Ber. Int. Gewässerschutzkomm. Bodensee: 29, 1982

Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee

Bericht Nr. 29

LIMNOLOGISCHE AUSWIRKUNGEN DER SCHIFFAHRT AUF DEN BODENSEE

		,	
,			

INHALT

	Seite
Vorwort	5
	7
1. Einleitung	
	A
2. Probleme der Schiffahrt auf stehenden	9
Gewässern	
2.1 Allgemeines	9
	10
2.2 Schadstoffeintrag	
2.3 Flächenverbrauch	11
2.4 Schiffsbetrieb	12
3. Verhältnisse am Bodensee	14
3.1 Allgemeines	14
3.2 Schadstoffeintrag	15
3.3 Schadwirkungen	18
	20
3.4 Flächenverbrauch	
3.5 Schiffsbetrieb	22
4. Bisherige Bemühungen zur Verringerung der	23
Probleme	
4.1 Schiffahrtsordnung - Emissionen von	23
Bootsmotoren	
	. 22
4.2 Schiffahrtsordnung - Verbot von	23 C
2-Takt-Bootsmotoren mit mehr als 10 P	>

4.3 Aus	flösung von Bojenfeldern	24
4.4 Lar	ndliegeplätze	24
5. Zusamme	enfassung und Wertung	25
6. Queller	nangaben	30
Anlagenver	zeichnis	
Anlage 1	Zusammenstellung der Annahmen der jährli Betriebszeiten für die einzelnen Schiffs	

kategorien (RYHINER, 1979)

Anlage 2 Gesamte Bodensee-Schiffs-Statistik zum 31.12.1980

Anlage 3 Schaubild "Ausstoß leichter Kohlenwasserstoffe 1980"

Anlage 4 Schaubild "Ausstoß schwerer Kohlenwasserstoffe 1980"

Vorwort

Die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee hat bereits im Jahre 1961 auf die zunehmende Verunreinigung des Bodensees durch Öle, Abwässer und andere Stoffe aus Schiffen hingewiesen und die Erwartung ausgesprochen, daß sich die Anliegerstaaten mit Nachdruck um eine Revision der damaligen Schiffahrts- und Hafenordnung für den Bodensee bemühen. Die Tatsache, daß sich die Verhandlungen anschließend über ein Jahrzehnt hingezogen haben, hat angesichts der in dieser Zeit eingetretenen beträchtlichen Zunahme des Motorbootverkehrs eine aus der Sicht der Bodenseereinhaltung bedenkliche Situation geschaffen.

Die von der Gewässerschutzkommission aufgrund von Art. 6 Abs. 1 des Übereinkommens über den Schutz des Bodensees gegen Verunreinigung vom 27.10.1960 beschlossenen "Richtlinien für die Reinhaltung des Bodensees vom 1. Juni 1967" enthalten eine Reihe von generellen Forderungen, die im Interesse der Bodenseereinhaltung an die Schiffahrt zu stellen sind. Von einer Detaillierung dieser Anforderungen wurde jedoch seinerzeit abgesehen; man war sich darüber einig, diese den neuen schiffahrtspolizeilichen Vorschriften vorzubehalten.

Die neue Schiffahrtsordnung für den Bodensee ist am 1. April 1976 in Kraft getreten. Während der Ausarbeitung hatte die Gewässerschutzkommission Gelegenheit zur Stellungnahme; sie hat sich mit der Problematik, vor allem auch mit der Einschränkung des Motorbootverkehrs, sehr eingehend befaßt und Vorschläge unterbreitet. Diesen Vorschlägen ist jedoch nur zum Teil Rechnung getragen worden. Insbesondere wurde dem Vorschlag, Motoren mit Gemischschmierung (2-Takter) grundsätzlich zu verbieten und die Motorboote mit 4-Taktern zahlenmäßig auf den vorhandenen Bestand zu beschränken, nicht gefolgt. Die neue Schiffahrtsordnung hat zwar die Zulassung von 2-Taktern auf eine Leistung bis 10 PS begrenzt, im übrigen aber den Motorbootverkehr zahlenmäßig nicht beschränkt.

Beim Erlaß der neuen Schiffahrtsordnung waren sich die Anliegerstaaten einig, daß das Verbot der größeren 2-Takter nur als ein erster Schritt angesehen werden kann und daß weiter eingehend zu prüfen ist, welche zusätzlichen Beschränkungen der Sportschiffahrt im Interesse des Gewässerschutzes notwendig sind. Die Gewässerschutzkommission hat ihre Forderung auf Verbot der 2-Takter und zahlenmäßige Beschränkung der 4-Takter in den letzten Jahren mehrfach bekräftigt. Mit der Internationalen Schiffahrtskommission für den Bodensee hat wiederholt ein Gedankenaustausch stattgefunden. Gleichzeitig hat sich die Gewässerschutzkommission bemüht, die Erkenntnisse über den Schadstoffeintrag und die Schadwirkungen der Schiffahrt zu erweitern und zu vertiefen. Bei ihrer 23. Tagung im Mai 1977 hat die Kommission ihre Sachverständigen beauftragt, als Grundlage für die Entscheidung über weitere Beschränkungen der Schiffahrt eine zusammenfassende Darstellung über die limnologischen Aspekte der Auswirkungen der Schiffahrt zu erarbeiten.

Der vorliegende Bericht berücksichtigt insbesondere die neuesten Erkenntnisse über den Schadstoffausstoß von Bootsmotoren. Er hat sich dadurch erheblich verzögert, daß erstmals 1980 offizielle Zahlen über den Bootsbestand vorlagen.

1. Einleitung

Bei der Beurteilung der limnologischen Schadwirkungen der Schiffahrt steht der von den Bootsmotoren verursachte Schadstoffeintrag im Vordergrund. Dabei geht es in erster Linie um die Frage, welche Mengen an Kohlenwasserstoffen durch die Bootsmotoren emittiert werden und in das Wasser gelangen.

Diese Frage hat das Land Baden-Württemberg im Einvernehmen mit den anderen Bodenseeanliegerstaaten erstmals im Jahre 1972 durch die Fa. Dornier-System in Friedrichshafen untersuchen lassen. Die Ergebnisse sind im Gutachten vom März 1973 dargelegt. Darin wurde, zum Teil auch mit Hilfe von Luftbildern, erstmals Zahlenmaterial über den vorhandenen Bootsbestand systematisch erhoben. Anhand dieser Zahlen und nach dem damaligen Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse über die spezifischen Schadstoffemissionen der verschiedenen Motortypen wurde der von der Schiffahrt ausgehende Kohlenwasserstoffeintrag ermittelt. Für die folgenden Jahre wurden entsprechende Trenduntersuchungen angestellt.

Die in diesem Gutachten enthaltenen Aussagen waren die entscheidende Grundlage für die Forderung der Gewässerschutzkommission nach Verbot der 2-Takter und zahlenmäßiger Beschränkung der 4-Takter, der in der Schiffahrtsordnung nur zum Teil, nämlich mit dem Verbot der 2-Takter über 10 PS, entsprochen wurde.

In der Zwischenzeit hat es sich jedoch gezeigt, daß die im Dornier-Gutachten zugrundegelegten spezifischen Emissions-werte zu niedrig waren und tatsächlich wesentlich höher hätten angesetzt werden müssen. Hinzu kommt, daß sich entgegen der seinerzeitigen Voraussagen aus Schiffahrtskreisen die Zahl der Boote und damit auch der Schadstoffeintrag in den Bodensee seither nahezu verdoppelt hat.

Mit in den Vordergrund gerückt ist in der Zwischenzeit ein weiteres Anliegen des Gewässerschutzes: der Schutz der Flachwasserzone. Die Erkenntnisse der letzten Jahre haben gezeigt, daß die Flachwasserzonen als sogenannte atmende Seeflächen im ökologischen Gefüge des Sees als Selbstreinigungsfaktor eine weit größere Bedeutung haben als früher angenommen wurde. Es ist daher unerläßlich, daß die durch Häfen, Bootstege, Bojenfelder, Uferauffüllungen und dergleichen bereits erheblich beeinträchtigten Flachwasserzonen in ihrem derzeitigen Zustand erhalten bleiben und vor weiteren Eingriffen geschützt werden.

Auf die sonstigen Forderungen des Gewässerschutzes gegenüber der Schiffahrt, wie die Abwasser- und Abfallbeseitigung der Schiffahrt und die Beseitigung des Bilgenwassers wird im Nachstehenden nicht mehr eingegangen, da diese Faktoren in der neuen Schiffahrtsordnung im wesentlichen berücksichtigt oder in der Praxis bereits weitgehend erfüllt sind. Der nachfolgende Bericht konzentriert sich daher im wesentlichen auf die beiden Problembereiche, die bei der Beurteilung der limnologischen Auswirkungen der Schiffahrt im Vordergrund stehen: den Schadstoffeintrag der Bootsmotoren und die Inanspruchnahme der Flachwasserzone durch Einrichtungen der Schiffahrt.

Wenn im nachfolgenden Text von Sportschiffahrt oder Sportbooten die Rede ist, so sind darunter Vergnügungsfahrzeuge im Sinne des Art. 0.02, k) der "Verordnung über die Schifffahrt auf dem Bodensee" zu verstehen.

2. Probleme der Schiffahrt auf stehenden Gewässern

2.1 Allgemeines

Die Frage. inwieweit von der Schiffahrt eine Gewässerbelastung ausgeht, ist bei stehenden Gewässern grundsätzlich anders zu beurteilen als bei Fließgewässern. Stehende Gewässer sind aufgrund ihrer Struktur und des seeinternen Trænsportsystems vielfältigen Einwirkungen unterworfen und daher außerordentlich empfindlich gegen Belastungen. Darüber hinaus ergeben sich auch für die verschiedenen Typen der stehenden Gewässer sehr unterschiedliche Betrachtungsweisen. Beispielsweise sind die Wirkungen bestimmter Schadstoffeinträge bei einem verhältnismäßig flachen See anders zu beurteilen als bei einem tiefen, geschichteten See. Grundsätzlich ist bei Seen der Effekt der Anreicherung von Schadstoffen in den Organismen, vom Plankton bis zum Fisch, und in den Sedimenten zu berücksichtigen, der unter Umständen erst nach vielen Jahren erkennbar ist, ohne daß sich im Wasser selbst die betreffenden Schadstoffe jemals haben nachweisen lassen. Die nachteiligen Auswirkungen sind erst nach vielen Jahren und auch nur qualitativ nachweisbar, möglicherweise aber dann bereits irreparabel. Dies gilt insbesondere für die Schadstoffanreicherung in den Sedimenten von tiefen, geschichteten Seen wie dem Bodensee.

Es wäre verhängnisvoll, wenn man Maßnahmen zur Begrenzung des Schadstoffeintrages in Seen erst dann als gerechtfertigt ansehen würde, wenn die limnologischen Schadwirkungen im einzelnen mit letzter wissenschaftlicher Genauigkeit quantifizierbar sind und als völlig unbestritten angesehen werden können. Eine vorsorgende Umweltschutzpolitik wäre unter diesem Aspekt unmöglich.

Wie nachstehend näher dargelegt, sind neben dem Schadstoffeintrag noch andere Gesichtspunkte zu berücksichtigen. Dazu zählt in erster Linie der Flächenverbrauch durch Häfen und andere Schiffahrtsanlagen.

2.2 Schadstoffeintrag

Das Gros des Schadstoffeintrages durch die Schiffahrt in das Gewässer bilden die durch die Bootsmotoren eingetragenen Kohlenwasserstoffe, d.h. unverbrannte Schmieröl- und Kraftstoffanteile sowie deren Verbrennungs- oder Restabbauprodukte. Daß Mineralöle und ihre Produkte auf Gewässer schädliche Auswirkungen haben können, ist allgemein bekannt. Mineralölbürtige Kohlenwasserstoffe sind bereits in relativ geringen Konzentrationen für die Wasserorganismen giftig (akute Toxizität bei: Mikroorganismen und Phytoplankton: 1 - 50 mg/l, Zooplankton: 10 - 150 mg/l, Fischnährtiere: 30 - 500 mg/l, Fische: über 200 mg/l). Aber auch solche Kohlenwasserstoffkonzentrationen, die weit unter der unmittelbaren Toxizitätsgrenze liegen, können zu chronischen Giftwirkungen führen oder über physiologische Vorgänge Störungen im ökologischen Wirkungsgefüge des Gewässers verursachen. Dies gilt vor allem für die schwer abbaubaren Anteile, die sich im Gewässer progressiv anreichern. Dazu kommt noch die Trägerfunktion der Kohlenwasserstoffe, die öllösliche Schadstoffe - Tenside, Pestizide u. dgl. - aus der Umgebung aufnehmen und dadurch die Giftwirkungen verstärken. Von diesen Schadwirkungen werden besonders die für den Stoffhaushalt und die biologische Selbstreinigung des Gewässers fundamentalen Prozesse betroffen (vermehrter Sauerstoffbedarf, Hemmung oder Verschiebung der Abbau- und Austauschprozesse). Vor allem der Kohlenwasserstoffeintrag in die Freiwasserzone eines großen, geschichteten Sees löst komplexe limnische Wirkungen aus. Die im Wasser gelösten oder dispergierten Ölanteile und der mit Öl und dessen Begleitstoffen behaftete Detritus werden in erheblichem Umfang von den Wasserorganismen (Bakterien, pflanzliches und tierisches

Plankton) aufgenommen. Eine ständige Zufuhr von Mineralölprodukten in das Freiwasser eines Sees führt zwangsläufig zu einer Anreicherung von sehr schwer zersetzbaren Kohlenwasserstoffverbindungen in den Gliedern der Nahrungskette (z.B. Plankton, Fische). Von ganz besonderer Bedeutung bei geschichteten Seen ist die Anreicherung von Kohlenwasserstoffen in den Sedimenten. Aus den ölbeladenen Sedimenten werden laufend wasserlösliche Bestandteile freigegeben. Zu diesen Bestandteilen gehören u.a. giftige aromatische Kohlenwasserstoffe wie Benzole, Xylole und Naphthaline. Sowohl durch die Lösungsvorgänge, als auch durch die bereits erwähnte Anreicherung von öllöslichen Schadstoffen wird die Umgebung der ölbeladenen Sedimente beeinträchtigt. die biologisch aktive Wasser-Sediment-Grenzschicht auf dem Seeboden fortlaufend belastet und damit der Abbau gefährdet. Wenn sich dort zusätzlich sauerstoffzehrende Stoffe anreichern, wird der Abbau immer mehr in Richtung zur anaeroben Phase verschoben. Damit besteht die Gefahr einer zunehmenden Anreicherung von Kohlenwasserstoffen in den Sedimenten der Tiefenzone. Diese trägt dazu bei. daß sich die Abbau- und Austauschvorgänge in der Grenzschicht zwischen Sedimenten und Wasser verändern. Hiervon kann eine zunehmende und von außen her nicht mehr beherrschbare Eutrophierung ausgehen.

Darüber hinaus zeigen neuere Untersuchungen, daß bereits Spuren von spezifischen Mineralölbestandteilen als chemische Signale wirken. Diese können das Verhalten bestimmter Wasserorganismen fehlsteuern und damit das ökologische Gefüge beträchtlich stören.

2.3 Flächenverbrauch

Die Flächenansprüche der Schiffahrt spielen vor allem in der Uferzone eine wesentliche Rolle (Häfen, Bootsstege und Anlegestellen, Bojenfelder). Dies gilt besonders dann, wenn es sich nicht um Steilufer, sondern um Ufer mit vorgelagertem Flachwasserbereich handelt. Den Flachwasserzonen kommt insofern große Bedeutung zu, als sie

durch die intensive Abbauleistung der vom Ufer in den See eingetragenen Substanzen und der hierdurch bedingten hohen Selbstreinigungskraft eine wichtige Funktion erfüllen. Dies ist erst in den letzten Jahren richtig erkannt worden. Eine Beeinträchtigung der Flachwasserzonen, mithin eine Verringerung der Selbstreinigungskraft hätte eine Verschlechterung des Seezustandes zur Folge, die kaum durch eine Steigerung der Reinigungsleistungen der Kläranlagen ausgeglichen werden könnte. Da die flächenmäßigen Nutzungsansprüche der Schiffahrt sich nahezu ausschließlich auf das unmittelbare Ufer und den vorgelagerten Flachwasserbereich beziehen, bedeutet jede Hafenanlage, jeder Steg und jedes Bojenfeld eine Beeinträchtigung des Selbstreinigungsvermögens des Sees.

In diesem Zusammenhang muß auch darauf hingewiesen werden, daß die Flachwasserzonen in der Regel die wichtigsten Laichgebiete der Fische sind. Hier sind auch die höchsten Fangerträge zu erzielen. Durch die Inanspruchnahme von Wasserflächen für die Nutzungen der Schiffahrt werden die Laichplätze, ebenso wie die Aufwuchs- und Produktionszonen eingeschränkt und die Fischerträge vermindert. Bojenfelder behindern die Fischereiausübung vor allem deswegen, weil das Fischen mit Netzen nicht mehr möglich ist.

2.4 Schiffsbetrieb

Obwohl bei der Beurteilung der limnologischen Schadwirkungen der Schiffahrt der Schadstoffeintrag der Bootsmotoren und der Flächenverbrauch dominieren, können auch andere Wirkungen des Schiffbetriebs nicht ganz außer Acht gelassen werden.

Hierzu zählen vor allem die vom Wellenschlag ausgehenden Wirkungen auf die Ufervegetation. Die von motorisierten Booten ausgehenden Wellen sind anders geartet als Windwellen, auf deren Wirkung sich der natürliche Bewuchs im Flachwasserbereich und am Ufer eingestellt hat. Der

durch Boote erzeugte Wellenschlag hat eine sehr viel kürzere Wellenlänge und wirkt auf den Bewuchs, vor allem auf das Schilf zerstörend.

Belastungen von Gewässern ergeben sich auch aus der Schiffsreinigung mit chemischen Mitteln. Vor allem die synthetischen waschaktiven Stoffe sind in Gewässern schwer abbaubar. Im Zusammenwirken mit anderen Stoffen können durch deren Mobilisierung weitreichende zusätzliche Schadwirkungen ausgelöst werden. Die Gefahr besteht vor allem deswegen, weil eine große Zahl verschiedener Konzentrate zur Bootsreinigung verwendet wird, deren spezifische Auswirkungen nicht bekannt sind.

3. Verhältnisse am Bodensee

3.1 Allgemeines

Die Frage, ob und welche Beschränkungen der Bodenseeschiffahrt im Interesse des Gewässerschutzes notwendig sind, kann nur im Zusammenhang mit der gegenwärtigen limnologischen Entwicklung und den auf den einzelnen Sektoren, insbesondere bei der Abwasserreinigung, bereits durchgeführten und noch weiter vorgesehenen Maßnahmen ausreichend beurteilt werden.

Mit dem Übereinkommen über den Schutz des Bodensees gegen Verunreinigung vom 27. Oktober 1960 haben sich die Anliegerstaaten des Bodensees das Ziel gesetzt, den Bodensee vor weiterer Verunreinigung zu schützen und seine Wasserbeschaffenheit nach Möglichkeit wieder zu verbessern. Zur Erreichung dieses Zieles haben die Anliegerstaaten in den vergangenen zwei Jahrzehnten große Anstrengungen unternommen, die weltweit als vorbildlich angesehen werden. Vor allem auf dem Abwassersektor haben die Staaten und Gemeinden ganz erhebliche Summen in den Bau von Kanalisationen und Kläranlagen investiert. Als erster, wesentlicher Erfolg dieser Maßnahmen hat sich ergeben, daß sich die zunächst stark fortschreitende Eutrophierung in den letzten Jahren nicht mehr fortgesetzt hat. Um die Verhältnisse zu stabilisieren und nach und nach wieder eine Verbesserung der Wasserqualität zu erzielen, sind noch weitere Anstrengungen mit Investitionen in Milliardenhöhe erforderlich. Es ist nicht zu übersehen, daß sich der See nach wie vor in einem labilen Zustand befindet. Hierzu wird auf die umfangreichen Veröffentlichungen der Gewässerschutzkommission, die auf der zweiten und dritten Umschlagseite dieses Berichts genannt sind, hingewiesen.

Die Maßnahmen, welche zur Stabilisierung und zur Besserung der Gewässergüte des Bodensees notwendig sind, liegen nach wie vor in erster Linie auf dem Abwassersektor und sind vorwiegend darauf ausgerichtet, die Nährstoffzufuhr, insbesondere die Phosphorzufuhr, weiter zu verringern. Der wichtigste Teil dieser Maßnahmen ist in dem zunächst bis 1985 laufenden Bau- und Investitionsprogramm der Gewässerschutzkommission enthalten. Dabei ist zu berücksichtigen, daß es sich um außerordentlich aufwendige Maßnahmen handelt, wie z.B. die Einführung einer dritten Reinigungsstufe auch bei den Kläranlagen der kleineren Gemeinden, weiträumigere abwassertechnische Zusammenschlüsse im Hinterland u.ä. Schon allein diese Tatsache zwingt dazu, daß auch alle anderen Verunreinigungen und Belastungen des Bodensees mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln unterbunden oder soweit wie möglich beschränkt werden. Dies trifft in besonderem Maße für die Belastung mit Schadstoffen zu, und hierzu zählen vor allem auch die Kohlenwasserstoffe.

3.2 Schadstoffeintrag

Durch das Dornier-Gutachten sind erstmals für das Jahr 1972 und mit Hilfe von Trenduntersuchungen auch für die folgenden Jahre Zahlenangaben darüber ermittelt worden, mit welchem von der Schiffahrt verursachten Schadstoffeintrag in den Bodensee gerechnet werden muß. Die von der Firma Dornier System seinerzeit selbst ermittelten Bootszahlen dürften in der Größenordnung richtig gelegen haben, hingegen waren die zugrundegelegten spezifischen Emissionswerte zu niedrig angesetzt. Dornier bezog sich im Gutachten vor allem auf die Untersuchungen von KEMPF, LÜDEMANN und PFLAUM (1967). Entsprechend den Angaben dieser Autoren blieben sowohl die mit den Abgasen emittierten Schadstoffe als zum Teil auch die leichten Kohlenwasserstoffe außer Betracht.

Inzwischen liegen über die spezifischen Schadstoffemissionen von Schiffsmotoren neue Erkenntnisse vor. Hierzu haben neben amerikanischen Untersuchungsergebnissen insbesondere Untersuchungen beigetragen, die das Land Baden-Württemberg im Einvernehmen mit den anderen Bodensee-Anliegerstaaten an der Fachhochschule Konstanz durchführen ließ (SCHNEIDER, 1981). Die Schiffszahlen mit Aufteilung in die einzelnen Kategorien sind auf Veranlassung der Schifffahrtskommission unter Absprache mit der Gewässerschutzkommission erstmals nach dem Stand vom 31.12.1979 zuverlässig ermittelt worden.

Auf diesen neuen Grundlagen und unter Berücksichtigung der neuesten Kenntnisse über die Betriebszeiten der einzelnen Schiffskategorien (s. Anlage 1) hat RYHINER im Auftrag der Gewässerschutzkommission durch ein Rechenverfahren die Schadstoffemissionen der Bodenseeschiffahrt nach dem Stand vom 31. Dezember 1979 ermittelt. Unter Anwendung dieses Verfahrens auf den erhöhten Schiffsbestand vom 31.12.1980 (s. Anlage 2) ergeben sich für das Jahr 1980 folgende Jahresmengen:

Bei den Kohlenwasserstoffen betrugen die Emissionen der Schiffahrt (s. Anlagen 3 und 4)

- 1 120 t leichte Kohlenwasserstoffe, an denen die Sportschiffahrt mit 755 t beteiligt ist. Auf die einzelnen Motorarten entfallen dabei

34 t (2 t) auf Dieselmotoren,

186 t (163 t) auf 4-Takt-Otto-Motoren,

900 t (590 t) auf 2-Takt-Otto-Motoren.

Die Anteile der Sportboote sind in Klammern angegeben.

- <u>42 t schwere Kohlenwasserstoffe</u>, an denen die Sportschiffahrt mit etwa 21 t beteiligt ist. Auf die einzelnen Motorarten entfallen dabei

- 13 t (knapp 1 t) auf Dieselmotoren,
- 5 t (4 t) auf 4-Takt-Otto-Motoren.
- 24 t (16 t) auf 2-Takt-Otto-Motoren,

Auch hier ist der Anteil der Sportboote in Klammern gesetzt.

Von den leichten Kohlenwasserstoffen gelangen nach dem gegenwärtigen Kenntnisstand 30 - 50 % zumindest vorübergehend in das Wasser; dies entspricht im Mittel einer Menge von etwa 440 t. Die schweren Kohlenwasserstoffe verbleiben im Wasser.

Unter der Annahme, daß sämtliche 2-Takter über 10 PS aus dem Verkehr gezogen sind, vermindert sich der errechnete Schadstoffeintrag

von 440 t auf 225 t bei den leichten Kohlenwasserstoffen und

von 42 t auf 27 t bei den schweren Kohlenwasserstoffen.

Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, daß

- mangels einer zahlenmäßigen Begrenzung die Bootszahlen und damit auch der Schadstoffeintrag weiter im Ansteigen begriffen ist,
- der Betrieb größerer 2-Takter in einer allerdings nicht bekannten Zahl durch Ausnahmeregelungen weiter gestattet wurde und
- daß tatsächlich aus dem Betrieb genommene 2-Takter in der Zwischenzeit zumindest teilweise durch andere Motoren ersetzt worden sind.

Stellt man die seinerzeit von Dornier ermittelten Schiffszahlen, die Ergebnisse der jüngsten Erhebung über die Schiffszahlen und die genannten neuesten Erkenntnisse über die spezifischen Schadstoffemissionen in Rechnung, so ergibt sich, daß sich der Kohlenwasserstoffeintrag innerhalb eines Jahrzehnts nahezu verdoppelt hätte. Durch das am 1. April 1981 in Wirkung getretene Verbot der größeren 2-Takter konnte diese ursprünglich ermittelte Zunahme auf rd. 50 % beschränkt werden. Mit der beobachteten ständigen Zunahme der Bootszahlen ist jedoch auch der Schadstoffeintrag weiterhin erheblich im Ansteigen begriffen.

Neben der Ermittlung von Kohlenwasserstoffemissionen hat RYHINER außerdem Berechnungen über Schadgase und Blei durchgeführt. Für das Bezugsjahr 1980 sind dementsprechend folgende Emissionsmengen anzugeben (Anteil der Sportschifffahrt in Klammern).

```
2 860 t (2 000 t) Kohlenmonoxid (CO),

335 t ( 120 t) Stickoxide (NO<sub>x</sub>),

38 t ( 5 t) Schwefeldioxid (SO<sub>2</sub>) und

1,3 t ( 1 t) Bleiverbindungen.
```

Die aufgeführten Schadgase werden nur teilweise in das Wasser eingetragen:

- CO zu etwa 5 %
- NO_x zu 20 %
- SO₂ nahezu zu 100 %

Die Bleiverbindungen verbleiben vollständig im Wasser. Durch das Verbot der 2-Takter über 10 PS wird der Eintrag von CO von 145 t auf rund 60 t reduziert. Bei den übrigen der angegebenen Stoffe wird sich der Eintrag in das Wasser nur wenig verändern.

3.3 Schadwirkungen

Unter Abschnitt 2.2 sind die Schadwirkungen, welche Kohlenwasserstoffe insbesondere in stehenden Gewässern verursachen, bereits dargelegt. Die im vorangegangenen Abschnitt festgestellten, aus der Schiffahrt in den Bodensee eingetragenen Schadstoffmengen, sind so erheblich, daß sie keinesfalls als vernachlässigbar angesehen werden können, sondern drastisch reduziert werden müssen,

wenn nicht irreparable Schäden entstehen sollen. An dieser Auffassung hat sich seit der Stellungnahme der Gewässerschutzkommission aus dem Jahre 1973 nichts geändert, vielmehr haben die in der Zwischenzeit gewonnenen Erkenntnisse diese Auffassung noch erhärtet. Bei einem so komplizierten limnischen Ökosystem wie dem Bodensee wird es zumindest auf absehbare Zeit nicht möglich sein, die Wirkung des Schadstoffeintrages detailliert nachzuweisen und womöglich noch in bezug auf andere Emissionen und andere Schadwirkungen zu quantifizieren. Dessen ungeachtet sind im Sediment des Bodensees Kohlenwasserstoffanreicherungen festzustellen, deren bekannte Schadwirkungen zu erheblicher Besorgnis Anlaß geben. So hat das Institut für Seenforschung und Fischereiwesen in Langenargen bei ersten systematischen Untersuchungen der Bodenseesedimente in allen Teilen des Bodensees im Jahre 1970 bereits erhebliche Kohlenwasserstoff-Konzentrationen gefunden (UNGER, 1971).

Erneute Untersuchungen im Jahre 1975 haben ergeben. daß diese Konzentrationen zum Teil bereits wesentlich höher lagen. Unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Sedimentationsraten wurde für den Zeitraum von 1970 bis 1975 eine Zunahme der Kohlenwasserstoff-Verbindungen in den obersten Schichten der Bodensee-Sedimente von insgesamt 200 t errechnet. Im übrigen sind auch die biogen gebildeten Kohlenwasserstoffe mit erfaßt. Radiochemische Untersuchungen von KÖLLE und STIEGLITZ (1974) zeigen, daß die vom Institut Langenargen (UNGER, 1971) analysierten Kohlenwasserstoffe im ufernahen Bereich zu mehr als 60 % und in Seemitte zu mehr als 85 % petrochemischer Herkunft sind. Im Gegensatz dazu haben HELLMANN (1973) und ein Analytikerkollektiv (EKEP 1981) vorwiegend biogene Kohlenwasserstoffe in den Bodensee-Sedimenten gefunden. Nach Auffassung der limnologischen Sachverständigen sind die durch die gewählte Methodik gegebenen Interpretationsmöglichkeiten für eine Beurteilung der Verhältnisse im Bodensee unzureichend. Eigene Untersuchungen lassen bei erweiterter Interpretation unter Berücksichtigung auch der von KÖLLE und STIEGLITZ (1974) durchgeführten Arbeiten nach wie vor den Schluß zu, daß ein erheblicher Anteil der gefundenen Kohlenwasserstoffe aus fossilen Quellen (einschließlich Mineralölprodukten) stammt. Diese Ergebnisse werden durch neuere Untersuchungen in der Größenordnung bestätigt (EAWAG 1981).

Im übrigen geben die in den Sedimenten des Bodensees gefundenen Kohlenwasserstoff-Konzentrationen schon insofern zu Bedenken Anlaß, als sie sich in der Größenordnung von Konzentrationen befinden, die vor einigen Jahren vor der amerikanischen Küste nach einem Tankerunfall gefunden wurden und die dort, wenn auch unter anderen äußeren Bedingungen, zu einer erheblichen Schädigung der Flora und Fauna geführt haben (BLUMER 1971). Diese Anreicherung von Kohlenwasserstoffen in den Sedimenten des Bodensees stellt auch im Hinblick auf seine Nutzung als Trinkwasserspeicher ein Gefährdungspotential dar.

3.4 Flächenverbrauch

Für das Bodenseeufer sind die in weiten Bereichen dem Ufer vorgelagerten Flachwasserzonen typisch. Auf deren Bedeutung für ein stehendes Gewässer wurde bereits unter 2.3 hingewiesen. Insgesamt sind z.B. von den 161 km des baden-württembergischen Bodenseeufers rund 45 km von Bojen oder Bojenfeldern, Stegen und Häfen in Anspruch genommen. Angesichts der limnologischen Situation des Bodensees muß zumindest die derzeit noch vorhandene Flachwasserzone voll erhalten bleiben. Vor allem für den eutrophen Untersee kann der Wert der Flachwasserzone nicht hoch genug eingeschätzt werden. Hier ist die Selbstreinigungskraft des Sees, die im direkten Zusammenhang mit der Größe und Funktionsfähigkeit der Flachwasserzone steht, von besonders großer Bedeutung. Am gesamten

Bodensee beträgt die Ausdehnung der Flachwasserbereiche bis zur 10-m-Tiefenlinie etwa 75 km² (auf Mittelwasserstand bezogen). Davon entfallen auf den österreichischen Uferbereich 15 km², den Bereich der Schweiz 16 km², auf den bayerischen Bereich 5 km² und auf Baden-Württemberg 39 km². In diesen Flachwasserzonen befinden sich alle Anlagen der Schiffahrt, ob es sich dabei um Häfen, Steganlagen oder Bojenfelder handelt.

Alle 3 Anlagetypen verbrauchen in ihrer spezifischen Weise Flächen in der Flachwasserzone:

Bojenfelder

Bedingt durch ihre Flächenausdehnung beanspruchen die Bojenfelder im Zusammenhang mit der Schiffahrt den größten Anteil am Flachwasserbereich. Im baden-württembergischen Uferbereich, wo rund 3000 Bojen, großenteils als Bojenfelder organisiert, verankert sind, beträgt dieser Flächenverbrauch beispielsweise etwa 300 ha. Zwar kann durch die Anlage von Bojenfeldern erreicht werden, daß rein geometrisch die Fläche der Flachwasserzone erhalten bleibt und nicht im strengen Wortsinn verbraucht wird. Aber durch die Nutzung, d.h. das An- und Abfahren der Boote, und den Schadstoffeintrag, der sich aus dem Bootsbetrieb selbst ergibt, wird die Flachwasserzone im Bereich solcher Bojenfelder nachhaltig in ihrer Funktion gestört.

Steganlagen

Auch Steganlagen stellen in der Regel Liegeplätze im freien Flachwasserbereich dar. In ihrer Wirkung auf die Funktion der Flachwasserzonen sind sie ähnlich zu bewerten wie die Bojenfelder. Der wesentliche Unterschied ist der, daß Steganlagen konzentriertere Liegeplatzmöglichkeiten als Bojenfelder bieten und damit der insgesamt beeinträchtigte Flachwasserbereich relativ kleiner ist. Allerdings bieten Steganlagen in der Regel Liegeplätze für Motorboote, was zur Folge hat, daß durch den Aufwühleffekt der Schiffsschrauben der Seeboden in der

unmittelbaren Umgebung einer derartigen Steganlage nicht zur Ruhe kommt und sich entsprechendes biologisches Leben nicht in ausreichendem Umfang bilden kann. Zudem führt die ungenügende Fahrwassertiefe für große Motorboote häufig zu Baggerungen, die ungünstige limnologische Wirkungen zur Folge haben.

Hafenanlagen

Durch Häfen und Steganlagen sind allein im baden-württembergischen Uferbereich rund 90 ha Flachwasserfläche verbraucht. Bei Häfen kann man ohne Einschränkung von Verbrauch im Sinne des Wortes sprechen, da durch Aufschüttungen und Anfüllungen Wasser verdrängt und Land gewonnen wird und zudem dem Hafenbecken selbst und der Hafenschle keinerlei limnologische Funktion mehr zugewiesen werden kann. Dennoch bieten solche Hafenanlagen den Vorteil, daß sich die Schadstoffeinträge, wie sie sich zwangsläufig im Zusammenhang mit Wasserliegeplätzen ergeben, auf den unmittelbaren Bereich des Hafenbeckens konzentrieren und so, z.B. durch Ausbaggerungen in Grenzen gehalten werden können.

3.5 Schiffsbetrieb

Die grundsätzlichen Probleme sind bereits unter 2.4 angesprochen worden. Eine Überschlagsrechnung für den Bodensee anhand der Bodenseeschiffahrtsstatistik für das Jahr 1980 hat ergeben, daß hinsichtlich der Bootsreinigung mit einem Eintrag an Reinigungsmitteln in den Bodensee in der Größenordnung von 15 bis 30 t gerechnet werden muß. Allerdings muß betont werden, daß bei Beschränkung auf phosphatarme Reinigungsmittel der Phosphoreintrag gesenkt werden kann.

4. Bisherige Bemühungen zur Verringerung der Probleme

4.1 Schiffahrtsordnung - Emissionen von Bootsmotoren

Am 1. April 1976 trat die Verordnung über die Schiffahrt auf dem Bodensee in Kraft. Sie enthält eine Reihe von Bestimmungen, die vermeidbare Beeinträchtigungen des Gewässers ausschließen sollen. Soweit sie die Emissionen von Motoren betreffen, verpflichten sie jedoch nur den Benutzer auf den ordnungsgemäßen Zustand und den sachgemäßen Betrieb, geben aber keine Auflagen für Emissionsgrenzwerte der Motoren selbst. Damit bietet die Bodenseeschiffahrtsordnung keinen Anreiz für die Motorenhersteller, umweltfreundlichere Bootsmotoren zu entwickeln. Darüber hinaus sieht die Bodenseeschiffahrtsordnung keine Begrenzung des Gesamtbestandes an motorgetriebenen Booten vor, die eine weitere Zunahme der Schadstoffe im Bodensee verhindern würde.

4.2 Schiffahrtsordnung - Verbot von 2-Takt-Otto-Motoren mit mehr als 10 PS

Nach der Bodenseeschiffahrtsordnung von 1976 sind Motoren mit Gemischschmierung mit mehr als 10 PS verboten. Alle Anrainerländer waren sich bei Erlaß dieser Verordnung darüber im klaren, daß dieses Verbot nur einen ersten Schritt darstellen konnte, um den Schadstoffeintrag in den Bodensee zu verringern. Die Entwicklung in der Zeit von 1976 bis 1981 hat gezeigt, daß die damalige Einschätzung des Zuwachses der Anzahl der motorgetriebenen Boote durch die Gewässerschutzkommission richtig war. Es ist davon auszugehen, daß sich diese Entwicklung weiter fortsetzen wird, und damit der Effekt der Verringerung des Schadstoffeintrages durch das Verbot der 2-Takt-Otto-Motoren über 10 PS nach und nach wieder aufgehoben werden wird.

4.3 Auflösung von Bojenfeldern

Seit die zuständigen Behörden zunehmend die Gefahr erkannt haben, die von den Bojenfeldern auf die Funktionsfähigkeit der Flachwasserzonen ausgeht, haben die Bemühungen um die Auflösung solcher Bojenansammlungen zugenommen. Dennoch konnte insgesamt noch kein durchschlagender Erfolg verzeichnet werden, so daß nach Wegen gesucht werden muß, die Boote auf bestehende Wasserliegeplätze in Häfen oder Steganlagen zu konzentrieren, Bojenfelder aufzuheben und darüber hinaus keine weiteren Liegeplätze an Bojen mehr zuzulassen.

4.4 Landliegeplätze

Wegen der nur begrenzten Zahl von verfügbaren Wasserliegeplätzen wurde seit Jahren eine gewisse Sättigung bei der Vergnügungsschiffahrt erwartet. Es zeigte sich jedoch, daß die Entwicklung nicht stehenblieb. Gründe mögen dafür zum einen die sog. Wanderboote sein. Dies sind Boote. die unmittelbar vor ihrem Einsatz auf dem Bodensee an das Ufer herangefahren und im Anschluß daran wieder abtransportiert werden. Sie benötigen also keinen Liegeplatz. Zum anderen zeichnet sich eine Tendenz ab. Wasser- gegen Landliegeplätze auszutauschen, wozu neben der begrenzten Anzahl von Wasserliegeplätzen auch der niedrigere Preis der Landliegeplätze beiträgt. Die Genehmigung von Landliegeplätzen kann jedoch nur in einem weitaus geringeren Maße als Mittel für eine Beschränkung der Bootsanzahl auf dem Bodensee dienen, da das rechtliche Instrumentarium bei weitem nicht so restriktiv zu handhaben ist, wie dies bei Wasserliegeplätzen geschehen kann. Bei Landliegeplätzen dürfen jedoch auch die ökologischen Gefahren im Uferbereich nicht unterschätzt werden.

5. Zusammenfassung und Wertung

- 5.1 Bei der Frage nach den limnologischen Auswirkungen der Schiffahrt auf den Bodensee geht es im wesentlichen um zwei Probleme, nämlich den Schadstoffeintrag und die Inanspruchnahme der Flachwasserbereiche des Bodensees durch Einrichtungen der Schiffahrt. Beim ersten Problem ist darzutun, in welchem Umfang der von der Schiffahrt verursachte Schadstoffeintrag zur Vermeidung nachteiliger Auswirkungen auf den See beschränkt werden muß und welche Maßnahmen hierzu bei der motorisierten Schiffahrt geeignet sind. Beim zweiten Problem geht es darum, die Flachwasserzone als wesentliches Element der Selbstreinigungskraft des Sees vor weiteren Eingriffen zu schützen.
- 5.2 Die Frage, ob und welche Beschränkungen der Bodenseeschiffahrt im Interesse des Gewässerschutzes notwendig sind, muß auch im Zusammenhang mit der gegenwärtigen limnologischen Entwicklung und den auf den einzelnen Sektoren, insbesondere bei der Abwasserreinigung bereits durchgeführten und noch weiter vorgesehenen Maßnahmen beurteilt werden. Es ist zu berücksichtigen. daß zur Reinhaltung des Bodensees über die teils vorgenommenen Investitionen hinaus weitere erhebliche Summen aufgebracht werden müssen. um die limnologische Entwicklung des Sees zu stabilisieren, und daß sich der Bodensee noch immer in einem labilen Zustand befindet. Dies zwingt dazu, daß alle Verunreinigungen und Belastungen des Bodensees mit allen zur Verfügung stehenden Mitteln unterbunden oder soweit wie möglich beschränkt werden. Dies trifft in besonderem Maße für die Belastung mit Schadstoffen zu, und hierzu zählen vor allem auch die Kohlenwasserstoffe.

- 5.3 Entgegen den damaligen Voraussagen aus Schiffahrtskreisen hat sich die Zahl der Sportboote in knapp einem Jahrzehnt nahezu verdoppelt. Entsprechend ist auch der schon damals als bedenklich angesehene Schadstoffeintrag der Schiffahrt in den Bodensee gestiegen. Der auf der Grundlage der neuesten Schiffahrtstatistik und der heutigen wissenschaftlichen Kenntnisse über das Emissionsverhalten von Bootsmotoren errechnete Schadstoffeintrag in den Bodensee hat trotz des Verbots der 2-Takter über 10 PS allein bei den schwer abbaubaren Kohlenwasserstoffen die Höhe von etwa 30 t jährlich erreicht und ist weiter im Steigen begriffen. Es muß damit gerechnet werden, daß diese Schadstoffmengen zumindest langfristig nachteilige Auswirkungen auf die limnologische Entwicklung des Bodensees haben werden. Um irreparable Schäden zu vermeiden, ist eine drastische Reduzierung dieses Schadstoffeintrages notwendig. Angesichts des komplizierten limnischen Ökosystems Bodensee wird es zumindest in absehbarer Zeit nicht möglich sein, die Schadwirkungen im Detail nachzuweisen oder gar zu quantifizieren. Wollte man jedoch solche wissenschaftlichen Nachweise erst abwarten, so könnten sich verhängnisvolle Folgen einstellen. Grundsätzlich kann nicht davon ausgegangen werden, daß Maßnahmen des Umweltschutzes erst dann als gerechtfertigt anzusehen sind, wenn Schadwirkungen im einzelnen mit wissenschaftlicher Genauigkeit quantifizierbar sind und als völlig unbestritten angesehen werden können. Eine vorsorgende Umweltschutzpolitik wäre unter diesem Aspekt unmöglich.
- 5.4 Bei der Beurteilung des Kohlenwasserstoffeintrages der Schiffahrt ist zu berücksichtigen, daß auch aus anderen Quellen Kohlenwasserstoffe in den Bodensee eingetragen werden. Es sind dies Abwassereinleitungen, Abschwemmungen von Straßen und Parkplätzen außerhalb der Bebauungsgebiete, Ölunfälle und der Eintrag aus der Atmosphäre. Dagegen werden bereits umfangreiche und teils außerordentlich kostspielige Maßnahmen getroffen. Dies sind auf

dem Abwassersektor der weitgehende Ausbau der Kanalisationsnetze mit Regenrückhaltebecken, wodurch der größte Teil auch des in den Siedlungsgebieten anfallenden ölverschmutzten Regenwassers über dreistufige Abwasserreinigungsanlagen geleitet wird. Vor allem bei Industrie und Gewerbe sind zur Verminderung von Kohlenwasserstoffemissionen weitere aufwendige Maßnahmen erforderlich. Bei den neuen Hauptverkehrsstraßen sind in den letzten Jahren Regenrückhaltebecken mit Ölauffangräumen gebaut worden; weitere Maßnahmen sind vorgesehen. Als Folge der weitgehenden Sicherungsvorkehrungen beim Umschlag und Transport sowie bei der Lagerung von Mineralölen als Vorsorgemaßnahmen gegen Ölunfälle und dank des Aufbaus und der ständigen Bereitschaft einer internationalen Ölwehr mit Ölfangschiffen und einer umfangreichen Ausrüstung an Geräten ist der Kohlenwasserstoffeintrag durch Unfälle auf ein unbedeutendes Maß zurückgegangen.

5.5 Vor allem angesichts des labilen limnologischen Zustandes des Bodensees muß gefordert werden, daß grundsätzlich jeder vermeidbare Schadstoffeintrag in den Bodensee unterbleibt. Wie aus den vorhergehenden Ausführungen geschlossen werden kann, ist es nicht möglich, Belastungsgrenzwerte für den Schadstoffeintrag aufzustellen. Es liegt daher nahe, dem bisherigen Vorgehen der Schiffahrtsordnung entsprechend vorzusehen, in erster Linie die Motorbootkategorien mit den größten spezifischen Schadstoffemissionen auszuschalten und die übrigen zahlenmäßig zu begrenzen. Dies entspräche der alten Forderung der Gewässerschutzkommission, 2-Takter nicht mehr zuzulassen und die 4-Takter zahlenmäßig zu beschränken. Es ergäbe sich, bezogen auf die schweren Kohlenwasserstoffe und unter Berücksichtigung einer Umrüstung der Flautenschieber von 2-Takt-Otto-Motoren auf 4-Takt-Otto-Motoren, folgender Jahreseintrag:

Gewerbliche Schiffahrt	13 t
Sportschiffahrt, bei Festschrei- bung auf den Bestand vom 31.12.1980	5 t
Summe	18 t

Auch dieser Schadstoffeintrag kann limnologisch als keinesfalls unbedenklich angesehen werden. Es sind daher weitere Möglichkeiten der Reduzierung ins Auge zu fassen:

Unter der Annahme, daß bei der gewerblichen Schiffahrt durch motorische Verbesserung und dergleichen eine Reduzierung des derzeitigen Kohlenwasserstoffeintrages um etwa ein Drittel möglich ist und daß im übrigen eine Reduzierung der Sportboote (4-Takter) auf den Stand von 1972 (s. Gutachten Dornier) erreicht werden kann, ergäbe sich folgender Jahreseintrag an schweren Kohlenwasserstoffen, wobei die Flautenschieber wie oben berücksichtigt sind:

Gewerbliche Schi	fiahrt	9 t
Sportschiffahrt,	bei geschätztem Bestand von 1972	2 t
Summe		11 t

Auch diese Eintragsmenge ist noch beträchtlich, dürfte aber unter den gegenwärtigen Umständen kaum weiter reduzierbar sein. Eindeutig ist, daß mit jeder Erhöhung dieser Schadstoffmenge das Schadensrisiko zunehmend weniger kalkulierbar wäre.

5.6 Weitere motorische Verbesserungen des 2-Takters bezüglich der Schadstoffemissionen erscheinen, bedingt durch
die Bauart dieses Motorentyps, zumindest in dem aus
der Sicht des Gewässerschutzes notwendigen Umfang,
nicht möglich. Ob Verbesserungen bei den 4-Taktern
in einem wesentlichen Umfang erreichbar sind, läßt sich
z.Zt. nicht ausreichend beurteilen. Zumindest müßte jedoch verlangt werden, daß auch bei den Bootsmotoren in

gleicher Weise wie bei den Straßenkraftfahrzeugen Emissionsgrenzwerte festgelegt werden und eine laufende Kontrolle des Emissionsverhaltens erfolgt.

5.7 Die vor allem in den letzten Jahren vorgenommenen Eingriffe in die Flachwasserzone haben ein Ausmaß erreicht, welches die Funktion der Flachwasserzone als Selbstreinigungsfaktor des Sees bereits erheblich vermindert hat. Es ist daher unerläßlich, daß die Flachwasserzonen keinesfalls durch weitere Anlagen der Schiffahrt gefährdet werden und bestehende Bojenfelder aufzulösen sind. Die Zahl der Sportboote muß auch aus Gründen des Flachwasserschutzes reduziert werden.

6. Quellenangaben

- BLUMER, M. (1971): Verunreinigung der Gewässer durch Oel Zum Problem der persistenten Chemikalien in der Umwelt. EAWAG Separatum Nr. 398.
- DERENBACH, J.B. und M.V. GERECK (1980): Interference of Petroleum Hydrocarbons with the Sex Pheromone Reaction of Fucus Vesiculosus (L.) J. exp. mar. Biol. Ecol. Vol. 44, 61-65.
- DORNIER-SYSTEM (1973): Untersuchung über die Ölverschmutzung des Bodensees durch Sport- und Gewerbeschiffahrt. Gutachten im Auftrage des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Umwelt Baden-Württemberg.
- EKEP-Synopse 8128 (1981): Art und Herkunft der Kohlenwasserstoffe in Sedimenten des Bodensees. - Erdöl und Kohle -Erdgas - Petrochemie vereinigt mit Brennstoffchemie 34(10): 451.
- EAWAG (1981): Kohlenwasserstoff-Bestimmung in Bodensee-Sediment-Bohrkernen, aus 0 2 cm und 20 22 cm Schichten.

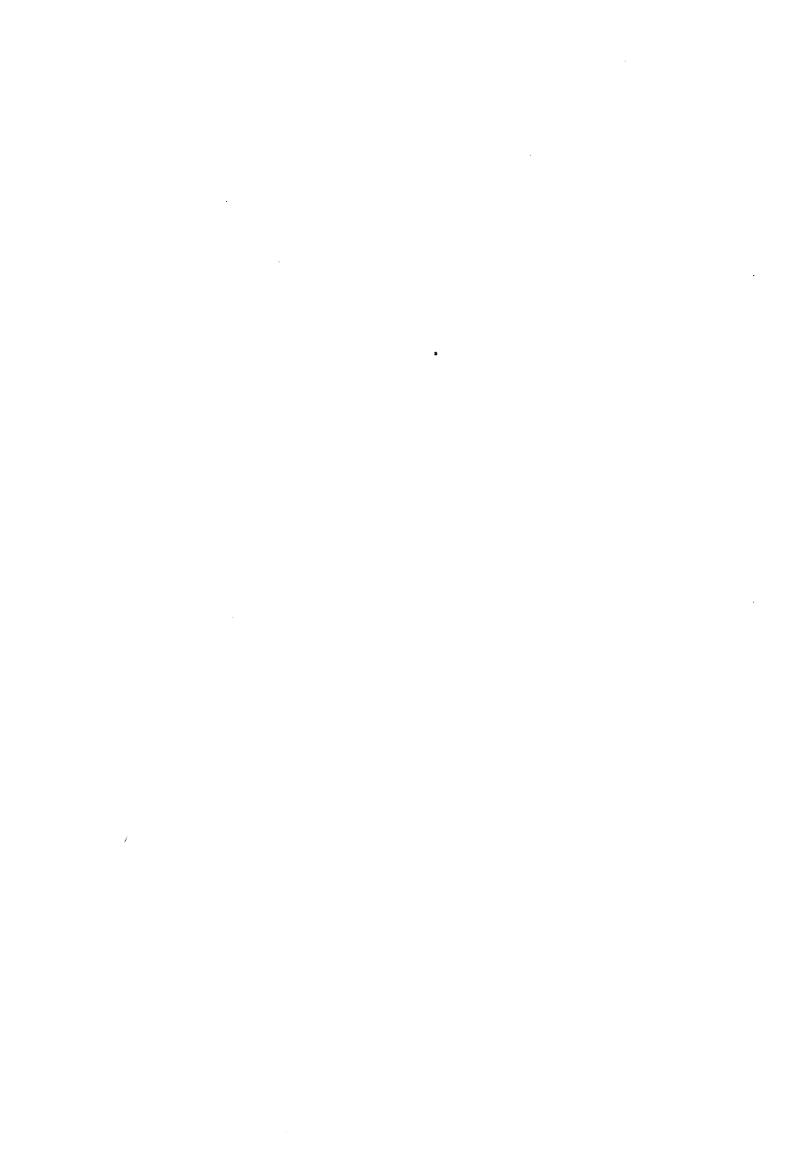
 Persönl. Mitteilungen.
- HELLMANN, H. (1973): Mineralöl in den Sedimenten des Bodensees? - Dtsch. Gewässerkundl. Mitt. 17:154-158
- KEMPF, Th., D. LÜDEMANN und W. PFLAUM (1967): Verschmutzung der Gewässer durch motorischen Betrieb, insbesondere durch Außenbordmotoren. Schriftenreihe Ver. f. Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Berlin Nr. 26.
- KÖLLE, W. und L. STIEGLITZ (1974): Petrochemische und biogene Kohlenwasserstoffe in den Sedimenten des Bodensees. Jb. Vom Wasser.

- Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg (1981): Flachwasserschutz am Bodensee. Wasserwirtschaftsverwaltung Heft 11: 1-29.
- RYHINER, G.D. (1981): Schadstoffemissionen der motorisierten Schiffahrt auf dem Bodensee. Auftraggeber: Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern.
- SCHNEIDER, A. (1981): Abgasuntersuchungen an 2- und 4-Takt Außenbordmotoren Abschlußbericht II -. Im Auftrag des Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg.
- UNGER, U. (1971): Untersuchungen über die Verunreinigung des Bodensees durch Mineralöl. Gas- u. Wasserf. 112, 256-261.

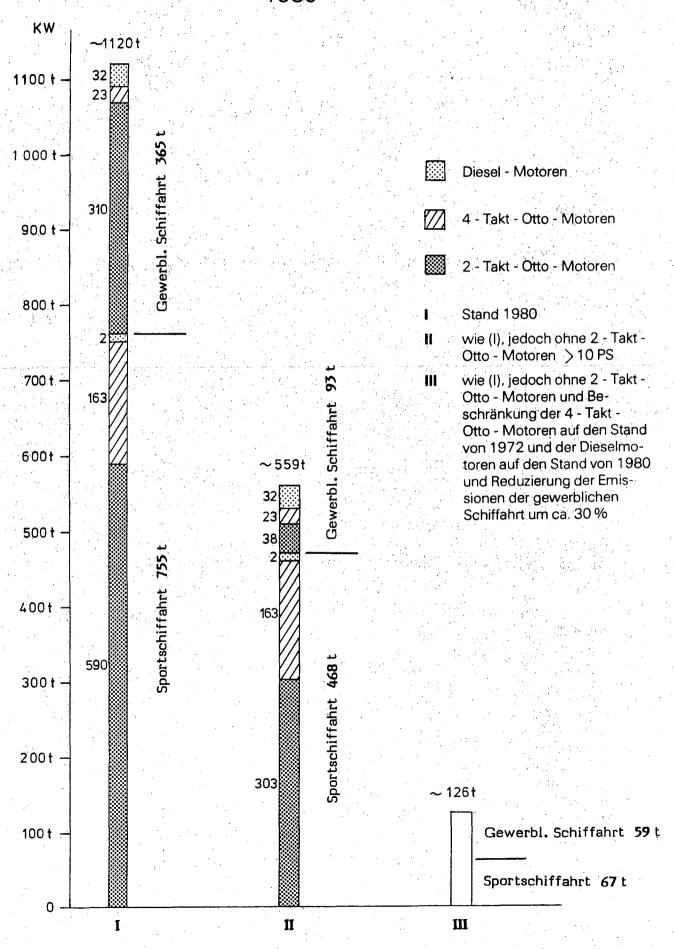
Zusammenstellung der Annahmen der jährlichen Betriebszeiten für die einzelnen Schiffskategorien (RYHINER, 1979)

	Schiffskategorie		Std. je I	Boot/Jahr
	Fahrgastschiffe		900	
	Lastschiffe		700	
	Arbeitsboote		600	
:	Motorboote		35	
	Segelboote		10	
	Mietboote		250	

		Gesamt-	•	Leist	ung in	kW		
	Fahrzeugart		zahl	bis 4.4	4.4-7.4	7.4-37	37-74	über 74
	Fahrgastschiff	e mit Dieselmotor	56			4	6	46
	Lastschiffe mi	t Dieselmotor	48			5	14	29
	Arbeits	mit Dieselmotor	99	1	2	31	46	19
	Berufsfischer- boote und	mit 4 T-Ottomotor	81	26	7	5	8	35
	sonstige Boote	mit 2 T-Ottomotor	239	55	27	153	4	
	Motor-	mit Dieselmotor	629	28	32	244	138	187
4)	boote	mit 4 T-Ottomotor	6349	1013	260	142	662	4272
zeuge		mit_2_T-Ottomotor	10211	7411	577	1846	357	- 20-
ırz	Segel-	mit Dieselmotor	2231	337	1017	832	43	2
ergnügungsfahr	boote	mit 4 T-Ottomotor	766	422	214	125	3	2
ung		mit 2 T-Ottomotor	9502	8761	680	60	, 1	
ងប៉ន	kennzeic Segelbo	hnungspflichtige ote ohne Motor	8964					
		mit 4 T-Ottomotor	23	9	1	3	4	6
>	Miet- boote	mit 2 T-Ottomotor	146	136	1	6	3	
-	Boote	mit Elektromotor	89					
	kennzeic Ruderboote. P	hnungspflichtige edalos etc ohne Motor	5 86 9					
a)	Dieselmotor	en gesamt	3063	366	1051	1116	247	283
b)	4 T-Ottomot	oren gesamt	7219	1470	482	275	677	4315
c)	2 T-Ottomot	oren gesamt	20098	16363	1285	2065	365	20.
		Total(a,b,c	30380	18199	2818	3456	1289	4618



Ausstoß an leichten Kohlen-Wasserstoff-Verbindungen (KW) 1980





Ausstoß an schweren Kohlen-Wasserstoff-Verbindungen (KW) 1980

