

<b>Zeitschrift:</b>	Wasser- und Energiewirtschaft = Cours d'eau et énergie
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
<b>Band:</b>	65 (1973)
<b>Heft:</b>	3-4
<b>Artikel:</b>	Limnologische Untersuchungen und Gewässerschutz am Donaustrom
<b>Autor:</b>	Märki, Erwin
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-921136">https://doi.org/10.5169/seals-921136</a>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 09.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## 1. Einleitung

Die Wasserwirtschaft in einem Stromeinzugsgebiet bestand jahrzehntelang in der einseitigen Nutzung des Wassers durch Schifffahrt, Krafterzeugung, Bewässerung, Fischerei und als verlängerte Kanalisation für den billigsten Wegtransport der Abwässer und Abfälle. Diese Auffassung herrscht noch in verschiedenen Flussgebieten Europas und auch in andern Kontinenten. Wohl beobachtet man überall verschiedene gute Ansätze zur modernen Betrachtungsweise, dass die Wasserwirtschaft nicht mehr einseitig, sondern als umfassendes Ganzes zu betreiben sei, was eine entsprechende gründliche Planung voraussetzt.

Das Wasser als Naturgut, das nicht vermehrbar ist und durch Naturprozesse im Kreislauf gehalten wird, kann und muss im Rahmen der verschiedenen Nutzungsansprüche bewirtschaftet werden. In der neuartigen Wasserwirtschaft gewinnt daher neben dem Nutzwasserbau der Schutzwasserbau immer mehr an Bedeutung, indem wegen der zunehmenden Schwierigkeiten bei der Nutzung der Gewässer die Einsicht wächst, dass der stark vernachlässigte Zweig der Wasserwirtschaft — nämlich die Abwasserreinigung — mit allen Mitteln gefördert werden muss. Die Massnahmen gegen die Verunreinigung liegen vielerorts arg im Rückstand, und leider können nicht alle Massnahmen ohne Vor-

liegen guter wissenschaftlich-praktischer Unterlagen erfolgreich eingeleitet werden. Es fehlen einerseits Unterlagen über den chemisch-biologischen Zustand der Gewässer, andererseits über die Qualität und Menge der häuslichen, gewerblichen und industriellen Abwässer sowie über die Verfahrenstechnik zur Abwasserreinigung.

Es ist anzuerkennen, dass in den beiden letzten Jahrzehnten ein gewaltiges Umdenken in der breiten Bevölkerung, in Behörden, Politik und Wirtschaft eingesetzt hat. Man sah doch ein, dass eine vernünftige und auf lange Zeit gesicherte Nutzwasserwirtschaft (Wasserversorgung, Bewässerung, Kraftnutzung, Schifffahrt und Erholung) nur erfolgreich durchgeführt werden kann, wenn gleichzeitig eine Schutzwasserwirtschaft (Hochwasserschutz, Melioration, Gewässerschutz, Abwasser- und Abfallbeseitigung) vorher aufgebaut wird.

Im folgenden soll auszugsweise über diese Belange im Einzugsgebiet der Donau berichtet werden. Die Angaben erheben keinerlei Anspruch auf Vollständigkeit, insbesondere können über einzelne Donaustrecken nur rudimentäre Angaben über die ergriffenen Gewässerschutzmassnahmen geliefert werden.

## 2. Organisation der Gewässererforschung im Donaugebiet

Im ganzen Donauraum befassen sich seit vielen Jahrzehnten zahlreiche Institute, Laboratorien und Gesellschaften mit der Erforschung der limnologischen Verhältnisse an den Gewässern. An Universitäten, technischen Hochschulen, Bundesanstalten, Wasserwirtschaftsämtern, Privatlaboratorien, Akademien nimmt man sich der Verhältnisse an der Donau und ihren Nebenflüssen an. Jedes Land weist eine seinen Möglichkeiten angepasste Form und Gewichtung der Forschungsziele auf. Die Sichtung der über 1000 Publikationen (Bibliographie in Vorbereitung) zeigt unmissverständlich gewisse Forschungsschwerpunkte für bestimmte Fachgebiete, weshalb nur ein recht uneinheitliches Uebersichtsbild über den Zustand der Gewässer möglich ist. Die Internationale Arbeitsgemeinschaft Donauforschung, unter der initiativen Geschäftsführung von Hofrat Prof. Dr. R. Liepolt in Wien, mit ihren jährlichen Arbeitstagungen, wirkt hier nun korrigierend ein, indem versucht wird, einerseits die Ergebnisse der einzelnen Forschungen durch Uebersichtsarbeiten in den gesamten Rahmen des Gewässersystems zu stellen und andererseits ein Dekadenpro-

gramm die äussere Zielsetzung der Forschungsarbeiten zeigt (vgl. Bericht Prof. Liepolt in diesem Heft).

Neben der reinen Forschung nimmt die zweckgerichtete Arbeit einen immer breiteren Raum ein, indem von der Praxis her (Abwassertechnik, Fischerei, Kraftnutzung, Schifffahrt und Bewässerung) die entsprechenden Forschungsaufträge an die Institute vergeben werden.

Im Unterlauf der Donau spielen Fragen der Schifffahrt, der Bewässerung, der Wasserversorgung und der Fischerei die Hauptrolle, während im Oberlauf der Donau und in ihren Nebenflüssen neben der Kraftnutzung und Schifffahrt insbesondere die Fragen der Abwassertechnik für Siedlungen und Industrien im Vordergrund stehen und die übrigen Sparten zweitrangigen Charakter haben. Doch werden die Fragen des Gewässerschutzes mit der zunehmenden Industrialisierung der unteren Donaustäaten dort in Bälde ebenfalls erstrangig zu behandeln sein, zeigt sich doch eine zunehmende Eutrophierung der Nebengewässer und des Hauptstromes.

## 3. Ergebnisse der Forschungen und Untersuchungen

Wohl als bedeutendste Zusammenfassung der Forschungsergebnisse aus dem Donauraum darf die «Limnologie der Donau», eine monographische Darstellung, 1965 bis 1967 in vier Lieferungen von Prof. Liepolt herausgegeben, gelten.

Auf über 600 Seiten mit zahlreichen Tabellen, graphischen Darstellungen und Abbildungen wurde das in über 1000 Forschungsarbeiten publizierte Wissen zusammengefasst und gewertet. Neben dieser Monographie erscheinen in

verschiedenen Ländern weitere Werke und Zusammenfassungen neben den Berichten über die Arbeits-Tagungen, die den neuesten Stand der Erkenntnisse vermittelten.

### 3.1 HYDROLOGIE

Für jede praxisnahe Forschung auf dem Gebiete der Limnologie und des Gewässerschutzes bedarf es genauer Kenntnisse über die hydrologischen Verhältnisse des Gewässersystems. Diese hängen weitgehend von den klimatischen und auch von den topographischen Gegebenheiten ab. Bei den Grundlagen wurden in der «Limnologie der Donau [1] ausführlich bearbeitet (vgl. auch Beitrag Prof. Kresser in diesem Heft).

Die Niederschläge erreichen mit über 1500 mm pro Jahr im Schwarzwald und in den Alpen die höchsten Erträge, in den Gebieten Ungarns und im Delta sinken diese auf etwa einen Viertel.

Mit dem schneedeckten und vereisten Piz Bernina in der Schweiz reicht das Donaueinzugsgebiet (Inn) in die respektable Höhe von 4049 m hinauf. Zwischen 9,3 m<sup>3</sup>/s und 610 m<sup>3</sup>/s, im Mittel 57,7 m<sup>3</sup>/s, bewegen sich die Wassermengen des Inn an der Landesgrenze der Schweiz gegen Österreich. Bis zu seiner Einmündung in die Donau bei Passau schwollt der Inn im Mittel auf 760 m<sup>3</sup>/s an und übertrifft damit die Wasserführung der im Schwarzwald entspringenden Donau. Mit der Drau aus dem Industriegebiet der Steiermark, Kärntens und Sloweniens, der Theiss aus der ungarischen Tiefebene und den Zuflüssen aus Siebenbürgen sowie der Save aus Kroatien, Bosnien und Serbien erreicht der Hauptstrom die Grösse, die ihn zur bedeutendsten Wasserader Europas werden lässt. Rund 5500 m<sup>3</sup>/s im Mittel wälzen sich durch das Eiserne Tor (Portilor de Fier) der walachischen Tiefebene, dem Delta und dem Schwarzen Meer zu, mit einer Geschiebe- und Stofffracht, die für die Biozönosen von ausschlaggebender Bedeutung ist.

Mit dem fortschreitenden Ausbau der Wasserkraftanlagen treten eingreifende Veränderungen in der Geschiebefracht ein. Die Hauptzuringer deponieren einen grossen Teil der Geschiebefraktionen in den Stauräumen. Rund 0,5 bis 1 Mio Tonnen beträgt die Jahresfracht der Donau bei Wien. Die Schwebstoffmenge von 80 mg/l bei Wien steigert sich bis zur Mündung auf den vierfachen Wert, was schliesslich zu einer Abschwemmung von 65 bis 70 Mio Tonnen Material pro Jahr in das Schwarze Meer führt und einem Abtrag von 83 g/m<sup>2</sup> Einzugsgebiet entspricht.

### 3.2 CHEMISCH-PHYSIKALISCHE VERHÄLTNISSE

Der Gehalt an gelösten Stoffen (Salze u.a.m.) schwankt im Oberlauf der Donau zwischen 100 und 300 mg/l, die bis zur Mündung auf rund 400 mg/l ansteigen. Es überwiegen die Calcium- und Bikarbonat-Ionen.

Nur 1 mg/l beträgt im Mittel die Untersättigung des Donauwassers an Sauerstoff, was aber nicht für die stark belasteten Nebenflüsse zutrifft, wo vielfach sehr prekäre Sauerstoffverhältnisse vorherrschen, zeigen doch die gemessenen Werte für den biochemischen Sauerstoffbedarf und die Oxydierbarkeit mitunter sehr bedenkliche Konzentrationen an abbaubaren, sauerstoffzehrenden Substanzen an (1 bis 10 mg/l). Eine Untersuchung vom 12. Februar 1973 in Aschach ergab bei 726 m<sup>3</sup>/s Wasserführung eine Sauerstoffsättigung von lediglich 63 %, einen BSBs von 1,8 mg/l und eine Oxydierbarkeit von 36 mg/l.

[1] Literaturhinweis am Ende des Berichtes

Auch die Konzentration an Chloriden (Kochsalz), Phosphaten und Stickstoffverbindungen, die massgebend durch die Abwasserlasten gehoben werden, geben zu einigen Bedenken Anlass. Mit 0,5 mg/l Cl' im Inn an der Schweizer Grenze treten dazu im Gegensatz auf der deutschen Donaustrecke 8 bis 24 mg/l auf, die noch bis zur Donaumündung 10 bis 30 mg/l erreichen. Die neueste Untersuchung bei Aschach lieferte eine Konzentration von 20 mg/l.

Die Phosphate erfahren bis zur österreichischen Donau ebenfalls eine massive Steigerung von 0,03 bis 0,04 auf 0,32 mg/l P. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die starke Schwebstoffführung der Donau (Tonpartikel) einen grossen Anteil der Phosphate adsorptiv binden kann, so dass in der Lösung entsprechend kleinere Mengen verbleiben. Natürgemäss erfolgt auch eine Anreicherung der Stickstoffverbindungen (Ammonium von 0,03 auf 0,16 und 1 mg/l und Nitrate von 0,2 auf 2,5 mg Nitrat-Stickstoff pro Liter).

In neuerer Zeit stellt man eine erhebliche Zunahme der Schwermetalle, der Verölung, der Detergentien und anderer chemischen Fremdstoffe, wie Schädlingsbekämpfungsmittel fest.

Sehr eingehend und kritisch werden in allen Donauländern die Belastungen des Wassers mit radioaktiven Substanzen verfolgt, da zahlreiche Institute in steigendem Masse für Forschungs- und Produktionszwecke Radioisotope gebrauchen. Zudem müssen die wissenschaftlichen Unterlagen geschaffen werden, wenn einmal Atomkraftwerke im Donauraum in grösserer Zahl erstellt werden.

Eine generelle Berechnung ergibt, dass pro Jahr rund 54 Mio Tonnen an gelösten Stoffen dem Donaudelta zufließen, davon besteht der weitaus grösste Anteil aus Calciumbikarbonat (45 Mio Tonnen). Die biogenen Elemente machen rund 1 Mio Tonnen und die organischen Stoffe 2 Mio Tonnen aus. Die Stickstoffverbindungen erreichen 143 000 Tonnen, und die Phosphorfracht wurde mit 12 000 Tonnen ermittelt.

### 3.3 HYDROMIKROBIOLOGIE

Mit Ausnahme einiger Donaustrecken liegen recht wenige systematische Forschungsergebnisse über diese Disziplin vor, obschon die Mikroorganismen den weitaus grössten Anteil der Stoffwechselvorgänge in den Gewässern bewältigen und beherrschen. Die durch die Einleitung von ungereinigten Abwässern stark erhöhten Verseuchungen mit Keimen aller Art, lassen sich über weite Fliessstrecken verfolgen und nachweisen. Bei einer Gesamtzahl von 1,5 Mio Zellen pro ml Wasser erreichen die heterotrophen, saprophytischen Keime Werte von 7500 pro ml und diejenigen der Unterfamilie Escherichia 1000 pro ml. Die Enterokokken im CSSR-Abschnitt liegen zwischen den Grenzen von 4 bis 18 pro ml Wasser. Pathogene Keime werden auch im deutschen und österreichischen Donauabschnitt und in den Nebenflüssen in grosser Zahl festgestellt. Es besteht eine direkte Beziehung zwischen der Anzahl an heterotrophen, saprophytischen Keimen und der Menge leicht abbaubarer organischer Stoffe und der Temperatur. Die Anzahl der Bakterien der Unterfamilie Escherichia resp. der Enterobacteriaceae steht in direkter Beziehung zur Menge der kommunalen Abwässer. Die fäkalen Verunreinigung des Donauwassers muss als unzulässig hoch bezeichnet werden. In der UdSSR wurden durchschnittlich 3,2 bis 23,6 Mio Einheiten pro ml Donauwasser gezählt, wobei 53 % Kokken und 40 % Stäbchen registriert wurden.

Das Problem der pathogenen Mikroben in Oberflächen Gewässern ist derzeit nicht nur ein humanmedizinisches, sondern auch aus veterinärhygienischer Sicht sehr wichtig und verdient die volle Aufmerksamkeit, damit die weitere Ver-

breitung von Enteroinfektionen durch das Wasser unterbunden werden kann. Neu ist die Bedeutung der Familie der Pseudomonadaceae. Es handelt sich um Bakterien, die nicht nur tote organische Stoffe rasch zerlegen, sondern zum Teil auch um Arten, die für Menschen, Tiere und Pflanzen bedingt oder unbedingt pathogen sind.

### 3.4 BIOLOGIE (FLORA UND FAUNA)

Die Forschungen erstrecken sich sowohl auf das freie Wasser (Plankton) als auch auf die Bodenregionen (Benthos). Neben rein systematischen Arbeiten, über die umfangreiche Gattungs- und Artenlisten erstellt wurden, beschäftigen sich die neueren Untersuchungen in stärkerem Masse mit der Biozönose, die durch die Verunreinigungen provoziert wird (Saprobiologie) und mit den Wechselwirkungen der verschiedenen Abwassereinflüsse auf die Lebewelt.

Von über 1500 festgestellten Algen sind 250 den Cyanophyten (Blaulalgen), über 400 den Diatomeen (Kieselalgen) und 450 den Chlorophyten (Grünalgen) zuzuordnen. Schliesslich sind auch die Euglenophyten und die Angiospermae mit je über 100 Arten vertreten.

Die Fomen des Tierreiches erreichen die stattliche Zahl von 1734 Arten, wovon 107 Fischarten miterfasst sind. Die Arthropoda (Gliedertiere, Krebse, Insekten usw.) stellen mit 724 Arten das grösste Kontingent. Es folgen die Rottatorien (Rädertiere) mit 225 Arten. Die Plasmodroma (Rhizopoden, Sporozoa usw.), die Ciliaten (Geisseltiere), die Plathelminthes (Strudelwürmer usw.), die Annelides (Würmer usw.) und die Mollusca (Schnecken und Muscheln) bringen es auf über 100 Formen.

Die weitere intensive Forschung und die qualitative Veränderung des Wassers erweitert zweifellos den Formenreichtum der Gewässer im Donauraum.

## 4. Gewässerschutzmassnahmen

### 4.1 GESETZLICHE GRUNDLAGEN

Fischereigesetze, welche die Fangmethoden, die Fangzeiten, die Nutzungs- und Besatzmassnahmen regelten, enthielten in einigen Fällen auch Hinweise über die Schädigungen der Gewässer resp. der Fische durch Abwässer. In den fünfziger Jahren, nach dem grossen Wiederaufbau, wurden in zahlreichen Staaten neue gesetzliche Grundlagen für den Schutz der Gewässer geschaffen. Neben den Gesetzen traten Verordnungen, Reglemente und Vorschriften über die Gewässergüte in Kraft, wobei zu bemerken ist, dass an diesem gemeinsamen Strom von Land zu Land recht unterschiedliche gesetzliche Grundlagen zur Sanierung der Abwasserverhältnisse vorliegen (vgl. Bericht Dr. P. Grabmayr in diesem Heft).

Doch die besten Gesetze nützen recht wenig, wenn nicht dahinter Verwaltungen und politische Behörden stehen, die auch gewillt sind, den Gesetzen Nachachtung zu verschaffen.

### 4.2 ERFORDERLICHE VORFLUTERWASSERMENGE FÜR DIE ABLEITUNG VON ABWASSER

Es ist recht schwierig Wassermengenwerte festzulegen, aus denen man die Abwassermenge berechnen kann, die abgeleitet werden darf, ohne dass ein irreparabler Schaden am Gewässer entsteht. Die Fachwelt ist sich leider noch nicht einig, nach welchen Kriterien die Gewässer beurteilt werden sollen. Die einen stellen die biologischen Verhältnisse in den Vordergrund, andere fürchten sich vor den schwer abbaubaren organischen Stoffen; die Dritten sehen in der thermischen Belastung das Grundübel; dann gibt es Gruppen, die verständlicherweise die Gifte und Schädlingsbekämpfungsmittel als grösste Gefahr ahnen, und schliesslich gibt es solche, welche die allgemeine Belastung mit häuslichen, biochemisch abbaubaren Stoffen und Nährstoffen ernst nehmen. Je nach der Nutzungart des Wassers muss daher die eine oder andere Belastungsart in den Vordergrund geschoben werden, um überhaupt eine Bewertung für die Praxis vornehmen zu können, mit der etwas angefangen werden kann.

Im folgenden sei an Hand eines Beispiels das Prinzip erläutert, wie solche Bewertungen vorgenommen werden können:

Welche Vorfluterwassermenge muss für die Ableitung von Siedlungsabwasser und Industrieabwasser zur Verfügung stehen, ohne dass das Gleichgewicht des Gewässers

gestört wird? Das Siedlungsabwasser weist verschiedene Komponenten auf, die sehr unterschiedliche Auswirkungen auf die Gewässer ausüben. Ein und dieselbe Komponente wirkt sich auf die in der Natur vorkommenden Gewässertypen uneinheitlich aus. Das gewählte Beispiel lässt sich nur für Fliessgewässer und nicht für Seen anwenden und dies lediglich für den Sauerstoffgehalt.

Pro Einwohner und Tag fallen in mittteleuropäischen Verhältnissen Abfallstoffe im Abwasser an, die einen biochemischen Sauerstoffbedarf von etwa 75 g verursachen. Sofern ein Fliessgewässer einen biochemischen Sauerstoffbedarf von weniger als 2 mg/l aufweist, sind keine nennenswerten Sauerstoffverluste beim Versickern dieses Flusswassers in das Grundwasser zu erwarten, und damit werden mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit auch keine Störungen bekannter Art (Aggressivität, Reduktionsprozesse, Mangan- und Eisenlöslichkeit u.a.m.) auftreten.

Unter dieser Voraussetzung müsste für die Beseitigung der ungeklärten Abwässer pro Person und Tag eine Wassermenge von 35 bis 40 m<sup>3</sup> zur Verfügung stehen, dies ohne Berücksichtigung der Selbstreinigungskraft des Gewässers. Die mittlere Donauwasserführung würde damit die Zulassung von ungereinigtem Abwasser der folgenden Bevölkerungszahlen «erlauben»:

	m <sup>3</sup> /s	Mio Einwohner
Donau bei Passau, ohne Inn	700	1,40
Donau bei Passau, mit Inn	1400	2,80
bei Wien	1900	3,80
CSSR	2290	4,58
Ungarn	2360	4,72
Jugoslawien	5800	11,60
Rumänien	6180	12,36
Bulgarien	6180	12,36
UdSSR	6440	12,88

Im ganzen Donauraum leben schätzungsweise 65 bis 70 Millionen Menschen mit einer gebietsweise stark entwickelten Industrie, die ebenfalls Schmutzstoffe an die Gewässer ab liefert. Wohlwissend, dass nicht alle Bevölkerungskreise ihre gesamten Abwässer in die Donauzubringer ableiten, zeigen doch diese wenigen Zahlen und die daraus resultierenden Differenzen, dass nur durch eine künstliche Entlastung, und zwar durch das Mittel der Reinigung der Abgänge aus Siedlung und Industrie, das Sauerstoffgleichge-

wicht im Wasser aufrechterhalten werden kann und die vom Donauwasser beeinflussten Grundwasservorkommen in einem ansprechenden Gütezustand verbleiben können. Für weitere Stoffgruppen gelten andere Grund- und Grenzwerte, mit denen auf ähnliche Weise Berechnungen angestellt werden können.

#### 4.3 TECHNISCHE MASSNAHMEN

Im Rahmen dieser Zusammenfassung kann nur übersichtsweise über den heutigen Stand der Abwasserreinigungsmaßnahmen im Donauraum informiert werden. Die Gewässerschutzmaßnahmen bestehen aus Planungsunterlagen (generelle Kanalisationsprojekte GKP), Kanalisationsbauten, Grundwasserschutzzonen, Sicherung der Tankanlagen und Rohrleitungen, Sicherung der Deponien von Abfällen, Abwasserreinigungsanlagen für Siedlungen und Industrie, sowie innerbetriebliche Massnahmen in Anlagen zur Rückhaltung und Rückgewinnung von Abfallstoffen.

Dieser Katalog zeigt, wie weitschichtig und vielfältig der allgemeine Gewässerschutz angewandt werden kann. Es sind zahlreiche Lösungen möglich. Die Erreichung des Ziels kann in einer Stufe oder in mehreren Etappen erfolgen. Gewässerschutz ist eine permanente Aufgabe, auch wenn einmal der Nachholbedarf gedeckt sein wird. Die Tendenz der Massnahmen muss zur Rückgewinnung von Stoffen aus dem Abwasser und den Abfällen führen, denn die Rohstoffquellen der Erde sind nicht unerschöpflich. Sie bedürfen einer strengen Bewirtschaftung und müssen vor einem sinnlosen und rücksichtslosen Raubbau geschützt werden.

#### Schweiz (Engadin):

Die Planung der generellen Kanalisationsprojekte ist sehr weit fortgeschritten. In der Region Oberengadin (St. Moritz/Celerina) steht seit 1971 eine Abwasserreinigungsanlage für 42 500 Einwohnergleichwerte in Betrieb, ebenfalls solche für die Gemeinden Sils und Zernez, letztere im Unterengadin. Ferner werden die Abwasser verschiedener Bergstationen biologisch gereinigt.

#### Bundesrepublik Deutschland:

Die Bundesländer Baden-Württemberg und Bayern liegen sowohl im Einzugsgebiet der Donau als auch des Rheins und Mains.

In ganz Baden-Württemberg standen 1969 über 960 Kläranlagen, davon 505 vollbiologische, in Betrieb. An diese werden die Abwässer von 5,8 Mio resp. 3,4 Mio Einwohnern übergeben. Lediglich 22 % der Abwässer werden noch unbehandelt den Gewässern zugeleitet. Im Einzugsgebiet der Donau dürften lediglich etwa ein Viertel der Einwohner angeschlossen sein, so dass die erwähnten Zahlenwerte angemessen reduziert werden müssten.

In Bayern leben 10,5 Mio Einwohner, von denen 5,8 Mio die Abwässer in Kläranlagen einleiten, und 3,2 Mio wohnen im Bereich von vollbiologischen Werken. Von 1623 Abwas-

serreinigungsanlagen werden 470 als vollbiologische Stationen betrieben, wobei besonders die Stadt München mit 1,3 Mio Einwohnern zu erwähnen ist. Im Donaugebiet leben 6,7 Mio Einwohner, wovon 5,3 Mio in Gemeinden mit Kanalisationen. Etwa 60 % der Abwässer werden kanalisiert und ein Drittel wird vollbiologisch gereinigt. Die Abwässer in Bayern (2,4 Mio m<sup>3</sup> pro Tag) stammen zur Hälfte aus den Haushaltungen und zu einem Drittel aus der Industrie. Der Rest besteht aus Sicker- und Bachwasser. Der weitaus grösste Anteil des Industrieabwassers, wohl an die 2/3, stellt Kühlwasser dar. Zahlreiche Industriebetriebe betreiben moderne Reinigungsanlagen (Chemische Industrie, Petrochemie und Erdölindustrie, Holz- und Metallverarbeitende Betriebe u.a.m.)

In den Seegebieten werden mit einem grossen finanziellen Aufwand (über 600 Mio DM) die über 7 Milliarden m<sup>3</sup> Seewasser dadurch geschützt, dass die Abwässer der 340 000 Einwohner durch Ringleitungen, zahlreiche Pumpwerke und mehrstufige Reinigungsanlagen erfasst und unschädlich gemacht werden.

#### Oesterreich:

In allen Bundesländern werden Abwasserreinigungsanlagen erstellt. Es stehen gemäss einer Zusammenstellung der Bundesanstalt für Wasserbiologie und Abwasserreinigung über 200 mechanische und über 130 biologische Anlagen für etwa 6 Mio Einwohner in Betrieb. Die Ausbauarbeiten der Grossanlage Wien stehen vor dem Abschluss. Damit wird ein Schwerpunkt im Donauraum saniert sein. Zahlreiche Industriewerke betreiben Reinigungs- und Rezirkulationsanlagen sowie Vorbehandlungsstufen (Zuckerfabriken, Raffinerien, Metallveredlung, Papier- und Zellstoffwerke, Textilfabriken und Gerbereien u.a.m.).

#### CSSR:

Während die Stadt Prag an der Moldau seit Jahren eine grosse Reinigungsanlage betreibt, fehlen solche an der Donau noch weitgehend. Die zuständigen Wasserwirtschaftsämter beschäftigen sich mit der Beschaffung der Planungsunterlagen für die Abwassersanierung.

#### Ungarn:

Die Wasserwirtschaftsämter und das zentrale Amt für Gewässergüte erstellen auf Grund von umfangreichen Untersuchungen Wassergütekarten, worauf sich die Planung für den Aufbau der Abwasseranlagen abstützen wird. Besondere Probleme stellen sich durch die Ölverunreinigung der Gewässer, da Ölabscheider in den Ableitungen weitgehend fehlen.

#### Jugoslawien, Rumänien, Bulgarien, UdSSR:

Auch in diesen Staaten am Unterlauf der Donau befassen sich die Fachstellen für Abwassertechnik mit der Lösung der Gewässerschutzprobleme von Siedlungen und Industrie. Zahlreiche Forschungsarbeiten werden im Hinblick auf die Reinhal tung der Gewässer bearbeitet.

## 5. Zusammenfassung:

Die limnologische Forschung an den Gewässern der Donau, die sehr intensiv betrieben wird, erbrachte den Beweis, dass auch dieser wasserreiche Strom durch die ungenügend gereinigten Abwässer resp. die nicht behandelten Abgänge streckenweise schwere Schäden aufweist, die eine rasche Sanierung der Abwasserverhältnisse erforderlich machen.

Hauptsächlich am Oberlauf entstanden viele Klärwerke, von denen eine grosse Zahl das Abwasser auch vollbiologisch reinigen. Doch der weitaus grösste Teil der Bevölkerung im Donauraum besitzt noch keine Gelegenheit, seine Abwässer über ein gut ausgebautes Kanalisationsnetz einer zentralen Reinigungsanlage zuzuführen. Auch zahlreiche

Industrien sind noch im Rückstand mit der Sanierung der Abwasserverhältnisse.

Eine enge Zusammenarbeit der Gewässerschutzfachleute im Donauraum ist wichtig, um die reichen Erfahrungen gegenseitig austauschen zu können.

## LITERATURVERZEICHNIS:

1. Limnologie der Donau. Eine monographische Darstellung. Reinhard Liepolt, 1965—1967, Verlag Schweizerbart, Stuttgart

2. Limnologische Berichte der X. Jubiläumstagung der Arbeitsgemeinschaft Donauforschung, Bulgarien, 10.—20. Oktober 1966. Verlag Bulg. Akademie 1968

3. Limnol. Donauforschung. Konferenz in Kiew, 4.—14. September 1967. Akademie der Wissenschaften 1969.

4. Kurzfassung der Referate XII. Tagung in Jugoslawien, 22. September bis 2. Oktober 1969

5. Int. Tagung vom 14.—20. September 1970 in der Schweiz. Schweiz. Zeitschrift für Hydrologie 1971/vol. 33/Fasc. 1, Birkhäuser-Verlag Basel

minar OeWWV. Industrieabwasser, Band 6, Wien 1971

Adresse des Verfassers:

Dr. sc. nat. E. Märki, Präsident des Verbandes Schweizerischer Abwasserfachleute, Mitarbeiter in der Arbeitsgemeinschaft Donauforschung, Gewässerschutzamt des Kantons Aargau Hohlgasse 11, CH - 5000 Aarau

#### Adresse des Verfassers:

Dr. sc. nat. E. Märki, Präsident des Verbandes  
Schweizerischer Abwasserfachleute, Mitarbeiter in der  
Arbeitsgemeinschaft Donauforschung,  
Gewässerschutzaamt des Kantons Aargau  
Hohlgasse 11, CH - 5000 Aarau

## DIE BEDEUTUNG DER DONAU FÜR DIE BEWÄSSERUNG

Dimo Welev

DK (282.243.7) : 626.843

Die Donau ist — nach der Wolga — der grösste Fluss Europas. Sie ist ein mächtiger Faktor für die Entwicklung der Volkswirtschaft der anliegenden Länder. Besonders gross ist ihre Bedeutung für die Landwirtschaft bzw. für die Bewässerung in der Tschechoslowakei, in Ungarn, Jugoslawien, Bulgarien und Rumänen, was einerseits durch die Wirtschaftsstruktur, den Stand der industriellen und landwirtschaftlichen Produktion und den Lebensstandard, anderseits durch die Naturgegebenheiten — die pedologischen, klimatischen, hydrogeologischen und hydrologischen Verhältnisse bedingt wird.

## 1. Pedologische Verhältnisse (Bodenkunde)

Beiderseits der Mittleren und der Unteren Donau (teilweise auch der Oberen Donau) liegen breite, fruchtbare Gebiete, deren Böden nach ihrer pedologischen Struktur sehr verschiedenartig und vielfältig sind — von den leichtesten sandigen bzw. lehmigen Sandböden alluvialer und diluvialer Herkunft bis zu den schweren Tonböden. Sehr verbreitet sind auch die lössartigen und Lössböden, die besonders für die oberen Terrassen der Unteren Donau (bulgarisch-rumänische Strecke) kennzeichnend sind. Auf Grund der bodenbildenden Felsen — Löss und lössartigen sandigen Tonen — und der klimatischen (regliches Frühjahr, trockener Sommer und strenger Winter) und pflanzenbiologischen (reichlicher Grosswuchs) Verhältnisse wurden folgende Bodenarten entwickelt: Löss-Schwarzerde, Kalk-Schwarzerde und typische Schwarzerde (Tschernosiom). Die Schwarzerdeböden werden nach ihrer mechanischen Zusammensetzung als leichte sandlehmige bis schwere sandtonige charakterisiert.

In den Auegebieten entlang der Donau überwiegen bei weitem die Alluvialwiesenböden, Wiesen-Teichböden und teilweise Torfböden. Sie gehören nach ihrer mechanischen Zusammensetzung zu den leichten lehmigen Sandböden. Die Wiesen-Teichböden sind schwerer als die Alluvial-Wiesenböden und gehören, nach ihrem mehr oder weniger grossen Gehalt an sandigen und tonigen Bestandteilen, zu den leichten und schweren sandigen Lehmböden.

Die obere Schicht fast aller Bodenarten ist locker. Sie zeichnen sich, mit Ausnahme der ganz sandigen Böden, durch gute physikalische Eigenschaften aus. Die obersten Schichten besitzen gute Wasserdurchlässigkeit und grosses Wasserrückhaltevermögen; das ist für manche Lössböden im Bereich der Unterstrecke der Donau (Dobrudja in Bulgarien) besonders kennzeichnend. Sie sind nährstoffreich und gehören dadurch, ebenso wie durch ihre oben angeführten physikalischen Eigenschaften, zu den besten landwirtschaftlichen Böden; schädliche Bodennässe, wie dies bei den Niederungen der ersten Terrassen der Fall ist, lässt sich leicht beseitigen. Als negative Eigenschaft kann das gestörte Krümelgefüge bei manchen Kalk-Schwarzerde-Böden, welche zu intensiver Verdunstung und Wasserverlusten führt, bezeichnet werden.

## 2. Klimatische Verhältnisse

Die Donau fliessst, im allgemeinen, von West-Nordwesten nach Ost-Südosten zwischen dem  $49^{\circ}$  und  $44^{\circ}$  nördlicher geographischer Breite. Die klimatischen Verhältnisse der Donaugebiete werden durch die Zirkulation der Luftmassen arktischer und subtropischer Herkunft bestimmt. Ausser der atlantischen und kontinentalen Luftzufuhr, treten im

Bild 1 Skizze des Bewässerungsdreiecks «Bratislava - Novo Selo - Sturovo» in der Slowakei.

