



Zusammenfassung des Endberichts

GEMEINSAME DONAU-UNTERSUCHUNG MAI 2002

Informationen

IKSD – Internationale Kommission zum Schutz der Donau
Ständiges Sekretariat
Vienna International Centre, D0412
P. O. Box 500, 1400 Wien / Österreich
Tel: 0043-1-260 60-5738, Fax: 0043-1-260 60-5895
e-mail: icpdr@unvienna.org, www.icpdr.org



An der schönen blauen Donau

Donau so blau,

Durch Tal und Au

Wogst ruhig du dahin,

Dich grüßt unser Wien,

Dein silbernes Band

Knüpft Land an Land,

Und fröhliche Herzen schlagen

An deinem schönen Strand.

(Franz von Gernerth)

Impressum

Herausgeber: IKSD – Internationale Kommission zum Schutz der Donau / Sekretariat, **Design und Herstellung:** p:matter Vienna, e-mail: p_matter@hotmail.com; **Fotos:** IKSD und Bundesamt für Wasserwirtschaft, Österreich; **Lektorat:** Parole Language Services, Kroatien; **Druck:** Print Tech Ltd., Ungarn

Vorwort



Die Donau ist der Lebensquell für die 83 Millionen Bewohner des Donaubeckens. Seit Jahrtausenden hat der Fluss die Felder entlang seines Laufes bewässert und sie in fruchtbares Ackerland verwandelt. Die Donau hat die Bevölkerung der Umgebung mit Fischen versorgt und als wichtiger Transportweg Menschen und Güter entlang ihres 2857 km langen Laufes zu verschiedenen Zielen befördert. Ihre natürliche Schönheit inspirierte Dichter, Maler und Komponisten. Wie jeder wertvolle Besitz in der Geschichte der Menschheit hat sie Eroberer angezogen und den Lauf der Geschichte beeinflusst.

Die Donau ist natürlich nicht der einzige Leben spendende oder Ehrfurcht einflößende Fluss der Welt, aber sie ist ein in einzigartiger Weise ein "politischer" Fluss, verbindet sie doch 13 europäische Staaten miteinander. In weitere vier Ländern erstrecken sich kleinere Teile ihres Beckens. Kein anderes Flussbecken wird von so vielen Nationen geteilt. Dieser internationale Charakter der Donau kann ein zweiseitiges Schwert sein. Einerseits birgt er potentiellen Konfliktstoff in sich, wenn von einem Staat verursachte Veränderungen des Flusses sich über dessen Grenzen hinaus auswirken. Andererseits birgt der internationale Charakter ein mindestens ebenso großes Potential an Kooperationen und Konsensfindung in sich, da der Erfolg jedes Versuchs zur Regulierung und zum Schutz des Flusses von Anfang an stark von der Einigung zwischen so vielen Anrainerstaaten abhängt.

Die jüngere Geschichte war gekennzeichnet von Kooperation. Die Bevölkerung des Donauraums fühlt sich erwiesenermaßen verpflichtet, dass die Donau nicht zum Abwasserkanal Mittel- und Osteuropas degradiert und hat dafür zu sorgen, dass der Fluss seine blaue Farbe behält und dadurch weiterhin seinem Image gerecht wird, das ihm Johann Strauß einstmals verschafft hat.

Die Gemeinsame Donau-Untersuchung (JDS) ist nur der jüngste Beweis dieser Verpflichtung. Von August bis September 2001 fuhren zwei Schiffe mit Wohn- und Forschungseinrichtungen von Regensburg (Deutschland) hinunter bis zum Donaudelta. An Bord hatten sie Wissenschaftler aus verschiedenen Ländern, die Wasserproben, Sediment und Schwebstoffe entnahmen und analysierten, um vergleichbare Daten über den chemischen und biologischen Zustand der Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse zu gewinnen.

Die Untersuchung wurde vorallem durch die großzügige finanzielle Unterstützung der deutschen Regierung und durch einen großen Beitrag der österreichischen Regierung ermöglicht. Andere Länder des Donauraums steuerten Sachmittel bei. Die Anrainerstaaten unterstützten das Vorhaben in wissenschaftlicher, logistischer und organisatorischer Art und Weise aber auch durch wichtige Expertisen, um so die Gemeinsame Donau-Untersuchung zu einem wahrhaft gemeinsamen Unternehmen zu machen.

Wenn die über 40.000 durch die Untersuchung gewonnenen Ergebnisse als Grundlage für angemessene Umweltentscheidungen Verwendung finden, werden sie uns einen weiteren Schritt näher zu einer reineren Donau bringen.

Martina Motlova
Präsidentin der Internationalen Kommission zum Schutz der Donau

Inhalt



Vorwort	3
Gesetzlicher Rahmen	5
Vorbereitung der Donau-Untersuchung	6
Ziele	7
Probestellen und Proben	8
Die Ausrüstung	9
Das Team	9
Untersuchungsergebnisse	11
Der ökologische Zustand der Donau und ihrer Nebenflüsse	11
Makrozoobenthos	12
<i>Saprobität - Biologische Gewässergüte</i>	13
<i>Fremde Arten</i>	14
Phytobenthos	14
Makrophyten	15
Plankton	15
<i>Phytoplankton</i>	16
<i>Zooplankton</i>	16
Mikrobiologie	18
Der chemische Zustand der Donau und ihrer Nebenflüsse	21
Allgemeine Merkmale	21
Nährstoffe	21
Schwermetalle	22
Organische Schadstoffe	24
<i>Characteristika der Aggregate</i>	24
<i>Erdöl-Kohlenwasserstoffe</i>	25
<i>Flüchtige organische Chlorkohlenwasserstoffe</i>	25
<i>Polare Pestizide</i>	26
<i>Andere prioritäre Stoffe der WRRL</i>	26
<i>Pharmazeutische Inhaltsstoffe</i>	27
<i>GC-MS-Analyse</i>	27
Schlussfolgerungen	28

Gesetzlicher Rahmen



Der erste gesetzliche bzw. institutionelle Rahmen für die Zusammenarbeit zum Schutz der Donau durch gemeinsame Maßnahmen wurde mit der Unterzeichnung der Deklaration von Bukarest 1985 geschaffen. Mit dem nächsten Schritt, der Annahme der Konvention über den Schutz und die nachhaltige Nutzung der Donau (Donauschutzübereinkommen, DRPC) in Sofia 1994, reagierte man auf die notwendig gewordene Entwicklung einer internationalen Strategie zum Schutz der Donau. Mit ihrem Inkrafttreten am 22.10.1998 wurde die DRPC zum entscheidenden gesetzlichen Rahmen für die Regelung der Zusammenarbeit und der grenzüberschreitenden Wasserwirtschaft im Donaauraum.

Das wichtigste Ziel sind der Schutz und die nachhaltige Nutzung von Grund- und Oberflächenwasser im Donaueinzugsgebiet. 2001 gehörten Österreich, Bulgarien, Kroatien, die Tschechische Republik, die EU, Deutschland, Ungarn, Moldawien, Rumänien, die Slowakei und Slowenien zu den Vertragspartnern. Die Ukraine war Signatarstaat der Konvention und Bosnien-Herzegowina hatte Beobachterstatus. Jugoslawien hat sein Interesse an einem Beitritt zur DRPC bekundet.

Um die Einhaltung der Konvention zu gewährleisten, wurde die Internationale Kommission zum Schutz der Donau (IKSD) als entscheidungsfindendes Organ eingerichtet. Gegenwärtig konzentriert sich die IKSD auf die Erfüllung sämtlicher aus den derzeitigen EU-Richtlinien im Bereich Wasser resultierenden und für die nachhaltige ökologische Entwicklung der Donauregion bedeutsamen Verpflichtungen. Dabei nimmt die im Jahr 2000 verabschiedete EU-Wasserrahmrichtlinie (EU-WRRL) als zukunftsweisendes Gesetzeswerk zur Erhaltung ausgeglichener Lebensbedingungen für alle Lebensgemeinschaften des Donaauraums eine besondere Stellung ein.

Vorbereitung der Donau-Untersuchung



Vorbereitungen für die Gemeinsame Donau-Untersuchung umfassten die Festlegung der Untersuchungsziele und das Auswählen der Expertenteams, das Festlegen der Parameter, die gemessen werden sollten, die Bestimmung der Methoden zur Entnahme und Analyse von Proben und die Auswahl der Orte für die Probeentnahme. Diese Aufgaben wurden von der IKSD-Expertengruppe "Monitoring, Labor und Informationsmanagement (MLIM)" durchgeführt. Das Sekretariat der IKSD in Wien, das das gesamte Projekt koordinierte, bestimmte die zur Erfüllung der Aufgabe nötigen Einrichtungen und die Ausrüstung. Jedes noch so winzige Detail musste vorab gründlich

geklärt werden, um Verzögerungen bei der eigentlichen Untersuchung auszuschließen. Auch die logistische Vorbereitung musste ähnlich genau und systematisch erfolgen, da das eventuelle Fehlen eines einzigen Ausrüstungsteils an Bord die Arbeit der Wissenschaftler ernsthaft hätte gefährden können. Eine wesentliche Aufgabe der IKSD bestand darin, schon zu einem sehr frühen Zeitpunkt die Unterstützung einer breiten Palette lokaler Behörden in den an der Untersuchung beteiligten Ländern zu gewinnen. Dadurch wurde eine wichtige Bedingung für den reibungslosen und termingerechten Ablauf der gesamten Expedition erfüllt.



Das Team (von links nach rechts): Birgit Vogel, Peter Woiitke, Erich Poetsch, Haide Bernerth, Boyan Boyanovsky, Carmen Hamchevici, Peter Literathy, Jaroslav Slobodnik, Aleksandar Miletić, Bela Csanyi

Vorbereitung der Donau-Untersuchung



Die Ziele

Jeder befriedigende Versuch zum Schutz der Umwelt vor schädlichen Substanzen muss unbedingt mit detaillierter und genauer Information über das Auftreten dieser Substanzen im Ökosystem beginnen. Zum Sammeln solcher Informationen führt die IKSD regelmäßige Kontrollen der Donauwasserqualität im Rahmen des Transnationalen Monitoring Messnetzes durch. Die Resultate der Untersuchungen werden jährlich ausgewertet und veröffentlicht, aber die regelmäßige Überwachung erstreckt sich nur auf eine beschränkte Zahl von Parametern und die Resultate werden von verschiedenen Labors in allen IKSD-Ländern zusammengetragen, was zu gewissen Diskrepanzen in der Datenanalyse führen kann. Daher beschloss die IKSD im Jahr 2000 eine wissenschaftliche Expedition – die Gemeinsame Donau-Untersuchung – zu starten, sodass durch das Einbeziehen möglichst vieler Schadstoffe und die verbesserte Vergleichbarkeit der Wasserqualitätsdaten der Überwachungsrahmen erweitert werden kann.

Das Hauptziel der Untersuchung war eine gründliche Analyse des Wassers, der Sedimente, der Schwebstoffe sowie der Flora und Fauna der Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse. Homogenes Datenmaterial, das von den besten Labors im Donaauraum erstellt wurde, sollte eine wichtige Grundlage für die Bestimmung und Bestätigung spezifischer Verschmutzungsquellen darstellen. Man einigte sich darauf, ein spezielles Augenmerk auf die genaue Untersuchung der in der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) ausdrücklich genannten gefährlichen Substanzen zu richten. Weiters wurde die Gemeinsame Donau-Untersuchung als hervorragende Chance zum Erfahrungsaustausch für Experten aus allen Ländern des Donau-einzugsgebiets sowie zur Harmonisierung der unterschiedlichen Prozesse zur Gewinnung von Proben und der Laboranalysemethoden in den einzelnen Ländern gesehen. Nicht zuletzt halfen die in allen Donaustaaten abgehaltenen Pressekonferenzen zur Information der Öffentlichkeit über die Ziele der Untersuchung, zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit für die Verminderung der Umweltverschmutzung und den Schutz der natürlichen Ökosysteme zu steigern.

Vorbereitung der Donau-Untersuchung



Probestellen und Proben

Da die chemische und biologische Beschaffenheit von Flüssen stark von der Landschaftsgeomorphologie beeinflusst wird, müssen zur Gewinnung repräsentativer Daten bei der Auswahl der Stellen für die Probeentnahme Faktoren wie Abfluss, Gefälle, Tiefen- und Breitenunterschiede, Substratzusammensetzung oder Sedimentgeschiebe, die insbesondere die Vielfalt und Qualität von Lebensräumen für Wasserorganismen beeinträchtigen können, berücksichtigt werden. Die Landschaftsgeomorphologie des Donauraums ist von einer großen morphologischer Vielfalt charakterisiert, die sich ihrerseits wiederum in einem breiten Spektrum chemischer und ökologischer Unterschiede von der Donauquelle bis zur Mündung ins Schwarze Meer reflektiert werden. Unter Berücksichtigung dieser Tatsache wurde die Donau zum Zweck der Untersuchung in drei

Hauptabschnitte unterteilt: (1) Der Obere Donauabschnitt vom Ursprung des Flusses bis zum Staudamm von Gabčíkovo bei Fluss-km 1816, charakterisiert durch häufige Dämme und eine sehr geringe Anzahl frei fließender Abschnitte; (2) der Mittlere Donauabschnitt vom Staudamm von Gabčíkovo bis zum Eisernen Tor bei Fluss-km 943, ein komplett frei fließender Abschnitt, und (3) das Untere Donauebiet vom Eisernen Tor bis zum Donaudelta, ein weiterer frei fließender Abschnitt. Jedes der drei Hauptabschnitte der Donau wurde weiter in jeweils drei Unterabschnitte unterteilt, sodass sich insgesamt neun geomorphologisch unterscheidbare Abschnitte ergaben, die durch spezifische geomorphologische Landschaftsfaktoren und anthropogene Einflüsse charakterisiert werden können. Folgende neun geomorphologische Abschnitte wurden angenommen:

Gebiet 1: Neu Ulm – Innmündung (Fluss-km 2581 – 2255)

Alpiner Flusscharakter; anthropogener Einfluss durch Wasserkraftwerke.

Gebiet 2: Innmündung – Moravamündung (Fluss-km 2225 – 1880)

Alpiner Flusscharakter, anthropogener Einfluss durch Wasserkraftwerke.

Gebiet 3: Morava – Staudamm von Gabčíkovo (Fluss-km 1880 – 1816)

Anthropogener Einfluss durch die Errichtung des Staudamms von Gabčíkovo.

Gebiet 4: Staudamm von Gabčíkovo – Budapest (flussaufwärts - Fluss-km 1816 – 1659)

Von einem alpinen zu einem Tieflandfluss geworden, fließt die Donau durch die Ungarische Tiefebene.

Gebiet 5: Budapest (flussaufwärts) – Savemündung (Fluss-km 1659 – 1202)

Als Tieflandfluss fließt die Donau durch die Ungarische Tiefebene; anthropogener Einfluss durch bedeutende Emissionen unbehandelter Abwässer in Budapest.

Gebiet 6: Save/Belgrad – Staudamm Eisernes Tor (Fluss-km 1202 – 943)

Als Tieflandfluss bricht die Donau durch die Karpaten und den Balkan; anthropogener Einfluss

Vorbereitung der Donau-Untersuchung



durch Staudammeffekte des Wasserkraftwerks am Eisernen Tor und durch bedeutende Emissionen unbehandelter Abwässer in Belgrad.

Gebiet 7: Staudamm am Eisernen Tor – Jantramündung (Fluss-km 943 – 537)

Als Tieflandfluss fließt die Donau durch die walachische Tiefebene (äolische Sedimente und Löss); bis zu 150 m hohe steile Sedimentwände charakterisieren das Flussufer auf der bulgarischen Seite.

Gebiet 8: Jantra – Reni (Fluss-km 537 – 132)

Tieflandfluss; angeschwemmte Inseln zwischen den beiden Donauarmen.

Gebiet 9: Reni – Schwarzes Meer (Fluss-km 132 – 12)

Die Donau verzweigt sich in drei Arme; charakteristisches Feuchtgebiet und Mündungsökosystem; das Gefälle geht auf 0,01 ‰ zurück.

Insgesamt wurden 98 Probestellen verteilt auf die neun Gebiete zur Entnahme von Proben ausgewählt, 74 am Hauptarm und 24 an den wichtigsten Nebenflüssen und den Nebenarmen der Donau. An jedem dieser 98 Probestellen bestand die Probeentnahme aus fünf verschiedenen Probentypen (Wasser, Sediment, Schwebstoffe, Muscheln und andere Lebewesen) mit jeweils anderen Parameterlisten, die an verschiedenen Probestellen zu entnehmen waren: links, in der Mitte und rechts.

Die Ausrüstung

Zwei Schiffe, die Argus aus Deutschland und die Szechenyi aus Ungarn, wurden als Expeditionsschiffe ausgewählt. Die Argus, ein Laborschiff aus Hessen, diente allen wissenschaftlichen Aktivitäten. Ein großer Greifer wurde an das Vorderdeck der Argus montiert, mit dem man Felsbrocken entnehmen konnte, um die darauf lebende Fauna zu untersuchen. Das große Schiffslabor ermöglichte die Verarbeitung an Bord und die unmittelbare Analyse der gesammelten Proben, deren

Qualität sonst durch die Lagerung womöglich gelitten hätte (z.B. für mikrobiologische Analysen). Andere Proben, deren Analyse hochentwickelte Analysegeräte und spezielle Laborbedingungen erforderten, wurden an neun Top-Labors in Deutschland, Österreich, der Slowakei und Ungarn gesendet. Die Szechenyi, ein erstklassiger ungarischer Eisbrecher, diente als Versorgungsschiff für Unterkunft, Lagerung und andere logistische Zwecke.

Das Team

Die Untersuchung wurde von einem internationalen Team, bestehend aus zehn Wissenschaftlern aus den Donauländern mit Erfahrung in Hydrobiologie, Mikrobiologie und Chemie durchgeführt. Das wissenschaftliche Team wurde von nationalen Experten begleitet und unterstützt, wodurch ein Erfahrungsaustausch zwischen den Ländern ermöglicht wurde, und zu einer äußerst genauen Untersuchung der Donau beitrug.

Untersuchungsergebnisse



Wie erwartet lieferte die Untersuchung die zur Bestimmung des ökologischen und chemischen Zustandes der Donau und ihrer wichtigsten Nebenflüsse nötigen Daten. Es ist wichtig festzuhalten, dass der Großteil der Untersuchung bewusst bei niedrigem Wasserstand durchgeführt wurde, und dass daher die beobachteten Konzentrationen die ungünstigsten Verhältnisse darstellen.

Der ökologische Zustand der Donau

Aquatische Lebensgemeinschaften sind gute Indikatoren für Verschmutzung. Darüber hinaus zeigen sie auch Änderungen in der Gewässerstruktur an. Das Vorkommen und die Verteilung von Gewässerorganismen in Flüssen wird signifikant durch die Fließgeschwindigkeit, die Temperatur, die Transparenz des Wassers, der Habitat/Substratbedingungen und deren Schwankungen als auch durch den chemischen Zustand der aquatischen Umwelt beeinflusst. Das Plankton und die benthischen Lebensgemeinschaften, ihre Artzusammensetzung und die Häufigkeit ihrer Individuen werden als Basis für die Bewertung des ökologischen Zustands der Flüsse verwendet, die in der EU-Wasserrahmenrichtlinie aufgeführt sind.

Basierend auf ihren bevorzugten Lebensräumen werden aquatische Lebensgemeinschaften üblicher Weise wie folgt angesprochen:

- Benthische Makroinvertebraten (Makrozoobenthos): kleine, mit bloßem Auge sichtbare, Tiere, die auf dem Bodensediment leben; breite Verwendung für die Bewertung organischer

Verschmutzung (Saprobität);

- Phyto­benthos: Auf dem Bodensediment oder auf anderem Material (z. B. Holz) lebende Algen;
- Makrophyten: Wasserpflanzen (große Algen, Moose, höhere Pflanzen), deren Pflanzenmasse oft zur Bewertung des trophischen Zustands und von Änderungen in der morphologischen Gewässerstruktur und der Fließgeschwindigkeiten verwendet werden;
- Phytoplankton: Mikroskopische, im frei fließenden oder stagnierenden Wasser lebende Algen, deren Biomasse meist zur Bewertung der Eutrophierung verwendet werden;
- Zooplankton: Mikroskopisch kleine, im frei fließenden oder stagnierenden Wasser lebende Tiere, die in Kombination mit den aus dem Phytoplankton gewonnenen Ergebnissen zur Bewertung des trophischen Zustands genutzt werden.

Alle biologischen Elemente, auf die in der EU-Wasser­rahmenrichtlinie zur Bewertung des ökologischen Zustands Bezug genommen wird (Benthische Invertebraten, Phyto­benthos und Makrophyten, Phytoplankton) wurden während der Studie untersucht. Eine Ausnahme stellen die Fische dar, da diese Gruppe von Organismen eine



Beispiele aus der Donau

Untersuchungsergebnisse



andere Probeentnahmetechnik erfordert hätten. Besonderes Gewicht wurde auf die Bewertung organischer Verschmutzung (Saprobität) und die Eutrophierung gelegt. Zusätzlich zu den oben erwähnten aquatischen Lebensgemeinschaften wurde das Wasser auch auf mikrobiologische Parameter (gesamte Koliforme, fäkale Koliforme, fäkale Streptokokken und heterotrophe Bakterien) hin analysiert.

Mehr als 1000 im Wasser lebende Arten und höhere Organismen wurden während der Untersuchung identifiziert, insbesondere:

- 268 Makrozoobenthos Taxa
- 340 Phytobenthos Taxa
- 49 Makrophytenarten
- 261 Phytoplankton Taxa
- 120 Zooplankton Taxa

Basierend auf den während der Gemeinsamen Donau-Untersuchung erzielten Ergebnissen wird der ökologische Status der Donau charakterisiert.

Makrozoobenthos

Bei der biologischen Bewertung der benthischen invertebraten Fauna im Rahmen der Gemeinsamen Donau-Untersuchung ist zu beachten, dass die Untersuchung im August/September 2001 durchgeführt wurde, als schon eine große Zahl von Wasserinsekten geschlüpft war. Während der Untersuchung wurden 268 Arten in den mit dem Polypgreifer der Argus gesammelten benthischen Proben gefunden. Zählt man alle mit zusätzlichen leichten Fallen gefangenen und händisch mittels Netz gesammelten Arten hinzu, steigt die Zahl der gefundenen benthischen Invertebraten-Arten auf beinahe 300. Die höchste Anzahl an Arten und höheren Organismen – durchschnittlich 40 – wurde an den Probestellen im Oberen Donaugebiet gefunden. In den mittleren und unteren Abschnitten reicht die Anzahl von 30 bis 10. Die Zahl der Arten wird durch die unterschiedliche Korngröße des Substrats sowie durch die Fließgeschwindigkeiten der Donau beeinflusst. Die Zahl der Arten stimmte auf den beiden Flussufern nur zu 60 % überein, wobei die größten Unterschiede zwischen den linken und den rechten Flussufern im Mittleren und im Unteren Donaugebiet festgestellt werden konnten. Es konnte nur ein sehr

Saprobität	Intervall der Saprobienindizes	Saprobiologische Gewässergüte
oligosaprob	< 1,25	I (nicht verschmutzt)
oligosaprob bis β -mesosaprob	1,25 to 1,75	I-II (wenig verschmutzt)
Beta-mesosaprob	1,76 to 2,25	II (mäßig verschmutzt)
Beta-mesosaprob bis Alpha-meso-saprob	2,26 to 2,75	II-III (kritisch verschmutzt)
Alpha-mesosaprobi	2,76 to 3,25	III (stark verschmutzt)
Alpha-mesosaprob bis polysaprob	3,26 to 3,75	III-IV (sehr stark verschmutzt)
polysaprob	> 3,75	IV (extrem verschmutzt)

Tabelle 1: Klassifizierung der saprobiologischen Gewässergüte (Österr. Standard ÖNORM M 6232)

Untersuchungsergebnisse



geringer Unterschied in der Zahl der Arten zwischen den Nebenflüssen und der Donau nachgewiesen werden. Die dominanten Gruppen der Invertebraten zeigen eine unterschiedliche Verteilungen entlang der Donau. Während die gleichen Arten der Krebstiere die gesamte Donau besiedeln, nimmt die Zahl der Insekten signifikant ab, je weiter flussabwärts man gelangt. Weichtiere und Zerkleinerer dominieren im mittleren und unteren Abschnitt.

Saprobität – Biologische Gewässergüte

Besonders Makroinvertebraten (Makrozoobenthos) wurden seit vielen Jahren in Europa weit hin zur Bewertung der organischen Verschmutzung von Flüssen verwendet. Im Donaauraum beruht diese Bewertung vor allem auf dem Saprobienystem, das zu einer Klassifizierung der biologischen Gewässergüte in sieben Klassen, vier Haupt- und drei Nebenklassen, führt (siehe Tabelle 1). Die Gewässergüteklasse II (mäßig verschmutzt) stellt das allgemeine Qualitätsziel dar.

Die Saprobität der Donau schwankte zwischen der Gewässergüteklasse II (mäßig verschmutzt) und II-III (kritisch verschmutzt). Wenn man bedenkt, dass der Saprobienindex auch von der Habitatstruktur (zum Beispiel der Vergleich von frei fließenden, regulierten Abschnitten) abhängt, wies die Donau entlang der gesamten Strecke bis Budapest eine gute Gewässerqualität (Klasse II) auf. Flussabwärts von Budapest, wo die Donau die Ungarische Tiefebene durchfließt, sank die Gewässergüte oft auf Klasse II-III, was auf eine kritische organische Verschmutzung hinweist. Berücksichtigt man sowohl die hohen Chlorophyll-a Werte als auch die extreme Übersättigung mit Sauerstoff in diesem Abschnitt,

die durch eine erhöhte Phytoplanktonbiomasse verursachte Sekundäre-Verschmutzung, die gewöhnlich zu einer Erhöhung der Saprobität führt, klar erkennbar.

Flussabwärts von Belgrad bis zum Rückstau des Eisernen Tors schwankte die Gewässerqualität zwischen Klasse II und II-III. Zeichen von Verschmutzung begannen aufzutreten und es gab signifikante Saprobitätsunterschiede zwischen den am linken und am rechten Flussufer entnommenen Proben, was auf die verschmutzende Wirkung der Emissionen der Nebenflüsse zurückzuführen schien. Nur das regulierte Gebiet flussaufwärts vom Staudamm am Eisernen Tor zeigte Saprobitätswerte unter dem Grenzwert für die Gewässergüteklasse II.

Im Unteren Donaubereich, besonders flussabwärts von großen Städten, schienen Emissionen zu einem Anstieg des Niveaus von Destruenten, Bakterien und Detritusfressern zu



Sammeln von Makrozoobenthos

Untersuchungsergebnisse



führen; sogar toxische Effekte schienen aufzutreten. Am linken Donauufer, z. B. bei Vrba/Smiljan, gab es keine Invertebraten auf Fels oder Kiesel, und das sehr feinkörnige, reduzierte Sediment war hauptsächlich von wenigen Oligochaeten und Chironomiden bewohnt. Vergleicht man die Obere und die Untere Donau hinsichtlich der Artenvielfalt, war der untere Abschnitt der Donau durch einen signifikanten Rückgang in der Biodiversität gekennzeichnet. Die Ergebnisse zeigen, dass Nebenarme und Nebenflüsse der Donau stärker verschmutzt sind als der Fluss selbst und sogar die Gewässergüteklasse III (stark verschmutzt) oder schlechter erreichten. Der Moson-Arm und der gestaute Rackeve-Soroskararm wiesen dem Untersuchungsergebnis zufolge einen kritischen Verschmutzungsgrad auf (Gewässergüteklasse II-III). Die Sio erreichte sogar die Gewässergüteklasse III. Keine Makroinvertebraten wurden – wahrscheinlich aufgrund toxischer Effekte – in den Nebenflüssen Iskar, Olt und Arges gefunden, die die Grenzwerte zur Gewässergüteklasse III überschritten und somit die schlechtesten in der Untersuchung erfassten Qualitätsmerkmale aufwiesen.

Fremde Arten

Durch den Bau des Main-Donau-Kanals und seine Eröffnung im Jahr 1992 wurde eine natürliche biogeografische Grenze aufgehoben, die seit Jahrtausenden den Rhein und die Donau voneinander trennten, was einen ständigen Fahnaustausch in beide Richtungen zwischen den beiden Flüssen nach sich zog. Die Konkurrenz zwischen einheimischen und fremden Tierarten (Neozoen) um Futter und Lebensraum hat zu Veränderungen in der Diversität des Makrozoobenthos geführt. Die Schifffahrt för-

dert eine rasche Ausbreitung von Neozoen. So kam zum Beispiel die Corbicula-Muschel per Schiff von Europa und Ägypten (Nil) nach Nordamerika und kehrte von dort um 1980 wieder nach Europa zurück. Sie wanderte 1997 vom Rhein aus in die Donau, erreichte die ungarische Region 1998/99 und wurde während der Gemeinsamen Donau-Untersuchung 2001 im Donaudelta gefunden.

Phytobenthos

Unter Phytobenthos versteht man die Gesamtheit der auf der Substratoberfläche im Flussbett lebenden Algen. Die ökologische Nische für Phytobenthos-Algen wird durch eine lange Liste von Umweltvariablen charakterisiert (Hydrologie, Substrat, Licht, Wasserchemie, Temperatur und andere Lebewesen), die vom Flusstyp abhängige Schwankungsbreiten aufweisen. Langfristig reagieren Phytobenthosgemeinschaften auf umweltbedingten Stress (z. B. Geschiebetrieb, Verschlammung, Substratinstabilität, jahreszeitliche bediente Schattenentwicklung, Trübung, Härte, Nährstoffgehalt, Schwankungen im Laufe des Tages bzw. der Jahreszeiten, Abweiden durch Zoobenthos, Fische, Beschattung durch Ufervegetation) vor allem durch Veränderungen in der Artenzusammensetzung. Insgesamt wurden während der Untersuchung 340 Phytobenthosarten und höhere Organismen in der Donau, ihren Seitenarmen und Nebenflüssen nachgewiesen.

Die artenreichste Gruppe war die der Kieselalgen mit 264 nachgewiesenen Arten. Diese Algengruppe, die auch Diatomeen genannt wird, ist für ihre artspezifische Silikatstruktur bekannt. In den während der Untersuchung entnommenen Proben dominierten pennate Arten

Untersuchungsergebnisse



von Diatomeen, hauptsächlich Gattungen von *Navicula*, *Nitzschia*, *Achnanthes*, *Amphora*, *Cocconeis*, *Cymbella*, *Diatoma*, *Fragillaria*, *Gomphonema*, *Gyrosigma*, *Pinnularia* und *Suirella*.

Die Zahl der an den einzelnen Orten der Probenentnahmen nachgewiesenen Arten schwankte im Bereich von 20 – 96 in der Donau und von 16 – 109 in den Nebenflüssen. Flussabwärts von Koszloduy (Fluss-km 685) ging die Zahl der phytobenthischen Arten signifikant zurück. Der Grund dafür wird im Substrattyp (Schlamm und Sand) vermutet. Eine extrem niedrige Zahl von Arten (20 – 39) wurde im Donaudelta gefunden.

Makrophyten

Die Donau bietet mit ihrer großen Diversität an abiotischen Lebensraumbedingungen wie zum Beispiel unterschiedliche Substrattypen, Fließtypen und Transparenz eine gute Basis für die Entwicklung einer artenreichen makrophytischen Vegetation.

Insgesamt wurden während der Untersuchung 49 Wasserpflanzenarten gesammelt und bestimmt, insbesondere:

- 14 Moosarten;
- 16 Spermatophyta (Samenpflanzen) – Unterwasserarten von Rhizophyten;
- 9 Schwimmblattpflanzen und freischwimmende Pflanzen;
- 6 Arten, die Amphiphyten repräsentieren;
- 3 Helophyten
- 1 Art, die zur Gruppe der Armleuchteralgen gehört (Charophyceae).

Die Untersuchungsergebnisse der Makrophyten zeigten klar den Einfluss der Fließbedingungen,

weil Moose, Unterwasserarten von Rhizophyten, Schwimmblattpflanzen und frei schwimmende Pflanzen gut als Indikatoren von Fließbedingungen dienen können. Moose bevorzugen harte Substrate (z. B. Felsbrocken), die im Oberen Donauebiet (Österreich, Deutschland) dominieren. Sie stellten einen wesentlichen Teil der Gesamtpflanzenmenge in den Abschnitten 1, 2 und 4 dar.

Bezüglich der Pflanzenmenge ließ sich in der Donau eine klare Dominanz höherer Pflanzen (Spermatophyten), d. h. frei schwimmende Pflanzen und Schwimmblattpflanzen, feststellen. Im Allgemeinen bevorzugten Unterwassermakrophyten schnellere Fließgeschwindigkeiten als Schwimmblattpflanzen oder gar frei schwimmende Pflanzen. Die Dominanz dieser beiden Pflanzengruppen wird durch die Verfügbarkeit von Licht, die wiederum von der Transparenz des Flusswassers abhängt, bestimmt. Unterwasserarten bevorzugten Lebensbedingungen, die durch hohe Transparenzwerte gekennzeichnet sind. Ein aufgrund hoher Transparenzwerte dominantes Auftreten von Unterwasserarten von Rhizophyten wurde im Abschnitt 3 (Gabcikovo-Reservoir) und im Abschnitt 7 festgestellt. Bei niedrigen Transparenzwerten werden an der Oberfläche oder oberflächennah wachsende Makrophytenarten zur dominanten Art. Daher dominierten in den letzten zwei Abschnitten (8 und 9), wo niedrigere Transparenzwerte gemessen wurden, Schwimmblattpflanzen und frei schwimmende Wasserpflanzenarten gegenüber den sonstigen Makrophyten.

Neben der Beeinflussung durch die Transparenz unterliegt das Auftreten und die Verteilung von

Untersuchungsergebnisse



Makrophyten auch wesentlich den Nährstoffen. Die Mehrheit der während der Untersuchung gesammelten Pflanzenarten sind Indikatoren für eutrophe (nährstoffreiche) Bedingungen und andere, wie *Ceratophyllum demersum*, *Potamogeton crispus* und *Zannichellia palustris*, sind gewöhnlich Anzeiger für eine signifikante Nährstoffbelastung. Die Artengruppe der Armleuchteralgen (Characeae) ist normalerweise ein Indikator für oligotrophe (nährstoffarme) Lebensräume, die hohe Transparenz aufweisen. Solche Bedingungen treten offensichtlich in einigen Abschnitten des Staudamms am Eisernen Tor auf, wo diese Algengruppe nachgewiesen werden konnte.

Plankton

Planktongemeinschaften entstehen normalerweise nur in großen Flüssen. Die Entstehung von Flussplankton setzt folgende Bedingungen voraus: die nötige Wassertiefe und Strömung (durchschnittliche Minimalgeschwindigkeit 200-300 m³/s), bestimmte Fließbedingung (max. 0,4 m/s), Trübung, Schwebstoffgehalt, eine ausreichende Länge des Flussabschnitts und stagnierendes, hydraulisch mit dem Hauptarm verbundenes Gewässer.

Phytoplankton

Die Entstehung einer Phytoplanktonbiomasse hängt von der Nährstoffkonzentration und der Verfügbarkeit der Nährstoffe, den Lichtbedingungen, der Fließgeschwindigkeit (Aufenthaltszeit) und vom "Grazing" durch Zooplankton und benthische Filtrierer ab. Ein Anstieg der Nährstoffkonzentration im Wasser führt normalerweise zu einem Anstieg der Algen- (oder pflanzlichen) Biomasse. Phytoplanktonbiomasse (mg/l) und/oder Chlorophyll-

a-Konzentrationen werden neben der Konzentration an Pflanzennährstoffen (Phosphor und Stickstoff), der Sauerstoffsättigung und der Transparenz üblicherweise als Variablen zur Beschreibung des trophischen Zustands eines Gewässers verwendet.

Im Rahmen der Untersuchung wurden qualitative und quantitative phykologische Untersuchungen zur Gewinnung eines Überblicks über die langfristigen Schwankungen in der Artenzusammensetzung und zur Beschreibung des Trophiezustands des Flusses durchgeführt. Insgesamt wurden während der Gemeinsamen Donau-Untersuchung 261 Arten im Phytoplankton der Donau und ihrer Nebenflüsse nachgewiesen. Die langfristigen Schwankungen in der Phytoplanktonbiomasse wurden auch zu den Schwankungen in der Anzahl der Arten in Beziehung gesetzt.

Der Anstieg der Artenabundanz im mittleren, am stärksten eutrophierten Abschnitt der Donau wurde, wie in einer nährstoffreichen Umgebung zu erwarten, vor allem durch die wachsende Zahl an kokkalen Grünalgen (Chlorococcales) bedingt. Generell wiesen hohe Werte der Biomasse bzw. Chlorophyll-a auf eutrophe Bedingungen im Mittleren Donauabschnitt, besonders flussabwärts von Budapest, hin.

Betrachtet man die Nebenflüsse, so wurde die höchste Konzentration an Phytoplanktonbiomasse in den Flüssen Iskar, Große Morava, Ipoly und Sio gefunden. Der hohe Trophiezustand war meist von hohen Nährstoffkonzentrationen und einer Sauerstoffübersättigung begleitet. Obwohl auch Jantra, Russenski Lom, Arges, Siret und Prut stark mit

Untersuchungsergebnisse



Nährstoffen oder biologisch abbaubaren organischen Stoffen verschmutzt waren, wurde nur eine niedrige Phytoplanktonbiomasse festgestellt. Der Grund dafür liegt wahrscheinlich in einer verzögerten Wirkung durch toxische Stoffe. Im Gegensatz dazu wurde eine hohe Konzentration der Phytoplanktonbiomasse in der Drava beobachtet, obwohl hier die Nährstoffkonzentration gering war.

Zooplankton

Zooplanktongemeinschaften können nur in Flüssen ab einer Länge von ca. 500 – 700 km entstehen, da das Wachstum dieser Arten eine gewisse Zeitspanne benötigt. Diese beträgt z. B. bei den Rotatoria 3 – 7 Tage, bei den Cladoceren eine Woche und bei den Copepoden ein Monat. Im Fall der Rotatoria spielt die Temperatur eine besonders wichtige Rolle. Bei starker Strömung und großen Schwankungen im Pegelstand ohne die notwendige Tiefe wird Zooplankton durch Reibung an den Ufern, dem Flussbett und an Pflanzen zerstört. Schwebstoffe können ebenfalls Zooplanktonarten beschädigen. Die qualitative und quantitative Zusammensetzung des Zooplanktons kann stark durch die Auswirkungen des Einfließens eines artenarmen Zuflusses sowie durch Vorrichtungen zur Wasserumleitung und Absperrung beeinflusst werden. Insgesamt wurden während der Untersuchung 120 Arten (79 Rotatoria, 27 Cladocera und 14 Copepoda), die die Zooplanktongemeinschaft bilden, in der Donau und ihren Nebenflüssen nachgewiesen.

Die Zahl der an den Probeentnahmestellen der Untersuchung gefundenen Zooplanktonarten schwankte zwischen 4 – 26 in der Donau und 6 – 30 in ihren Nebenflüssen. Eine allmähliche

Zunahme der Artenzahl wurde donauabwärts in Richtung Delta beobachtet.

Das Auftreten vieler seltener Arten wurde vor allem im deutschen, österreichischen, slowakischen und ungarischen Abschnitt der Donau festgestellt. Die größte Abundanz wurde im ungarischen und im jugoslawischen Teil des Flusses nachgewiesen.

Die Abundanz der Zooplanktongemeinschaften schwankte stark von 280 – 1.380.000 Ind./m³ in der Donau und von 140 – 799.000 Ind./m³ in den Nebenflüssen. Die niedrigsten Zahlen wurden entlang der deutschen, österreichischen, rumänischen und bulgarischen Flussabschnitte festgestellt. Die größten Mengen wurden sowohl flussabwärts von Budapest und im jugoslawischen Abschnitt der Donau in der Nähe von Novi Sad als auch zwischen den Mündungen der Theiß und der Save gefunden. Diese Ergebnisse stimmen nicht mit jenen aus früheren Untersuchungen überein, in denen die maximalen Abundanzen weiter flussabwärts im rumänisch-bulgarisch-ukrainischen Teil und im



Untersuchungsergebnisse



Donaudelta beobachtet wurden. In vielen Fällen konnten Auswirkungen der Nebenflüsse auf die Donau in Form von Veränderungen der Artenzusammensetzung und eines Anstiegs der Zooplanktondichte in der Donau flussabwärts des Zuflusses beobachtet werden. Aus den Langzeitschwankungen in der Phytoplanktonbiomasse und in der Zooplanktondichte (siehe

Abbildung 2) lässt sich erkennen, dass im Mittleren Donaugebiet der Höchstwert der Phytoplanktonbiomasse von Maximalwerten in der Zooplanktondichte gefolgt wurde. Die Verbindung zwischen dem Rückgang des Phytoplanktons mit der Zunahme der Zooplanktondichte ist sehr wahrscheinlich auf den "Grazing"-Effekt des Zooplanktons zurückzuführen.

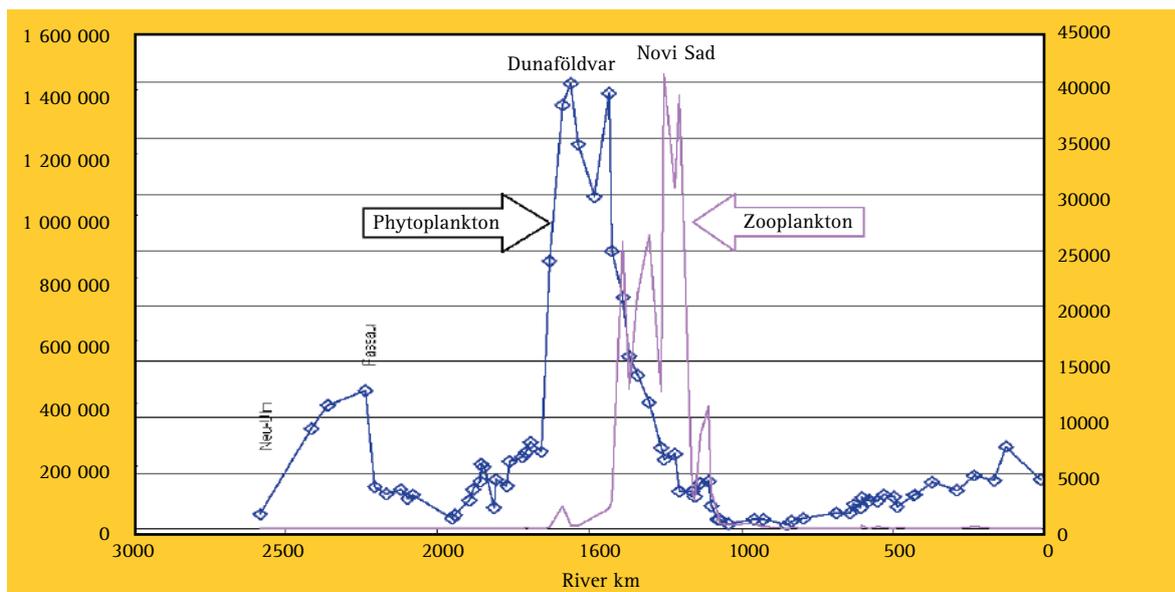


Abbildung 2: Ergebnis der Gemeinsamen Donau-Untersuchung bezüglich der Phytoplanktonbiomasse und der Populationsdichte des Zooplanktons entlang der Donau

Mikrobiologie

Mikrobiologische Gemeinschaften stellen einen wesentlichen Teil des Gewässerökosystems dar. Durch den Abbau organischer Materie tragen sie zum Selbstreinigungsprozess von Flüssen bei. Bakterien sind wegen ihrer raschen Reaktion auf sich ändernde Umwelteinflüsse ideale Sensoren. Gesamt-Koliforme, fäkale Koliforme und fäkale Streptokokken sind sehr gute Indikatoren für die Bewertung fäkaler Verunreinigung, die vor allem von unbehandeltem wie auch von be-

handeltem Abwasser und von diffusen Auswirkungen von Acker- und Weideland verursacht wird. Sie liefern auch Hinweise auf das potentielle Auftreten von pathogenen Bakterien, Viren und Parasiten. Die Konzentration an heterotrophen Bakterien weist gewöhnlich eine Korrelation mit organischer Verschmutzung auf.

Um die Qualität des zur Trinkwassergewinnung, zum Baden und zur Bewässerung vorgesehenen Flusswassers zu kontrollieren, ist die Unter-

Untersuchungsergebnisse

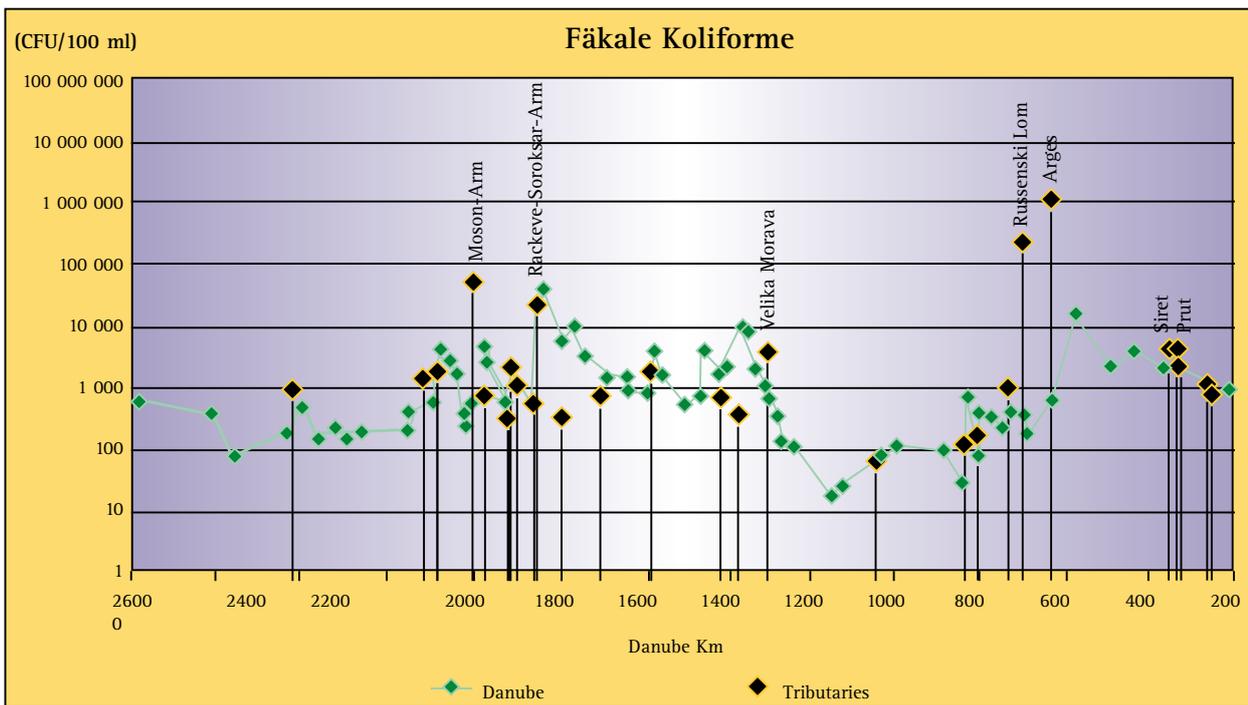


Abbildung 3: Schwankung der fäkalen Koliforme entlang des Verlaufs der Donau (kleine Säulen zeigen die Nebenflüsse)

suchung dieser mikrobiologischen Standardparameter gesetzlich vorgeschrieben (z. B. EU-Oberflächen- und Trinkwasser-Richtlinie 75/440/EEC; WHO Richtlinien zum sicheren Gebrauch von Abwasser und Exkreten in Land- und Wasserwirtschaft, 1989; EU-Badewasser-Richtlinie 76/160/EEC).

Da die Donauländer normaler Weise verschiedene mikrobiologische Analysemethoden verwenden, bot die Gemeinsame Donau-Untersuchung die einzigartige Gelegenheit zur Gewinnung vergleichbarer Daten von Neu-Ulm bis zum Schwarzen Meer. Zum ersten Mal wurden an Bord mikrobiologische Standardparameter unter Benutzung der gleichen Methoden von allen Probenentnahmestellen analy-

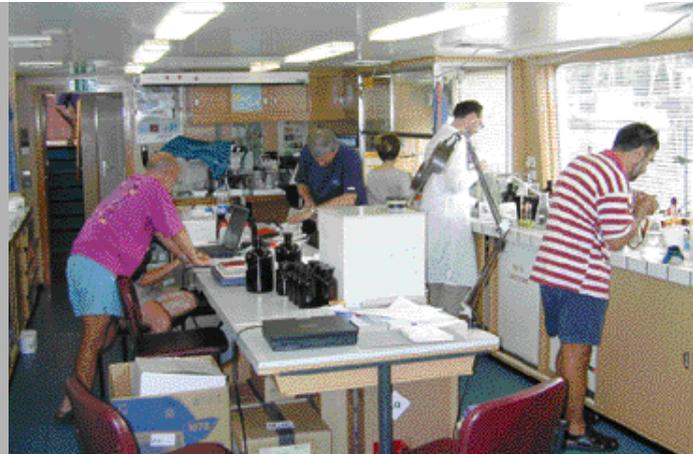
siert. Die Auswertung der mikrobiologischen Ergebnisse ergab, dass die Verschmutzung die höchsten Werte in den Nebenflüssen (insbesondere Russenski Lom, Arges, Siret und Prut) und den Seitenarmen (Moson-Donau-Arm, Rackeve-Soroksar-Arm) erreicht.

Niedrigere Bakterienwerte konnten sowohl im Oberen Donauabschnitt als auch im Stauraum des Eisernen Tors und flussabwärts davon beobachtet werden. Höhere Niveaus fäkaler Verschmutzung wurden im mittleren Teil der Donau, besonders bis zu 1000 km stromabwärts von großen Städten (Budapest, Belgrad) und wiederum im Unterlauf der Donau von Fluss-km 500 bis zum Donaudelta, gefunden.

Abbildung 4: Mikrobiologische Klassifizierung der Donau und ihrer Nebenflüsse; CC = Koloniezahl, TC = Kofiforme insgesamt, FC = fäkale Kofiforme, FS = fäkale Streptokokken

Nebenfluss rechtes Ufer	CC/ml	TC /100ml	Proben aus der Donau	FC /100ml	FS /100ml	Nebenfluss linkes Ufer
	1800	2300	JDS 1 Neu Ulm, km 2581	610	100	
	1200	1300	JDS 2 Kelheim, km 2412	380	40	
	580	700	JDS 3 us dam Geising (R), km 2358	80	5	
	1400	1800	JDS 4 us dam Kachlet (P), km 2233	210	15	
JDS 5 Inn, km 2221	1700	3800	Tributary	920	10	
	1300	2000	JDS 6 Jochenstein, km 2200	500	150	
	660	750	JDS 7 us. dam Aschach, km 2165	160	26	
	750	1000	JDS 8 us dam Abwinden-A, km 2120	230	80	
	380	750	JDS 9 Wallsee, km 2095	160	26	
	680	850	JDS 10 us dam Ybbs-P., km 2061	210	60	
	620	2300	JDS 11 us. dam Greifenst., km 1950	220	36	
	1100	1350	JDS 12 Klosterneuburg, km 1942	400	40	
JDS 13 Schwachat, km 1913	31000	4900	Tributary	1600	210	
	1100	2000	JDS 14 Widlungsmauer, km 1895	820	80	
	2500	11000	JDS 15 us Morava (Hainb), km 1881	4000	196	
	3800	2700	Tributary	2000	310	JDS 16 Morava, km 1880
	2600	8100	JDS 17 Brattslava, km 1863	3900	300	
	2000	6800	JDS 18 Gabcikovo.res.enrtr, km 1856	2800	100	
	2200	7700	JDS 19 Gabcikovo rezerv1, km 1852	2800	210	
	2200	5800	JDS 20 Gabcikovo rezerv2, km 1846	2100	170	
	820	1500	JDS 21 Asvanyraro, km 1812	260	20	
	2200	1200	JDS 22 Sap (Outlet.ch), km 1812	420	20	
	9800	1200	JDS 23 Medvedov, km 1806	550	30	
JDS 24 Moson Arm-end, km 1794	34000	280000	Arm	51000	2200	
	2900	14000	JDS 25 Komarno / K, km 1768	4200	20	
	1300	2400	Tributary	730	100	JDS 26 Vah, km 1766
	4300	3000	JDS 27 Iza / Szony, km 1761	2700	70	
	3400	1400	JDS 28 St. / Esztergom, km 1719	820	40	
	21000	1100	Tributary	330	250	JDS 29 Hron, km 1716
	13000	16000	Tributary	2100	3600	JDS 30 Ipoly, km 1708
	4400	8800	JDS 31 Szob, km 1707	2300	70	
	2400	6000	JDS 32 us Szentendre L., km 1692	1300	30	
JDS 33 Szent I Arm-start, km 1692	8300	4800	Arm	1200	220	
	2300	1600	JDS 34 DT1 us. Budapest, km 1659	520	20	
JDS 35 Szent I Arm-end, km 1658	1100	1500	Arm	580	70	
	7600	54000	Arm	23000	770	JDS 36 Rack. Arm-start, km 1642
	4900	61000	JDS 37 ds Budapest, km 1632	41000	900	
	310	590	Arm	350	34	JDS 38 Rack.-S.Arm-end, km 1586
	2800	11000	JDS 39 Tass, km 1586	5600	150	
	12000	33000	JDS 40 Dunafoldvar, km 1560	9800	2200	
	5200	11000	JDS 41 Paks, km 1533	3400	140	
JDS 42 Sio, km 1497	1300	2000	Tributary	730	50	
	4100	7900	JDS 43 Baja, km 1481	1600	40	
	3800	3700	JDS 44 Hercegszanto, km 1434	1500	30	
	2800	6300	JDS 45 Babna, km 1429	1000	70	
	1900	9500	JDS 46 us. Drava, km 1384	900	30	
JDS 47 Drava, km 1379	110000	8200	Tributary	2000	220	
	25000	14000	JDS 48 ds. Drava (ErdutB), km 1367	3800	220	
	19000	7300	JDS 49 Dalj, km 1355	1700	60	
	2100	1700	JDS 50 Ilok /Backa Palanka, km 1300	660	10	
	9500	1900	JDS 51 us. Novi Sad, km 1262	740	30	
	16000	11000	JDS 52 ds. Novi Sad, km 1252	4400	660	
	23000	4100	JDS 53 us Tisa (Start S.), km 1216	1800	120	
	350	4000	Tributary	680	60	JDS 54 Tisa, km 1216
	11000	7500	JDS 55 ds Tisa/us Sava, km 1202	2200	310	
JDS 56 Sava, km 1170	1200	1100	Tributary	380	50	
	18000	39000	JDS 57 us Pancevo/ds Sava, km 1159	9200	1900	
	12000	31000	JDS 58 ds. Pancevo, km 1151	8000	1200	
	4800	6900	JDS 59 rocka, km 1132	2100	120	
	2400	5200	JDS 60 us. Veliko Morava, km 1107	1100	10	
JDS 61 Velika Morava, km 1103	1700	7200	Tributary	3900	90	
	1100	5500	JDS 62 ds. Veliko Morava, km 1097	700	60	
	550	5800	JDS 63 Starapalanka-Ram, km 1077	340	10	
	3000	1400	JDS 64 Banatska P. / B., km 1071	140	30	
	240	850	JDS 65 Irongate res.(G.K.), km 1040	120	20	
	5300	60	JDS 66 Irongate res.(T / O.), km 964	20	10	
	520	120	JDS 67 Vrbica / Simjan, km 924	25	10	
	2800	240	JDS 68 us Timok (R. / G.), km 849	80	20	
JDS 69 Timok, km 845	1100	280	Tributary	70	50	
	920	230	JDS 70 Pristol/ Novo Selo H., km 834	80	6	
	340	230	JDS 71 Calafat, km 795	110	5	
	4700	550	JDS 72 ds. Kozioduy, km 686	100	20	
	8600	850	JDS 73 us. Iskar (Bajkal), km 641	30	10	
JDS 74 Iskar, km 637	220	360	Tributary	120	70	
	1400	4200	JDS 75 ds. Iskar, km 630	700	130	
	670	120	JDS 76 us. Oit, km 606	80	36	
	1300	320	Tributary	180	160	JDS 77 Oit, km 605
	1200	1300	JDS 78 ds. Oit, km 603	390	60	
	880	650	JDS 79 ds. Turnu-M./Nikopol, km 579	350	70	
	1100	1900	JDS 80 ds. Zimnicea / S., km 550	240	100	
JDS 81 A118Jantra, km 537	1500	4200	Tributary	980	780	
	1500	3300	JDS 82 ds. Jantra, km 532	400	180	
	1400	2800	JDS 83 us. Ruse, km 499	360	1400	
JDS 84 Russenski Lom, km 498	1400000	960000	Tributary	240000	310000	
	1500	1000	JDS 85 ds. Ruse / Giurgiu, km 488	190	40	
	2100	1900	JDS 86 us. Arges, km 434	560	120	
	1400000	3800000	Tributary	1100000	1200000	JDS 87 Arges, km 432
	520	2900	JDS 88 ds. Arges (Oltenita), km 429	640	190	
	64000	75000	JDS 89 Chiciu / Silistra, km 376	17000	1400	
	3500	5500	JDS 90 ds. Cemavoda, km 293	2400	130	
	6400	11000	JDS 91 Giurgeni, km 235	4300	960	
	2100	5300	JDS 92 Braila, km 167	2200	190	
	12000	22000	Tributary	4400	2000	JDS 93 Siret, km 154
	29000	12000	Tributary	3900	2500	JDS 94 Prut, km 135
	6200	4800	JDS 95 Reni, km 132	2300	1800	
JDS 96 St. Gheorge Arm, km 64	3800	4000	Arm	1200	50	
	2800	2600	Arm	810	120	JDS 97 Vilkova - Killa Arm, km 66
	4800	4300	JDS 98 Sulina - Sulina Arm, km 15	950	60	
			class I	1	1	
	500	500		100	50	
	501	501	class II	101	51	
	10000	10000		1000	100	
	10001	10001	class III	1001	101	
	100000	100000		10000	1000	
	100001	100001	class IV	10001	1001	
	1000000	1000000		100000	10000	
	1000001	1000001	class V	100001	10001	

Untersuchungsergebnisse



Der chemische Zustand der Donau

Die Gemeinsame Donau-Untersuchung brachte Ergebnisse zur Wasserqualität im Untersuchungszeitraum, insbesondere bezüglich des allgemeinen Zustands und bezüglich der Nährstoffe. Die Bestimmung ausgewählter Schadstoffe wie zum Beispiel bestimmte Schwermetalle, flüchtige organische Kohlenwasserstoffe, polare Pestizide und pharmazeutische Inhaltsstoffe lieferten Informationen über Direkt-Einleiter und half Belastungsschwerpunkte zu erkennen. Letzteres wurde auch durch GC/MS-Screening unterstützt.

Ist der Fluss langfristiger Verschmutzung ausgesetzt, zeigt sich diese normaler Weise in der chemischen Beschaffenheit des Sediments und der Wasserorganismen. Bei der Gemeinsamen Donau-Untersuchung wurde daher ein breites Spektrum an Schadstoffen in die Analyse der Sedimentproben einbezogen. Muscheln wurden nur auf ausgewählte Schadstoffe, wie zum Beispiel auf Schwermetalle, polyaromatische und chlorierte Kohlenwasserstoffe, analysiert. Einige der spezifische Schadstoffen, denen nach der EU-WRRL Priorität eingeräumt wird, wurden erstmals in der Donau analysiert. Das GC/MS-Screening lieferte zusätzliche Informationen über die chemische Verschmutzung, indem es chemische Verbindungen aufzeigte, auf die die Untersuchung ursprünglich nicht abgezielt hatte.

Allgemeine Merkmale

Messungen der Leitfähigkeit der Donau und ihrer Nebenflüsse ergaben den Salzgehalt der unterschiedlichen Gewässer. Eine signifikante

Auswirkung im Oberen Donauabschnitt betraf die durch einen niedrigen Salzgehalt gekennzeichnete Verdünnung des Donauwassers mit dem Innwasser. Der ansteigende Salzgehalt im Mittleren Donauabschnitt war auf die Theiß und die Save zurückzuführen.

Die pH-Werte und die Konzentration an gelöstem Sauerstoff schwankten entsprechend der erhöhten Primärproduktion und dem Abbau der organischen Verschmutzung. Dies geschah vor allem im Mittleren Donauabschnitt. Wie oben im Zusammenhang mit den Merkmalen des Phytoplanktons dargelegt, ließ die Algenblüte sowohl die pH-Werte als auch die Konzentration an gelöstem Sauerstoff ansteigen. Flussabwärts von den Abschnitten mit hoher Primärproduktion gingen sowohl die pH-Werte als auch der Gehalt an gelöstem Sauerstoff des Wassers signifikant zurück. Dies ist höchstwahrscheinlich auf die biologisch abbaubare organische Verschmutzung durch die großen Städte (Budapest und Belgrad) sowie auf die Menge natürlicher organischer Materie (Plankton) zurückzuführen.

Im allgemeinen betrug die Konzentration der Schwebstoffe weniger als 50 mg/l, was angesichts der niedrigen Abflusswerte zu erwarten war. Die Konzentration an gelösten Stoffen überschritt in zwei Nebenflüssen (Siret und Prut) 150 mg/l. Zu den allgemeinen Merkmalen des Bodensediments gehörte auch die Korngröße.

Da die mit dem Sediment assoziierten Schadstoffe in der Fraktion kleiner 63 µm determiniert wurden, war es von großer Bedeutung ihren prozentuellen Anteil an der ursprünglichen Sedimentprobe aufzuzeigen. Den Messungen zu Folge enthielten die meisten Proben mehr als 20 % von

Untersuchungsergebnisse



dieser feinen Fraktion. Die Fraktion kann daher als repräsentativ für die Schadstoffanalyse betrachtet werden.

Nährstoffe

Unterschiedliche Verbindungen an Stickstoff und Phosphor wurden in den Wasserproben, den Schwebstoffen und den Bodensedimenten nachgewiesen.

Die Ammoniak- und Nitrit-Stickstoffkonzentrationen im Wasser waren in Folge der tendenziellen Abnahme der pH-Werte und des Gehalts an gelöstem Sauerstoff im unteren Teil des Mittleren Donaugebiets leicht erhöht. Der organische Stickstoffgehalt in den Schwebstoffen hing mit der Algenblüte zusammen. Der organische Stickstoffgehalt im Bodensediment war im

Verlauf der gesamten Donau relativ konstant. Erhöhte Werte wurden in den Nebenflüssen gefunden.

Flussabwärts zeigte sich kontinuierlich ein leichter Anstieg an Ortho-Phosphat-P und Gesamt-P im Verlauf der Donau. Im Fall der gelösten Stoffe folgte die Gesamt-P-Konzentration demselben Trend wie im Fall von organischem Stickstoff. Dennoch wurden in den flussaufwärts der Innmündung entnommenen Donauproben hohe Konzentrationen gemessen, die jedoch flussabwärts der Mündung durch die Vermischung mit dem Innwasser signifikant niedriger waren. Im Fall des Bodensediments wies die P-Konzentration mit Ausnahme der Arges keine Schwankungen im Verlauf der Donau oder in den Nebenflüssen auf. Der Anteil an gelöster Kieselsäure im Wasser war im Mittleren Donauabschnitt, wo eine hohe Algenblüte beobachtet wurde, signifikant niedrig. Dies lag vor allem an der Aufnahme von Silikat durch Algen, insbesondere durch Diatomeen. Flussabwärts von diesem Abschnitt stieg die Konzentration gelöster Silikate wieder leicht an, was aller Wahrscheinlichkeit nach von der Zersetzung der Algen und organischer Stoffe kam.



Untersuchung des Bodensediments

Schwermetalle

Eine Vielfalt an Elementen (Aluminium, Arsen, Cadmium, Chrom, Kupfer, Eisen, Blei, Mangan, Quecksilber, Nickel, Zink) wurde in Wasserproben, Sedimenten, Schwebstoffen und Muscheln aus der Donau und aus einigen ihrer Nebenflüsse bestimmt. Eine starke Korrelation zwischen dem Schwermetallgehalt in den Schwebstoffen, den Sedimenten und den Muscheln zeigt die Anwendbarkeit dieser

Untersuchungsergebnisse



Matrizes für das Monitoring. Die Auswertung der Daten wurde unter Verwendung von Qualitätszielen für Schwermetalle in Sedimenten und Schwebstoffen vorgenommen. Mit Ausnahme einiger begrenzter Gebiete und Nebenflüsse ist die Verunreinigung der Donau mit Chrom, Blei und Quecksilber eher gering. Einige Verunreinigungen wurden an der selben Stelle wie schon bei früheren Untersuchungen (z. B. Cousteau-Untersuchung; Phare AR/105 Forsch-

ungsstudie) nachgewiesen. Alle anderen Metalle wiesen in zumindest einer der untersuchten Matrizes, insbesondere im Unterlauf der Donau (flussabwärts der Savemündung) erhöhte Konzentrationen auf.

Es wurde eine bedeutende Kontamination des Donauwassers und zahlreicher Donaunebenflüsse mit Schwermetallen wie zum Beispiel Kupfer und Nickel festgestellt. Zu den

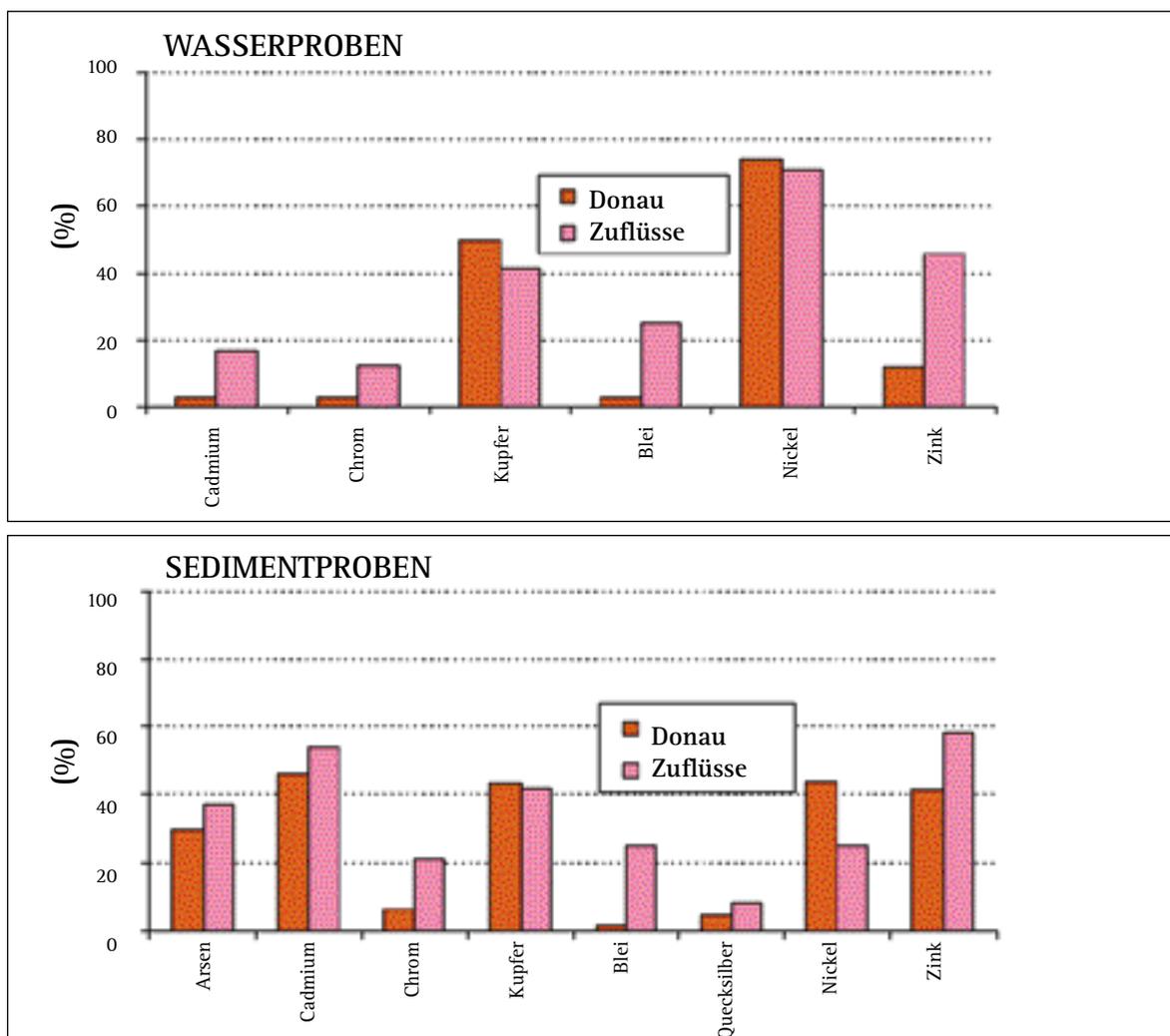


Abbildung 5: Anzahl der JDS-Proben (in %), deren Schwermetallkonzentration die Qualitätsziele für Wasser und Sedimente überstieg (Deutsche LAWA Qualitätsziele).

Untersuchungsergebnisse



Nebenflüssen mit den höchsten Schwermetallkonzentrationen im Wasser gehörten Rusenski Lom, Iskar und Timok.

Bei den Sedimenten wurden an mehr als einem Drittel der Probeentnahmestellen die Qualitätsziele überschreitende Konzentrationen an Arsen, Kadmium, Kupfer, Nickel, Zink und Blei (nur in den Nebenflüssen) gefunden. Ein Vergleich zwischen dem Schwermetallgehalt in den Sedimenten und dem der Schwebstoffe zeigt ein ähnliches Verschmutzungsbild. Dies ist ein Hinweis darauf, dass Arsen, Kadmium, Kupfer, Nickel und Zink die problematischsten Elemente sind.

Basierend auf einem Vergleich der Hintergrundkonzentrationen erwiesen sich die Flüsse Iskar (Kadmium, Blei und Zink) sowie Timok (Arsen und Kupfer) als spezifische Kontaminationsquellen. Trotz eines signifikanten Rückgangs an Arsen, Chrom, Quecksilber, Blei, Nickel und Zink in den Sedimentkernen aus dem Stauraum des Eisernen Tors liegen die Oberflächenkonzentrationen noch immer weit über den Qualitätszielen.

Organische Schadstoffe

Das Auftreten organischer Verbindungen im Wasser ist sowohl eine Folge natürlicher Umweltprozesse als auch menschlicher Aktivitäten in Industrie, Landwirtschaft und im kommunalen Bereich. Während das Vorkommen organischer Verbindungen natürlichen Ursprungs als Teil des natürlichen Kreislaufs normalerweise keine besonderen Umweltprobleme erzeugt, wirken sich das Auftreten organischer Mikroschadstoffe ungünstig auf die Umwelt aus. Zur Verhinderung dieser unerwünschten Um-

weltauswirkungen gibt es gesetzliche Regelungen für die gefährlichsten Stoffe. Basierend auf etablierten Qualitätsstandards werden in allen europäischen Flussgebieten eine ganze Reihe von Hauptschadstoffen regelmäßig überwacht. Im Rahmen des Transnationalen Überwachungsmessnetzes (TNMN), das das Donau-einzugsgebiet abdeckt, werden monatlich sieben organische Mikroschadstoffe im Wasser in ausgewählten Querschnitten analysiert. Weitere 15 organische Mikroschadstoffe stehen auf der TNMN Parameterliste für Sedimente. Diese begrenzte Anzahl an Verbindungen wird als das absolut notwendige Minimum angesehen, das im Donauroum regelmäßig überwacht werden muss. Um die Datenbasis über die organische Verunreinigung in der Donau und ihren Nebenflüssen zu erweitern, wurden einige zusätzliche Gruppen organischer Mikroschadstoffe für die Analyse in den Proben der Gemeinsamen Donau-Untersuchung ausgewählt.

Untersuchungsergebnisse



Charakteristika der Aggregate

Die UV-Absorption bei 254 nm wies im Donauwasser sehr geringe Schwankungen auf. Ein ähnliches Merkmal wurde bei den Huminstoffen beobachtet. Höhere Werte bei beiden Parametern wurden in den Nebenflüssen nachgewiesen. Die Korrelation zwischen der UV-Absorption und den Huminstoffen wies darauf hin, dass der Großteil der gelösten organischen Stoffe natürlichen Ursprungs waren.

Der gesamte organische Kohlenstoff (TOC) in den Schwebstoffen folgte einem Trend, der der Schwankung bei Phytoplankton ähnelte. Hohe TOC-Werte wurden in den Proben gemessen, die viel Algenbiomasse enthielten. Im Bodensediment wurden sowohl im unteren Teil des Mittleren Donauabschnitts als auch flussaufwärts der Innmündung höhere Konzentrationen gemessen. Dies ähnelte dem Profil von Gesamt-P. Der gesamte extrahierbare Anteil (TEM) in den gelösten Stoffen korrelierte mit den TOC-Werten. Im Fall des Bodensediments zeigte die TEM-Konzentration eine tendenzielle Zunahme wenn man sich flussabwärts Richtung Donaudelta bewegte. Dies wurde wahrscheinlich durch die Akkumulation hydrophobischer organischer Schadstoffe, insbesondere Erdöl verwandter Verbindungen, im Bodensediment verursacht.

Erdöl-Kohlenwasserstoffe

Frühere Untersuchungen und Überwachungsergebnisse hatten eine signifikante Ölverschmutzung im Donauraum zu Tage gebracht. Daher wurde ein besonderes Augenmerk auf die Bestimmung von Ölschadstoffen im Wasser, in den gelösten Stoffen, im Bodensediment und in den Lebewesen gelegt. Die Interpretation der

Analysenergebnisse von mit Erdöl verwandten Schadstoffen ist aufgrund der Tatsache, dass unterschiedliche Analysemethoden mit unterschiedlichen Informationsgehalt angewendet wurden, schwierig. In der Gemeinsamen Donau-Untersuchung wurden drei Methoden für die allgemeine Beschreibung der gesamten Erdöl-Kohlenwasserstoffkontamination angewendet: GC/FID, UV-Absorption und Fluoreszenz. Die GC/MS-Methode wurde zur Bestimmung einer der wichtigsten Erdöl-Kohlenwasserstoffgruppe, den polyaromatischen Kohlenwasserstoffen (PAHs), angewendet.

Die Wasserproben wurden mittels einer einzigen Fluoreszenzbestimmungsmethode analysiert, was die Charakterisierung der Art der Ölverschmutzung ermöglichte. Die meisten Proben enthielten vor allem leichte Erdöl-Kohlenwasserstoffe (z.B. Monoaromatika). Einige Proben jedoch waren stark mit schweren Erdölprodukten kontaminiert.

Die höchste Konzentration an Erdöl-Kohlenwasserstoffen wurde in den Schwebstoffen und Sedimentproben des Mittleren Donauabschnitts gefunden. Das korreliert mit den Ergebnissen früherer Studien. Der Untere Donauabschnitt war generell stärker kontaminiert als das Obere.

Was die PAHs betrifft, so war die Konzentration im Sediment im Allgemeinen niedriger als das Qualitätsziel für Sedimente; nur in 17 Proben wurden die Konzentrationen von 2 mg/kg überschritten und keine Probe erreichte 20 mg/kg. Die Proben aus den Sedimentkernen schwankten bezüglich ihres Gehalts an den 16 PAH-Verbindungen, aber auch sie blieben konstant unter 2 mg/kg in den meisten Proben. Die PAH-

Untersuchungsergebnisse

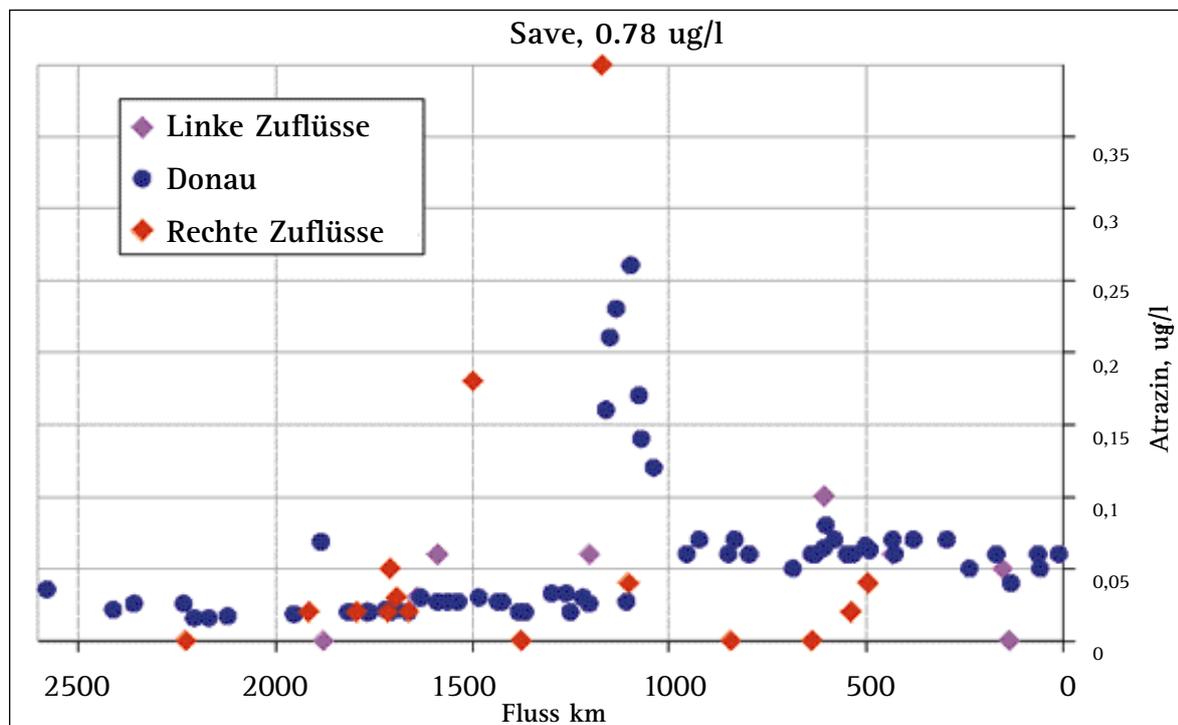


Abbildung 6: Atrazinkonzentrationen in der Donau und ihren Nebenflüssen

Konzentration in Muscheln zeigt stromabwärts in Richtung Donaudelta eine steigende Tendenz. Die höchsten Konzentrationen wurden in Muscheln aus den Nebenflüssen im Mittleren Donauabschnitt gefunden.

Flüchtige organische Chlorkohlenwasserstoffe (VOCs)

Im Allgemeinen ist die Kontamination der Donau und ihrer Nebenflüsse mit VOCs sehr gering. Dies ist wichtig für die Wasserversorgungssysteme entlang der Donau, weil VOCs für die Trinkwasserproduktion relevant sind. Die niedrigen VOC-Konzentrationen können auch mit der Tatsache erklärt werden, dass die Proben im Sommer genommen wurden, in dem hohe Luft- und Wassertemperaturen charakteristisch sind. Die Wasserqualitätsziele wurden nur bei 1,2-Dichlorethan an zahlreichen Stellen in Ungarn überschritten.

Polare Pestizide

Unter den 23 untersuchten Pestiziden konnten nur Atrazin und Desethylatrazin im Verlauf der Donau in durchschnittlichen Konzentrationen von ca. 0,05 µg/l gefunden werden. Nur in einigen wenigen Proben wurde das von der Rheinkommission gesetzte Qualitätsziel (0,1 µg/l) überschritten. Die wenigen Resultate mit höheren Atrazinwerten traten vor allem in den Nebenflüssen auf. Der Höchstwert an Atrazin wurde in der Save (0,78 µg/l) gefunden, und er wirkte sich auf die Donau flussabwärts der Save-Mündung aus.

Andere prioritäre Stoffe der WRRL

63 Schwebstoff- und 187 Sedimentproben (einschließlich 26 Sedimentkerne) von der Donau und ihren Nebenflüssen und Armen wurden auf die WRRL-Verbindungen Para-Tert.-Octylphenol, 4-Iso-Nonylphenol, Di[2-Ethyl-

Untersuchungsergebnisse



hexyl]phthalat, Penta-Chlorophenol, Pentabromodiphenyl Äther und Tributylzinn hin analysiert. Pentabromodiphenyl Äther und Penta-Chlorophenol wurden in den untersuchten Proben nicht gefunden, während Tributylzinn nur in geringen Konzentrationen auftrat. Para-Tert.-Octylphenol wurde nur in Bodensedimenten gefunden; bedeutende Konzentrationen von 4-Isononylphenol und Di[2-Ethylhexyl]phthalaten wurden sowohl in Bodensedimenten als auch in Schwebstoffen nachgewiesen (von wenigen $\mu\text{g}/\text{kg}$ bis zu mehr als $100 \mu\text{g}/\text{kg}$).

Dies weist auf die Relevanz dieser Verbindungen als Indikatoren für die industrielle Verschmutzung von Feststoffen in der Donau hin. Die meisten der erhöhten Nonylphenolkonzentrationen wurden im jugoslawischen Abschnitt der Donau gefunden. Die Ursache dafür könnte im Gebrauch alkylphenolhaltiger Surfactantien in dieser Region liegen. Die Proben der Sedimentkerne zeigen normalerweise abnehmende Konzentrationen von WRRL-Verbindungen von alten zu jungen Sedimentschichten hin.

Pharmazeutische Stoffe

Die Proben, die aus der Donau selbst stammen, wiesen alle relativ geringe Konzentrationen der untersuchten pharmazeutischen Stoffe auf. Diclofenac und Naproxen traten in jeder Probe auf, clofibrische Säure, Ibuprofen, Isopropylphenazone und die Metabolite von Metamizol wurden in fast jeder Probe gefunden. Das relativ konstante "Hintergrundniveau" betrug in den meisten Proben ca. die Hälfte von jenen Proben der Elbe aus den Jahren 1999 und 2000. Drei Nebenflüsse wiesen wesentlich höhere Mengen auf als jene, die vermutlich Abwassereinleit-

ungen enthielten. Der Einfluss der Kontaminationen in den Nebenflüssen auf die Konzentrationen in der Donau konnten nicht direkt bewertet werden, weil keine Proben unmittelbar flussaufwärts und flussabwärts der Nebenflusmündungen für die Analyse der pharmazeutischen Stoffe entnommen wurden. Ein Vergleich der Abflussdaten der Nebenflüsse (Iskar: $13,50 \text{ m}^3/\text{s}$; Jantra: $9,50 \text{ m}^3/\text{s}$; Arges: $9,99 \text{ m}^3/\text{s}$) und jenen der Donau ($4170 - 4490 \text{ m}^3/\text{s}$ in dieser Region) zeigt, dass wegen der Verdünnung durch die Nebenflüsse keine wesentlichen Auswirkungen auf die Konzentrationen in der Donau auftraten.

GC-MS-Analyse

Eine besondere Herausforderung war die Suche nach unbekannt organischen Verbindungen, die nicht Teil des regulären Überwachungsprogramms sind und nach denen im Rahmen der Untersuchung nicht direkt gesucht wurde. Mit Hilfe eines modernen Gas-Chromatographie-Massenspektrometers konnten die Wissenschaftler 96 organische Verbindungen im Donauwasser nachweisen. Die am weitesten verbreiteten Verbindungen waren Phthalate, Fettsäuren, aliphatische Chlorkohlenwasserstoffe und Sterole. Zusätzlich zu diesen Verbindungen wurden folgende Gruppen nachgewiesen: Aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe, Phenole, Hydroxy- und Ketoaliphate und Aromate, Benzothiazole und andere schwefel- und stickstoffhaltige Verbindungen, Organophosphate und eine begrenzte Anzahl an Herbiziden. Die Ergebnisse des GC/MS-Screening bestätigten zahlreiche Ergebnisse der übrigen Analysen.

Schlussfolgerungen



Mit der Erfüllung ihrer wichtigsten Ziele hat die Gemeinsame Donau-Untersuchung eine ganze Reihe von greifbaren Ergebnissen vorzuweisen.

Zum ersten Mal wurden vergleichbare Daten von über 40 verschiedenen Parametern entlang des ganzen Flussverlaufs erarbeitet: chemische Schadstoffe, aquatische Flora und Fauna und bakteriologische Indikatoren. Die Untersuchung hat dadurch ein verlässliches und gefestigtes Bild über die Gewässerqualität der Donau und ihrer Hauptnebenflüsse produziert. Zusätzlich zur Sicherstellung der Vergleichbarkeit der Daten hat die Gemeinsame Donau-Untersuchung – die bis heute umfassendste Untersuchung der Donau – das frühere, fragmentarische Bild durch Informationen über ein breiteres Spektrum an Wasserqualitätsparametern ergänzt.

Da die Planung der Untersuchung gerade bei der Auswahl der untersuchten Parameter von der Notwendigkeit, sich nach der EU-Wasserrahmenrichtlinie zu richten, geleitet wurde, entsprechen die aus der Gemeinsamen Donau-Untersuchung gewonnenen Daten den Anforderungen der Richtlinie bezüglich der Beschreibung des ökologischen und chemischen Zustands des Oberflächenwassers.

Die gesammelten Daten zeigen, dass sich die Donau eines hohen Grades an Biodiversität rühmen kann, da über 1000 aquatische Arten und höhere Organismen im Laufe der Untersuchung identifiziert werden konnten, und zwar im Besonderen:

- 268 Makrozoobenthos Taxa
- 340 Phytobenthos Taxa
- 49 Makrophyten Arten

- 261 Phytoplankton Taxa
- 120 Zooplankton Taxa

Die Biodiversität der Donau ist seit der Eröffnung des Main-Donau-Kanals im Jahr 1992 angestiegen, weil durch den Wegfall der natürlichen biogeografischen Grenze, die seit Jahrtausenden den Rhein und die Donau voneinander getrennt hatte, die Flussfauna zwischen den beiden Flüssen wandern kann. Die Saprobität (organische Verschmutzung) der Donau schwankte zwischen den Gewässergüteklassen II (mäßige Verschmutzung) und II-III (kritische Verschmutzung).

Viele Arme und Nebenflüsse erwiesen sich als stärker verschmutzt als der Hauptstrom und manche von ihnen erreichten sogar die Gewässergüteklassen III (stark verschmutzt, z. B. Sio). In manchen Nebenflüssen (z. B. Iskar, Olt und Arges) wurden überhaupt keine Makro-Invertebraten gefunden – ein klarer Hinweis auf einen möglicherweise noch höheren organischen Verschmutzungsgrad.

Im Verlauf der Untersuchung wurde eine hohe Korrelation zwischen der Phytoplankton-Biomasse und der Chlorophyll-a-Konzentration festgestellt. Hohe Konzentrationen an Biomasse/Chlorophyll-a wurden im ungarischen Abschnitt der Donau flussabwärts von Budapest nachgewiesen, was auf eine erhöhte Eutrophierung in diesem Abschnitt der Donau hinweist. Die Überproduktion an Biomasse kann zu einer Vielfalt an Problemen von anoxischem Wasser (durch Zersetzung) bis hin zu toxischen Algenblüten, einem Rückgang an Biodiversität und einer Zerstörung des Lebensraums, führen. Die im Lauf der Untersuchung beobachtete Algenblüte im

Schlussfolgerungen



Mittleren Donauabschnitt führte sowohl zu einem Anstieg der pH-Werte als auch der Konzentration an gelöstem Sauerstoff. Der Vergleich der Phytoplanktonbiomasse mit der Zooplanktondichte im Längsschnitt in der Donau zeigte, dass die Spitzen der Phytoplanktonbiomassewerte von Höchstwerten in der Zooplanktondichte gefolgt wurden, je weiter man stromabwärts ging. Dass der Rückgang von Phytoplankton mit einem Anstieg der Zooplanktondichte verbunden war, liegt wahrscheinlich am "Grazing"-Effekt des Zooplankton.

Die höchsten Werte der mikrobiologischen Verschmutzung wurden in den Nebenflüssen (insbesondere Russenski Lom, Arges, Siret und Prut) und den Seitenarmen (Moson-Arm, Soroskar-Arm) beobachtet.

Ferner wurden besondere Schwermetallbelastungen entdeckt. Die größten Überschreitungen der Schwermetallkonzentrationen im Wasser fanden sich in den Nebenflüssen Rusenski Lom, Iskar und Timok. Eine Sedimentanalyse brachte zu Tage, dass die Kadmium-, Blei- und Zinkmengen in der Iskar bzw. die Arsen- und Kupfermengen im Timok die Grenzwerte überschritten. Das macht die beiden Flüsse zu ernstzunehmenden Kontaminationsquellen.

Die Hauptursache für die im Rahmen der Untersuchung beobachtete Ölverschmutzung ist die Donauschifffahrt. Die höchsten Werte an Erdöl-Kohlenwasserstoffen in den Sedimenten und gelösten Stoffen wurden im Mittleren Donauabschnitt nachgewiesen.

Der Höchstwert des Herbizids Atrazin ($0,78 \mu\text{g/l}$) wurde in der Save gefunden. Dies hatte negative

Auswirkungen auf die Donau flussabwärts der Savemündung.

Bedeutende Konzentrationen von 4-Iso-Nonylphenol und Di[2-Ethyl-Hexyl]phthalaten, schädlichen chemischen Schadstoffen, die auf der Liste der prioritäten Stoffe der EU-Wasserrahmenrichtlinie angeführt sind, wurden sowohl in den Bodensedimenten als auch in den Schwebstoffen gefunden. Ihre Konzentration reichte von wenigen $\mu\text{g/kg}$ bis zu mehr als $100 \mu\text{g/kg}$. Die meisten der erhöhten Nonylphenolkonzentrationen wurden im jugoslawischen Teil der Donau gefunden. Dies könnte durch den Gebrauch alkylphenolhaltiger Surftantien in dieser Region hervorgerufen werden. Diese Verbindungen wurden im Rahmen der Untersuchung das erste Mal in der Donau nachgewiesen.



Donaumuscheln gesehen in der Nähe von Paks, Ungarn

Schlussfolgerungen



Die gemeinsame Untersuchung ermöglichte die Harmonisierung der Probenahme, der Probevorbereitung und bis zu einem gewissen Grad auch der in den verschiedenen Donauländern verwendeten Analysemethoden. All dies war dank der guten Zusammenarbeit des Teams und der effektiven Kooperation mit den nationalen Forscherteams möglich.

Als weiteren wichtigen Nutzen boten die gemeinsam gesammelten, an Bord und in den nationalen Labors ausgewerteten Proben den Wissenschaftlern eine einzigartige Möglichkeit ihre Ergebnisse zu vergleichen und die Qualität ihrer Analysearbeit sowie die Überwachung der Ergebnisse zu steigern.

Schließlich schufen die engen Kontakte, die die Wissenschaftler der Gemeinsamen Donau-Untersuchung während der Untersuchung mit staatlichen Vertretern, den Medien, Experten vor Ort und der Öffentlichkeit knüpften und pflegten, ein Forum, um die Sensibilität der Öffentlichkeit für eine aktive Umweltschutzpolitik im gesamten Donaauraum zu steigern.

Die gesammelten Erfahrungen der Gemeinsamen Donau-Untersuchung sollten für zukünftige Vorhaben genutzt werden. Zusammengefasst lässt sich festhalten, dass:

- die Messprogramme im Donau-Messnetz auf die relevanten prioritären Stoffe ausgedehnt und die biologischen Untersuchungsprogramme überarbeitet werden sollten;

- Qualitätsziele für die Sedimentqualität aufgestellt werden sollten;

- die Methoden zur ökologischen Bewertung an die Anforderungen der EU-WRRL angepasst werden sollten;

- derartige gemeinsame Untersuchungen regelmäßig durchgeführt werden sollten, um vergleichbare Daten über bestimmte Zeiträume zu erhalten.

Die Experten der Gemeinsamen Donau-Untersuchung haben vereinbart, weitere Publikationen mit detaillierteren Auswertungen der Daten im Anschluss an den Endbericht herauszugeben. Diese Ergebnisse unterstützen die laufenden Arbeiten der IKSD zur Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie.

Als Fazit noch ein Wort zur Kooperation, die eine unabdingbare Voraussetzung für gemeinsame Projekte darstellt: Kooperation ist sicherlich mehr Mittel zum Zweck als Selbstzweck. Nichtsdestotrotz kann man davon auszugehen, dass der während der Gemeinsamen Donau-Untersuchung entstandene Teamgeist sich nicht nur auf wissenschaftliche Forschung beschränken wird, sondern sich auch inspirierend auswirken wird, um die zukünftigen Aktivitäten der Donauländer bei der Bekämpfung der Umweltverschmutzung und dem Schutz des Naturhaushalts positiv zu beeinflussen. Wenn das passiert, dann wird sich die Donau wirklich von einem passiven Forschungsobjekt zu einem Motor für Veränderungen in der Region entwickeln.