchsatz zur Messung von Sauerstoffproduktion und Sauerstoffverbrauch in der Freiwasserregion oder am Gewässergrund. Hierbei dient das Gewässer als Thermostat; die hier herrschende „äußere“ Faktorenkombination wird als unabhängige Variable in Rechnung gesetzt. Sollen dabei auch noch die natürlichen Druckverhältnisse berücksichtigt werden, wie sie im Hypolimnion von Seen herrschen, muß entweder die Versuchsapparatur auf dem Seeboden installiert und mit Meßwertübertragungseinrichtungen versehen werden, oder aber es wird ein Simulator im Labor aufgebaut (ZAHNER 1967). Die Kosten für derartige Anlagen erreichen ein Niveau, wie es die Physik der Hydrosphäre für ihre Versuchseinrichtungen schon seit langem beansprucht. Mit dem Plankton-turm, der über einen leistungsstarken Scheinwerfer (1,5 m Durchmesser) nur künstliches Licht erhält (STRICKLAND u. Mitarb.), ist auch im großtechnischen Maßstab ein Entwicklungsstand erreicht, auf dem fast alle interessierenden Parameter unabhängig voneinander in weiten Grenzen variiert werden können. — Die Möglichkeit für eine größere Zahl von Parallelversuchen bieten unter den großräumigen Experimentieranlagen bis jetzt nur die Systeme von flachen Versuchsteichen. Hierbei kann bis jetzt nur unter natürlichen, daher in ihrer Intensität stark schwankenden meteorologischen Bedingungen gearbeitet werden. Der Vorteil, daß eine Vielzahl von Versuchen mit abgestuften Konzentrationen des interessierenden Inhaltsstoffes angesetzt werden können, sichert auch dem einfachen Aquarienstandversuch noch viele Einsatzmöglichkeiten.

## 7. Geochemische Einflußgrößen

Vielfach interessiert nicht nur ein einziger Inhaltsstoff, sondern ein gegebenes Mosaik der Ionenkomposition des Wassers hinsichtlich seiner Wirkung auf Organismen. Für viele Arten wirken starke Abweichungen von der limnischen bzw. der marinen Standardionenkomposition aktivitätsbegrenzend (ZIEMANN; BICK 1968), und die Struktur des Ökosystems wird einseitiger. — Die Eignung eines Oberflächenwassers als Nährlösung für Algen oder Bakterien läßt sich durch den Grad der Ähnlichkeit zwischen Nährstoffkomposition (anorg. C:N: Patomar des Wassers einerseits und dem von Biomasse „durchschnittlicher“ Zusammensetzung andererseits kennzeichnen (UHLMANN u. ALBRECHT). Umgekehrt liefert die Analyse von Biomasse Hinweise darauf, ob Stickstoff oder Phosphor in der „kritischen“, d. h. nicht unterschreitbaren Konzentration vorliegen und daher in erster Linie wachstumsbegrenzend wirken (GERLOFF u.

KROMBHOLZ). Für eine immer größere Zahl von stehenden Gewässern läßt sich die Abhängigkeit einer erhöhten Primärproduktion des Phytoplanktons von anthropogenen Änderungen in der Geochemie des Einzugsgebietes eindeutig belegen (STEWART u. ROHLICH, VOLLENWEIDER, PROCHAZKOWA, VENTZ).

## 8. Nachweis der Wirkung nichttoxischer organischer Substanzen

Die Substrate und Stoffwechselprodukte der Mikroorganismen in natürlichen Gewässern sind hinsichtlich Art, Konzentration und Umsatz erst wenig bekannt, weil Nachweismethoden für  $\mu\text{g}$ -Mengen pro Liter entweder noch fehlen oder erst in relativ wenigen spezialisierten Laboratorien (z. B. SEMENOV) eingeführt sind.

Ein brauchbarer Nährungswert für die natürliche Substratkonzentration z. B. von Glucose oder Acetat kann auch auf biologischem Wege durch Zusatz geringster Mengen eines  $^{14}\text{C}$ -markierten Substrates mittels einfachem Flaschentest und unter Verwendung der Michaelis-Menten-Gleichung leicht ermittelt werden (z. B. ALLEN). Für den exakten Nachweis der limitierenden Wirkung organischer Wachstumsfaktoren, z. B. von Vitamin  $\text{B}_{12}$ , wurde auch bereits der Chemostat erfolgreich eingesetzt (DROOP). Sofern die Möglichkeit besteht, mit sehr hoher Zelldichte zu arbeiten (z. B. Belebtschlamm oder auch angereichertes Seston aus Gewässern, PÖNITZ) kann der Umsatz von zugegebenen Kohlenhydraten und Aminosäuren auch durch direkten Nachweis leicht verfolgt werden. Durch die Entwicklung geeigneter Nachweismethoden (z. B. KLÖCKING) kann auch die Wirkung schwer abbaubarer und daher oft in erhöhter Konzentration vorliegender Inhaltsstoffe näher untersucht werden.

## 9. Analytische Erfassung von Biomasse

Da zwischen gelösten Inhaltsstoffen und Organismen oft eine Wechselwirkung besteht, muß stets zwischen echt gelösten Komponenten bzw. Substrat einerseits und partikulärem Material andererseits differenziert werden. Letzteres besteht oft zu einem wesentlichen Teil aus Biomasse. Die biochemische Struktur des gewässertypischen partikulären Materials (Seston, Detritus, Belebtschlamm, biologischer Rasen, Periphyton) ist erst ungenügend bekannt. Wesentliche Fortschritte wurden erzielt durch mikrobiologische Differenzierung (RODINA), durch  $^{14}\text{C}$ -Markierung von Detritus zwecks Erfassung der Umsatzrate innerhalb einer Nahrungskette (SOROKIN), sowie durch Anwendung cytochemischer, speziell von fluoreszenzoptischen Methoden. Besonders aussagekräftig ist hierbei u. a. der Nachweis von RNS (BENNDORF 1970) sowie von ATP (HOLM-HANSEN u. BOOTH). — Eine kontinuierliche Erfassung feinsuspendierter Biomasse im Laborversuch oder, mittels Sonde, direkt im Gewässer, ist nicht nur durch Transmissions- oder Trübungsmessung oder mit dem elektronischen Partikelzähler möglich, sondern auch durch Messung der Primärfluoreszenz des Chlorophylls (LORENZEN). Vorgeschlagen wurde auch die kontinuierliche Erfassung der Sekundärfluoreszenz von Biomasse nach Anfärbung (KAMINAR u. Mitarb.). Die hohe Empfindlichkeit der fluoreszenzoptischen

Methoden gestattet noch eine Anwendung bei relativ niedriger Biomassekonzentration.

## 10. Mathematische Modelle

Für die Erfassung der Wirkung von Wasserinhaltsstoffen haben in den letzten Jahren statistische Methoden eine große Bedeutung erlangt. Durch den Einsatz von Rechenautomaten erfordern auch Mehrfachregressionen sowie die genaue Kennzeichnung der Abstufung zwischen der Wirkung aller maßgebenden Faktoren mit Hilfe der Verzweigungs-(cluster)-Analyse (z. B. GOLDMAN u. Mitarb.) keinen zu hohen Zeitaufwand mehr. Das Netzwerk der mehrseitigen Abhängigkeiten innerhalb von Nahrungsketten (die experimentelle Analyse stützt sich vor allem auf  $^{14}\text{C}$ -Markierung, SOROKIN) läßt sich durch Systeme von Differentialgleichungen darstellen (BUBNOV; KROGIUS u. Mitarb.), ähnlich gekoppelten Reaktionen in der chemischen Kinetik. Dabei treten an Stelle eines Reaktionspartners die Biomasse oder der Ferment-„pool“ einer bestimmten Art. Auch für die Beziehung zwischen mehreren Arten, etwa zwischen Bakterien und Bakterienfressern, liefert z. B. das Massenwirkungsgesetz ein brauchbares, wenn auch stark vereinfachtes Modell. Auftretende Diskrepanzen zwischen Modell und Wirklichkeit zeigen die Schwächen der Theorie und helfen diese zu überwinden. Für den Biologen und Chemiker dürfte wegen ihrer Anschaulichkeit und Flexibilität die Lösung und graphische Darstellung von Gleichungssystemen mit Hilfe des Analogrechners besonderes Interesse beanspruchen (vgl. DAVIDSON u. CLYMER). Bei Problemen größeren Umfangs leistet der XY-Drucker von Digital- bzw. Hybridrechnern die gleichen Dienste. Ein solcher Automat berechnet und druckt z. B. aus vorgegebenen Konzentrationswerten Jahreskurven, Umsatzraten, respiratorische Quotienten usw.

Zur Darstellung der Reaktion zwischen Inhaltsstoff und Organismus wird als erster Schritt wohl meistens ein deterministisches Modell bevorzugt werden. Die in ihrer Zusammensetzung schwankenden Mischpopulationen und Substratgemische in den Gewässern, speziell in belasteten Vorflutern mit jahreszeitlich stark unterschiedlicher Wasserführung, erfordern jedoch als zweite Stufe wahrscheinlichkeitstheoretisch fundierte Modelle (s. z. B. KOTHANDARAMAN u. EWING). Ihre Bearbeitung ist erst durch den Einsatz von leistungsfähigen Rechnern möglich geworden. Die gesamte Ökologie wird sich bald solcher Modelle bedienen müssen.

Es ist anzunehmen, daß in Zukunft ein nennenswerter Anteil auch der biologisch-toxikologischen Überwachung wichtiger Gewässer vom Schaltpult aus erfolgen wird, an dem die Informationen aus selbstregistrierenden Gütepegeln, chemischen und biologischen Analysenautomaten sowie Rechenautomaten zusammengeführt werden. Dafür wird aber ein solides Primärdatenmaterial gebraucht, dessen Bereitstellung noch viel Arbeit und neue Ideen erfordert.

Die Verfasser danken Herrn *Dr. Lienig* und Herrn *Dr. Mädler* für die kritische Durchsicht des Manuskriptes.

## Literatur

- ALBERT, W.: Die Reinigungswirkung der Mikroorganismen in Oxydationsteichen Dipl.-Arbeit Math.-Nat. Fakultät Universität Leipzig (unveröffentlicht), 1967
- ALLEN, W.: Chemo-organotrophic utilization of dissolved organic compounds by planktic algae and bacteria in a pond. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **54** (1967), 1
- Autorenkollektiv: Träume ins Jahr 2000. Junge Welt, Beilage Nr. 16 v. 17. 4. 1970
- BENNDORF, J.: Modellversuche und vergleichende Freilanduntersuchungen zur Prognose der Phosphatelimination in Vorsperren — Dissertation Fak. Bau, Wasser, Forst. Techn. Universität Dresden (unveröffentlicht), 1971
- : Ein neues Verfahren zur Bestimmung der Intensität der bakteriellen Proteinsynthese. *Z. allg. Mikrobiologie* **11** (1971), 265
- BICK, H.: Vergleichende Untersuchung der Ciliatensukzession beim Abbau von Pepton und Zellulose (Modellversuche). *Hydrobiologia* **30** (1967), 353
- : Untersuchungen zur Verträglichkeit von Meer- und Brackwasser für Ciliaten des Saprobien-systems der Wassergütebeurteilung. *Helgoländ. Wiss. Meeresunters.* **17** (1968), 257
- BRAUNE, W.: Ökologisch-physiologische Untersuchung von Algen zur biologischen Beurteilung des Stoffumsatzes in Fließgewässern. Habilitationsschrift Math.-Nat. Fakultät der Universität Jena (unveröffentlicht), 1969
- BUBNOV, V. A. u. Mitarb.: The formation of the oxygen minimum layer in the ocean (Russ., engl. Zusammenfassung) *Okeanologija (Mosk.)* **7** (1968), 605
- BUNGAY, H. R.: Dynamic analysis of microbial systems. *Water Sewage Works* **114** (1967), 190
- CASPERS, H. u. L. KARBE: Vorschläge für eine saprobiologische Typisierung der Gewässer *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **52** (1967), 145
- DAVIDSON, R. S. u. A. B. CLYMER: The desirability and applicability of simulating ecosystems. *Ann. New York Acad. Sci.* **128** (1966), 790
- DROOP, M. R.: Vitamin B<sub>12</sub> and marine ecology. III. An experiment with a chemostat. *J. mar. biol. Ass. U. K.* **46** (1966), 659
- FOURNIER, R. O.: Some implications of nutrient enrichment on different temporal stages of a phytoplankton community. *Chesapeake Sci.* **7** (1966), 11
- GERLOFF, B. C. u. P. H. KROMBHOLZ: Tissue analysis as a measure of nutrient availability for the growth of angiosperm aquatic plants. *Limnol. Oceanogr.* **11** (1966), 529
- GOLDMAN, C. R. u. Mitarb.: Primary productivity, bacteria, phyto- and zooplankton in Lake Maggiore: correlations and relationship with ecological factors. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* **23** (1968), 49
- HARTMANN, L. u. P. WILDERER: Physical and biochemical aspects of BOD kinetics. Fourth Internat. Conf. Water Poll. Res. Prague Sept. 1968 Section I Paper 14, 1968
- HOLM-HANSEN, O. u. C. R. BOOTH: The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.* **11** (1966), 510
- KAISER, H. u. H. SPECKER: Bewertung und Vergleich von Analyseverfahren *Z. analyt. Chem.* **149** (1956), 46
- KAMINAR, L. M. u. Mitarb.: Automatic counting of luminescent microobjects. (Russ., engl. Zusammenfassung) *Mikrobiologija* **34** (1965), 171
- KIENITZ, H. u. R. KAISER: Datenverarbeitung in der analytischen Chemie. *Z. analyt. Chem.* **237** (1968), 241
- KLÖCKING, R.: Stabile Naturstoffe in Gewässern. Vortrag Symposium Wasserinhaltsstoffe, Reinhardtsbrunn 1970
- KNÖPP, H.: Stoffwechselfynamische Untersuchungsverfahren für die biologische Wasseranalyse. *Inst. Rev. ges. Hydrobiol.* **53** (1968), 409
- KOTHANDARAMAN, V. u. B. B. EWING: A probabilistic analysis of dissolved oxygen-biochemical oxygen demand relationship in streams. *J. Wat. Poll. Control Fed.* **41** No.2 part 2 (1969), R. 73
- KROGIUS, F. V. u. Mitarb.: Analog of the Ecological System of Lake Dalneje (Russ., engl. Zusammenfassung). *Gidrobiol. Ž.* **5** (1969), 14

- LORENZEN, C. J.: A method for the continuous measurement of in vivo chlorophyll concentration. *Deep Sea Res.* **13** (1966), 223
- MALEK, J. u. Z. FENCL (Hrsg.): Theoretical and methodological basis of continuous culture of microorganisms. Prag, Verlag Academia, 1966
- MARVAN, P.: Zur Methodik der Auswertung von Toxizitätstesten. *Sci. Pap. Inst. Chem. Technol. Prag, Technol. Water* **7** (1) (1963), 271
- ODUM, H. T. u. C. M. HOSKIN: Comparative Studies of the metabolism of marine waters. *Publ. Inst. Mar. Sci. Univ. Texas* **5** (1958), 16
- PÖNITZ, G.: Gehalt an und Elimination von Kohlenhydraten durch Seston aus unterschiedlichen Gewässern und Gewässermodellen. Dipl.-Arbeit Sektion Wasserwesen der Technischen Universität Dresden (unveröffentlicht), 1969
- PROCHÁZKOVÁ, L.: Some abiotic factors in relation to the nitrogen and phosphorus concentration in river-reservoir water. *Fortschritte der Wasserchemie* (s. dieses Heft)
- QUENTIN, K.-E.: Aktuelle Spurenstoffprobleme in der Wasseranalytik. *Fortschritte der Wasserchemie* (s. dieses Heft)
- REIMANN, K.: Über die Grundlagen der Abwasserphysiologie. Messung und Bewertung der toxischen Hemmung im Verlauf der Selbstreinigung. *Die Wasserwirtschaft* **56** (1966), 243
- RODINA, A. G.: Microbiology of detritus in lakes. *Limnol. Oceanogr.* **8** (1963), 238
- SCHARRNBECK, D.: Ökonomisches Modell der Analytik. *Chem. Techn.* **22** (1970), 166
- SEMENOV, A. D.: Organic matter in surface water of the USSR. Methods and some results of investigation *Fortschritte der Wasserchemie* (s. dieses Heft)
- SOROKIN, J. I.: Carbon 14 method in the study of the nutrition of aquatic animals. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **51** (1966), 209
- STEWART, K. M. u. G. ROHLICH: Eutrophication — a review. *Publ. State of California Water Quality Control Board* **34** (1967)
- STRICKLAND, J. D. M. u. Mitarb.: The use of a deep tank in plankton ecology. I. Studies of the growth and composition of phytoplankton crops at low nutrient levels. *Limnol. Oceanogr.* **14** (1969), 23
- v. TÜMLING, W.: Manometrische Bestimmung der autotrophen Bioaktivität und ihrer Beeinflussung durch Nähr- und Giftstoffe. *Fortschritte der Wasserchemie* (s. dieses Heft)
- UHLMANN, D.: Modellversuche über die Abhängigkeit der planktischen Bioaktivität von der Verweilzeit des Wassers *Inst. Rev. ges. Hydrobiol.* **53** (1967), 101
- : u. E. ALBRECHT: Biogeochemische Faktoren der Eutrophierung von Trinkwassertalsperren. *Limnologica* **6** (1968), 225
- VENTZ, D.: Die Einzugsgebietsgröße — ein Geofaktor für den Trophiezustand stehender Gewässer. *Fortschritte der Wasserchemie* (siehe dieses Heft)
- VOLLENWEIDER, R. A.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Seen- und Fließgewässer-eutrophierung unter besonderer Berücksichtigung des Phosphors und des Stickstoffs als Eutrophierungsfaktor. Paris (Organisation für Economic Cooperation and Development DAS/CSI/68.27), (1968)
- WEISE, G. u. Mitarb.: Stoffwechsel submerser Wasserpflanzen vom Typ fontinalis anti-pyretica L. bei intermittierender Belichtung. *Biol. Zentralblatt* (im Druck)
- WILHM, J. L.: Comparison of some diversity indices applied to populations of benthic macroinvertebrates in a stream receiving organic wastes. *J. Wat. Poll. Contr. Fed.* **39** (1967), 1673
- WILLINGHAM, C. A. u. K. J. ANDERSON: Use of microorganisms for detecting toxic materials in water. *Water Sewage Works* **113** (1967) 464; **114** (1967), 25
- ZAHNER, R.: Organismen als Indikatoren für den Gewässerzustand *Arch. Hyg. Bakt.* **149** (1965), 243
- : Experimente zur Analyse chemischer und physikalischer Vorgänge in der Wasser-Sediment-Grenzschicht stehender und langsam strömender Gewässer I. *Int. Rev. ges. Hydrobiol.* **52** (1967) 627

ZIEMANN, H.: Die Wirkung der Kaliabwässer auf die Fauna und Flora der Gewässer unter besonderer Berücksichtigung der Werra und Wipper. Fortschritte d. Wasserchemie 7 (1967)

*Anschrift der Verfasser:*

Prof. Dr. rer. nat. habil. J. KAEDING

Prof. Dr. rer. nat. habil. D. UHLMANN,

Technische Universität Dresden, Sektion Wasserwesen,

8027 Dresden, George-Bähr-Straße 1, DDR

CH. LEGLER

Institut für Wasserwirtschaft, Berlin

## Methoden der Sauerstoffbestimmung und ihre Bewertung

*Zusammenfassung:* Elektrochemische und chemische Methoden zur Bestimmung des gelösten Sauerstoffes in Oberflächenwässern wurden hinsichtlich ihrer Fehlerquellen und ihrer praktischen Einsatzfähigkeit überprüft. Für kontinuierliche Messungen und große Untersuchungsserien sind mit Vorteil elektrochemische Meßeinrichtungen und zwar am geeignetsten membranbedeckte Elektrodensysteme einzusetzen. Die Fehlerbreite der Meßergebnisse liegt zumeist über der chemischer Bestimmungen. Von den chemischen Methoden ist die Winkler-Methode die Methode der Wahl. Einige modifizierte Verfahren wie z. B. Carbonatumwandlung, Jod-Differenzverfahren, direkte Bestimmung der Mangan (III)-Ionen unter Umgehung der jodometrischen Titration, führen bei einem größeren Zeitaufwand zu keiner generellen Verbesserung sondern zum Teil zu neuen Fehlerquellen. In Wässern mit störenden Stoffen ist je nach der Art dieser Verbindungen die Voroxydation mit Chlor unter Beseitigung des Überschusses mit Kaliumrhodanid und anschließender Winkler-Bestimmung oder die komplexometrische Bestimmung des Eisen(III)-Salicylat-Chelates nach Bindung des Sauerstoffes durch Eisen(II)-Äthylendiaminsulfat zu empfehlen.

*Summary:* Electrochemical and chemical methods for the determination of dissolved oxygen in surface waters were tested with regard to their sources of error and practical applicability. For continuous measurements and large investigation series electrochemical measuring device, especially with membrane electrode systems, are favourable. The breadth of error is mostly larger than for chemical methods. Of the chemical methods the WINKLER method is the method to be selected. Some modified measures lead because or more need of time to no improvement but to new sources of error — for instance change of carbonate, difference method with iodine, direct determination of manganese(III)ions without iodometric titration. In waters with disturbing substances there is advisable the preoxidation of these compounds with chlorine connected with the removal of excess substances by KSCN and subsequently, the WINKLER determination or the complexometric determination of ferric salicylate-chelate after the binding of oxygen by ferrous ethylen diamine sulphate.

*Резюме:* Электрохимические и химические методы для определения растворённого кислорода в поверхностных водах были проверены по отношению к их источникам ошибок и их практической способности применения. Для непрерывных измерений и больших исследовательских серий выгодно применять Электрохимические измерительные устройства, лучше всего мембранно-покрытые Электродные системы. Ширина ошибок измерительных результатов чаще всего выше той из химических определений. Метод по Винклеру является самым точным методом из химических методов. Некоторые видоизменённые способы, как например превращение карбонатом, йодоразностный способ, прямое определение марганца-III-ионов при обходе йодометрического титрования, при большей затрате времени не приводят к общему улучшению, но частично к новым источникам ошибок. В водах с мешающими веществами в зависимости от вида этих соединений рекомендуется предварительное окисление с хлором при уничтожении избытка с роданидом