

J. Deufel, H. Löffler und B. Wagner

Auswirkungen der Eutrophierung und anderer anthropogener Einflüsse auf die Laichplätze einiger Bodensee-Fischarten

1. Einleitung

Die Fischfauna eines Gewässers ist relativ leicht beeinflussbar. So vermehrten sich im Bodensee z. B. mit Beginn der Eutrophierung besonders stark die im Uferbereich lebenden Fischarten (Nümann, 1973). Gleichzeitig kam es zu einem Wechsel in der »Vergesellschaftung« (Kriegsmann, 1955), d. h. die Salmonines nahmen im Vergleich zu den übrigen Fischarten prozentual ab. Machten sie ursprünglich ca. 80 % des Gesamtfangs aus, liegt heute ihr Anteil bei 40 % (Deufel, 1985). Einige Fischarten änderten ihre Lebensgewohnheiten (Hartmann, 1977a; Karbe, 1964), was z. B. bei den Coregonen Bastardierung erleichterte. Auch nahmen Fischparasiten und -seuchen zu (Deufel, 1963). Im Uferbereich folgte der fortschreitenden Eutrophierung ein Rückgang der Schilfzone, die stellenweise ganz verschwand. Neben den eutrophiebedingten Einflüssen führten technische Eingriffe im Uferbereich, wie z. B. Uferauffüllungen und Hafengebäuden, aber auch Flußverbauungen im Einzugsgebiet des Bodensees zum Verlust von Laichplätzen (Deufel, 1975a).

In der vorliegenden Arbeit soll der Versuch unternommen werden, darzustellen, wie sich die Laichplätze verschiedener Fischarten während der vergangenen Jahrzehnte als Folge von Eutrophierung und anderer anthropogener Einwirkungen änderten. Gleichzeitig wurde geprüft, ob sich Sanierungsmaßnahmen, deren Erfolge sich an verschiedenen Orten schon deutlich bemerkbar machen – besonders im Uferbereich –, auch bereits auf Fischlaichplätze positiv auswirkten. Dabei werden nicht nur die Laichgebiete »großer«, wirtschaftlich interessanter Fischarten betrachtet, sondern auch die einiger »kleinerer« Species, die nicht genutzt und deswegen auch kaum beachtet werden.

2. Methode

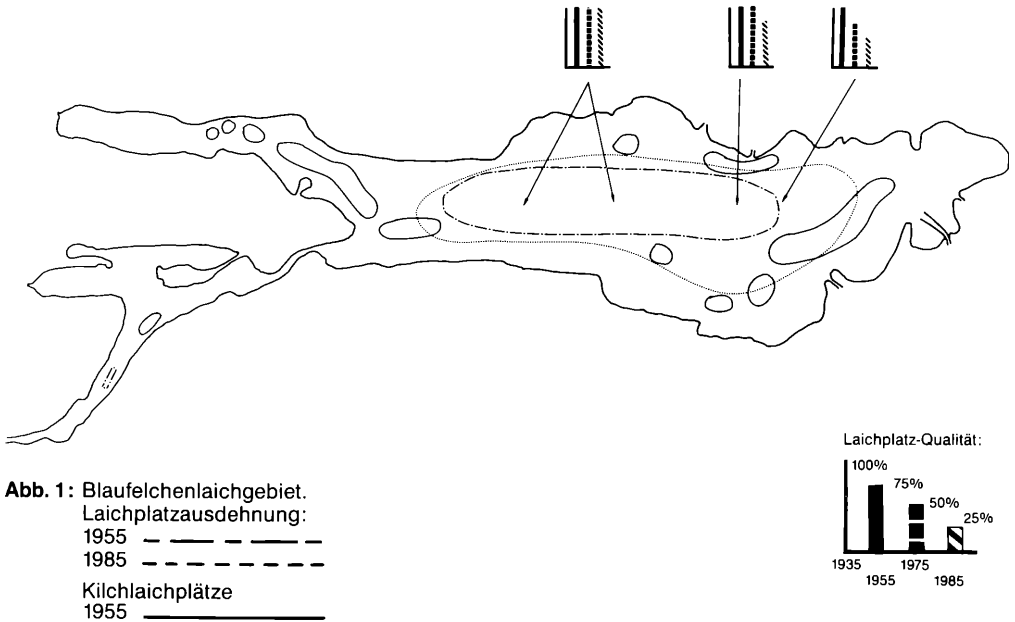
Zum Vergleich der Laichplatzqualität standen neben Literaturangaben und Protokollen der Internationalen Bevollmächtigten Konferenz (IBK) unveröffentlichte Unterlagen von Kriegsmann zur Verfügung, die 1955 zusammengestellt und durch Vergleich mit Angaben vor 1935, also vor Beginn der Eutrophierung, gewertet wurden. Weitere Angaben stammen von Befragungen der Fischereiaufseher und einiger Berufsfischer. Eine erneute Bewertung der einzelnen Laichplätze erfolgte 1975 und nochmals 1985, als die Phosphorzufuhr in den See stark eingedämmt und die Konzentration seit einigen Jahren rückläufig war. Die Beurteilung ist relativ grob und zeigt im wesentlichen Trends an. Mit zahlenmäßiger Präzision ist eine Darstellung nicht möglich.

3. Ergebnisse

3.1 Im Pelagial laichende Arten

3.1.1 Felchen – *Coregonus lavaretus* L.

Blaufelchen laichen im Dezember im Pelagial des Obersees über den größten Tiefen. Bis 1955 zeigten sich nach Kriegsmann weder Qualitätsänderungen, noch Verringerung oder Vergrößerung des Laichgebietes. Seither hat sich dieses (Abb. 1) in westlicher, vor allem aber in östlicher Richtung stark ausgedehnt, wie Beobachtungen während der Laichzeit und Dredgefänge zur Kontrolle der Eientwicklung zeigen. Es umfaßt heute auch einen früheren Kilchlaichplatz.



Die vermehrte Produktion von organischer Substanz führte am Seegrund, besonders im östlichen Teil, zu einer starken Belastung des Sauerstoffhaushaltes. 1973 wurden bei Dredgefängen in diesem Seeteil erstmals schwarze Felcheneier gefunden (Deufel, 1973). Ihre Anzahl nahm bis heute zu (Deufel und Quoss; in Vorbereitung). Untersuchungen von Braum und Quoss (1981) bestätigten ebenfalls, daß an einigen Stellen die Eientwicklung als Folge von Sauerstoffmangel nicht mehr gewährleistet ist.

Gegenüber 1955 nahm im östlichen Seeteil die Laichplatzqualität bis 1975 um ca. 10–20% ab und dürfte heute – nach Osten schlechter werdend – stellenweise bis um etwa 50% geringer sein.

Die Fangergebnisse an Blaufelchen lassen dagegen keinen Schluß auf die Laichplatzqualität zu.

Im Untersee war nach Kriegsmann ein kleiner Blaufelchenlaichplatz an der tiefsten Stelle des Seerheins, der aber früher nur selten und heute gar nicht mehr aufgesucht wird. Blaufelchen werden zwar heute noch im Untersee gefangen, sie wandern aber wahrscheinlich aus dem Obersee über den Seerhein dorthin. Ob eine Bastardierung zwischen Blaufelchen und »Untersee«-Felchen das Verschwinden des Laichplatzes förderte, kann zwar angenommen, aber nicht bewiesen werden.

3.2 *Im Benthall laichende Arten*

3.2.1 *Kilch – Coregonus lavaretus pidschian L.*

Der Kilch laichte im Oktober an der Halde in 20 bis 85 m Wassertiefe (v. Siebold, 1858; Schillinger, 1897; Nümann, 1939). Die Laichgebiete befanden sich hauptsächlich im westlichen Teil des Obersees mit Schwerpunkt im Überlinger See. Im östlichen Bodensee gab es Laichplätze sowohl am nördlichen, als auch ausgedehnter am südlichen Ufer (Abb. 1).

Laut Fangstatistik ist der Kilch im Bodensee seit Mitte der 70er Jahre nicht mehr vorhanden. Dieses Verschwinden dürfte im wesentlichen eine Folge der Eutrophierung sein. An der Halde kam es durch Sedimentablagerungen zu kritischen Sauerstoffsituationen für die sich entwickelnden Eier. Auch ist mit in Betracht zu ziehen, daß mit der Eutrophierung die Kilche ihre Nahrung von Benthos auf Plankton umstellten und ins Pelagial wanderten. Dieses Verhalten führte zu einem Zusammenbruch der Isolationsmechanismen und förderte die Bastardierung mit anderen Felchengruppen (Karbe, 1964).

Beschleunigt wurde das Aussterben vermutlich noch dadurch, daß der Kilch stets als großer Laichräuber galt (Scheffelt, 1925), deswegen während der Laichzeit stark befishet wurde und keinerlei Schonung genoß.

Der Untersee bot dem Kilch schon früher keine guten Lebensbedingungen, was sich auch in den Fängen deutlich bemerkbar machte. Bis Mitte der 50er Jahre lagen diese stets weit unter 100 kg/Jahr, stiegen dann vorübergehend etwas an und seit 1971 fehlt diese Fischart dort ganz. Er laichte im Untersee vor Berlingen in größeren Tiefen.

3.2.2 *Seesaibling – Salvelinus alpinus L.*

Im Bodensee werden zwei Formen, der Normalsaibling (*S. a. alpinus*) und der Tiefseesaibling (*S. a. profundus*) unterschieden. Ihre Laich- und gleichzeitig auch Fangplätze an der Halde sind durch geringe organische Belastung charakterisiert. Die Laichzeit der Normalform fällt in den Dezember, für die Tiefenform existieren unterschiedliche Angaben, die von mehreren Monaten bis ganzjährig reichen (Dörfel, 1974), nach Nümann (1939) z. B. von Oktober bis Februar.

Die mit fortschreitender Eutrophierung verschlechterten grundnahen Sauerstoffverhältnisse führten wie beim Kilch zu Beeinträchtigungen der Eientwicklung. In der Folge sank der Seesaiblingsertrag zunehmend (Deufel und Löffler, 1978), und erreichte 1977 mit 31 kg den bisher niedrigsten Wert. Danach stiegen die Fänge wieder auf 1270 kg im Jahre 1983 an, sicherlich im Zusammenhang mit den verstärkt durchgeführten Besatzmaßnahmen.

Laichplätze der Normalform sind nur vom Südufer des Obersees bekannt, einer im Überlinger See, der andere vor Arbon im Obersee. Der westliche Laichplatz ist heute gegenüber früher ausgedehnter. Im östlichen Teil sind seit wenigen Jahren neue Laichplätze vor den Mündungen der Goldach und des Alten Rheins bis in 75 m Tiefe durch Fang laichender Seesaiblinge nachgewiesen.

Heute wird die Normalform nur noch im westlichen Teil und die Tiefenform hauptsächlich im östlichen Teil des Sees gefangen (Hartmann, 1984).

Ob sich die Laichplatzqualität durch verbesserte bodennahe Sauerstoffverhältnisse positiv änderte, sei vorerst offengelassen. Möglicherweise spielt auch eine Bastardierung eingesetztter Rassen mit den einheimischen Stämmen eine Rolle.

3.2.3 *Trüsche – Lota lota L.*

Die Trüsche laichte früher im Januar/Februar (Nümann, 1939), heute hingegen im März (Kieckhäfer, 1972; Hartmann, 1977b). Neben der Laichzeit haben sich auch die Laichplätze im Obersee verlagert (Nümann, 1939). Vor Beginn der Eutrophierung laichte sie in den größten Tiefen des Sees, heute vorwiegend an der Halde. So fand

Kieckhäfer (1972) laichende Trütschen in 30 bis 45 m und Hartmann (1977b) bis 120 m Tiefe.

Die Laichplatzverlagerung hängt vermutlich mit der Sauerstoffbelastung über dem Secboden zusammen (Kieckhäfer, 1972), da Trütschen bekanntlich sehr empfindlich gegen Sauerstoffmangel sind. Die von Jahr zu Jahr schwankenden Laichtiefen sind wahrscheinlich wie die Sauerstoffgehalte in der Tiefenzone örtlich unterschiedlich und auch klimatisch bedingt.

Im Untersee laichen die Trütschen wie früher an den tiefsten Stellen (bis 48 m) des Seerheins.

Über die Ausdehnung der Trütschen-Laichplätze in beiden Seeteilen ist bis heute kaum etwas bekannt, so daß eine Beurteilung und Wertung nicht möglich ist. Auch die Fangstatistik läßt keine Schlüsse zu, wobei sicher eine Rolle spielt, daß diese Fischart nicht sehr intensiv befishet wird.

3.3 Im Litoral laichende Arten

3.3.1 Felchen – *Coregonus lavaretus* L.

Neben den im Pelagial laichenden Blaufelchen unterschied man früher im Bodensee folgende Felchen-»Formen«:

Sandfelchen

Gangfisch

Braunfelchen (nur im Obersee)

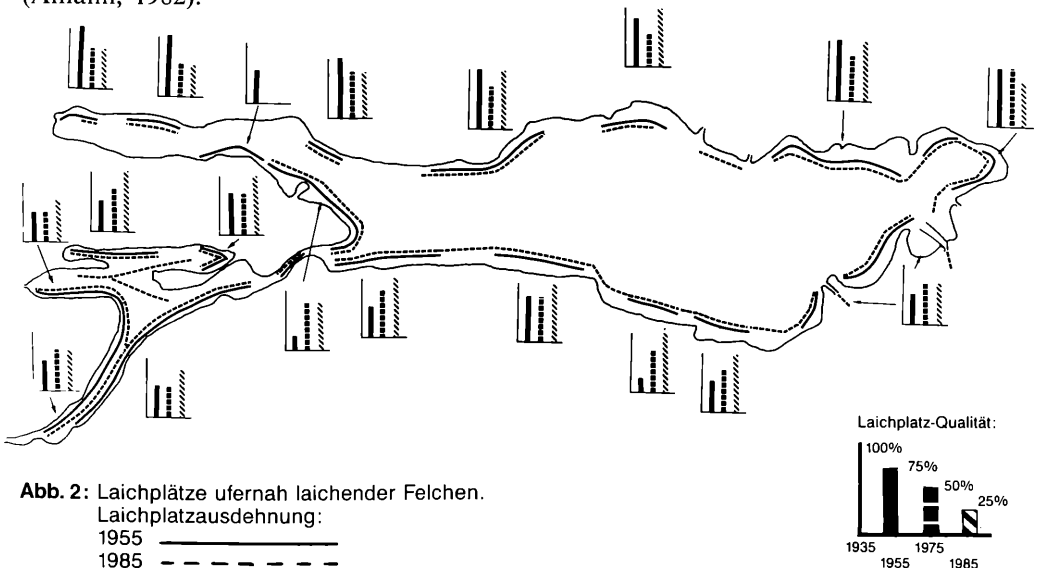
Weißfelchen (nur im Untersee)

Silberfelchen (nur im Untersee)

und die in tiefen Zonen des Sees laichenden Kilche.

Kriegsmann führte alle diese in seinen Aufzeichnungen. Da es heute morphologisch kaum mehr möglich ist, Felchen einer bestimmten Gruppe zuzuordnen (Löffler, 1985a), werden derzeit alle vorher genannten Formen zur *Coregonus lavaretus* L.-Gruppe gestellt und nur zwischen im Pelagial und in Ufernähe laichenden unterschieden.

Die im Ufer- und Haldenbereich lebenden Felchen laichen von Ende November bis Mitte Dezember in Wassertiefen zwischen 0,5 und 30 m Tiefe. Einige wandern heute zur gleichen Zeit auch in die Zuflüsse, hauptsächlich den Alten und Neuen Rhein, ein (Amann, 1982).



Bei der ersten Bestandsaufnahme (1955) wurde allgemein eine mehr oder weniger starke Verschlechterung der Gangfischlaichplätze festgestellt, die sich stellenweise bis Mitte der 70er Jahre fortsetzte (Abb. 2). Besonders stark betroffen waren damals die direkt in Ufernähe laichenden Sandfelchen, die teilweise, insbesondere vor oder in Nähe von Ortschaften, als ganz verloren angesehen wurden. Hauptursachen der Verschlechterung sind Abwasserbelastung, Schlammablagerungen, Uferauffüllungen und Verbauungen. Bedeutungslos wurden z. B. der Laichplatz um das Klausenhorn, südlich Überlingen sowie das Gebiet vor Ludwigshafen. Kleiner wurden die Laichzonen vor der Schussenmündung und im südwestlichen Teil der Konstanzer Bucht.

Mit Beginn der 70er Jahre vergrößerten sich uferparallel, nicht seewärts, zahlreiche Laichplätze, insbesondere im östlichen Seeteil (Abb. 2). Die Kontrolle der Laichplätze 1975 zeigte an den meisten Orten eine Qualitätsverbesserung gegenüber 1955 an. Seither setzte sich dieser Trend besonders während der vergangenen 2 bis 4 Jahre deutlich fort. So sind im mittleren Seeteil sowohl am südlichen Ufer als auch am nördlichen heute wieder erfreuliche Verhältnisse vorhanden.

Am Untersee sind, wie aus der Abb. 2 zu ersehen, die Qualitäten der Laichplätze ebenfalls wieder nahezu normal und wie am Obersee die Plätze deutlich ausgedehnter.

Als Folge der Rheinkorrektur erfolgten und folgen noch Verschiebungen der Laichplätze im östlichen Teil des Obersees vor der Rheinmündung.

Bekanntlich bastardieren die verschiedenen Felchenformen leicht. Da am Bodensee Blaufelchen, Sandfelchen und Gangfische nahezu gleichzeitig laichen, ist dies auch hier denkbar. Die dadurch entstandene Mischpopulation könnte möglicherweise robuster und besser an das veränderte Milieu angepaßt sein und zu den genannten Verbesserungen geführt haben. Sicherlich spielen aber die erfolgten Sanierungsmaßnahmen die größere Rolle.

Die Erträge der im Uferbereich laichenden Felchen stiegen im Obersee in den vergangenen zwei Jahrzehnten um das Zweifache, im Untersee um das Fünffache.

3.3.2 Äsche – *Thymallus thymallus* L.

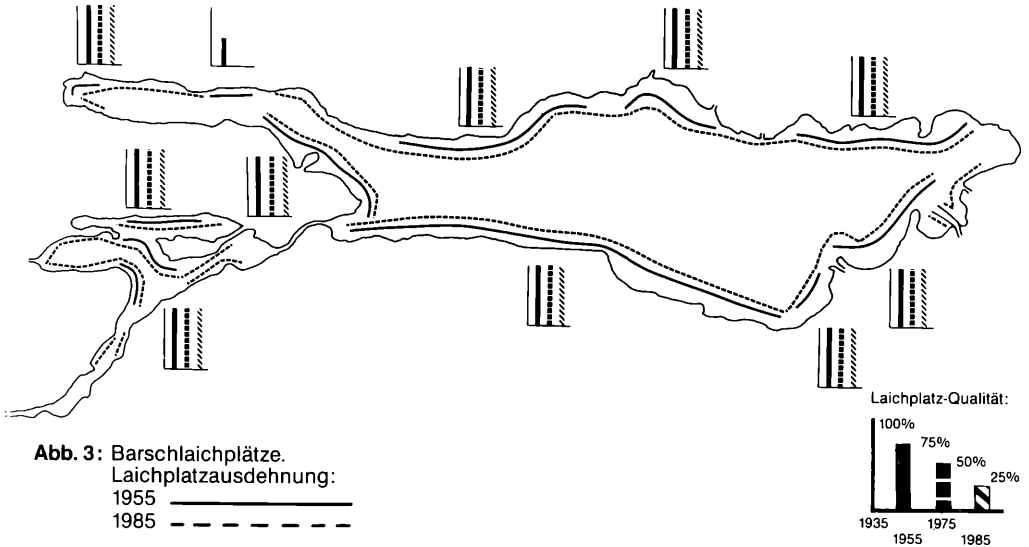
Die Äsche laicht im März/April auf Kiesgrund. Im Obersee gelegentlich lebende Äschen wandern dabei in geeignete Zuflüsse. Im Untersee liegen die Laichplätze am Auslauf des Rheins aus dem Bodensee bei Stein am Rhein und vor der Halbinsel Höri bis in den Zeller See hinein. Auch im Flachwasserbereich vor der Halbinsel Mettnau in Richtung Insel Reichenau war früher ein Laichgebiet, ebenso in der Konstanzer Bucht und im ca. 4 km langen Seerhein, der Ober- und Untersee verbindet.

Nach Kriegsmann war bis Mitte der 50er Jahre bereits ein deutlicher Rückgang der Laichplatzqualität zu verzeichnen. Ursachen waren im wesentlichen Uferverbauungen, starke Beeinträchtigung des Uferbereichs durch die Schifffahrt und örtlich vermutlich auch Abwassereinleitungen; Faktoren, die den Äschenbestand negativ beeinflussen und gefährden (Bless, 1978). Die Qualität betrug nur noch 25 bis 50% gegenüber früher und hat sich bis heute teilweise weiter verschlechtert. In der Konstanzer Bucht z. B. und im Gebiet vor der Halbinsel Mettnau bei Radolfzell sind Laichplätze teilweise ganz verschwunden. Das Laichgebiet vor der Halbinsel Höri, früher durchgehend, ist heute vielfach unterbrochen und somit verkleinert. Die Qualität liegt insgesamt unter 25%, als Ursachen der weiteren Verschlechterung der Laichplätze sind im wesentlichen Eutrophierungsfolgen zu nennen. Nur im Auslauf des Sees ist die frühere Qualität (50%) während der vergangenen Jahre etwa gleich geblieben. Möglicherweise sind hier – strömungsbedingt – die Lebensverhältnisse noch besser und auch geeigneter für die Larvenentwicklung.

Die Fangergebnisse sind gegenüber früher kaum verändert, wahrscheinlich als Folge verstärkter Erbrütung und Vorstreckung.

3.3.3 Barsch – *Perca fluviatilis* L.

Der Barsch laicht im Mai an flachen Stellen im Uferbereich. Wie die Abb. 3 zeigt, waren und sind seine Laichplätze sowohl im Obersee, als auch im Untersee ausgedehnt. Bis 1955 trat außer im Überlinger See keine Verkleinerung oder Verschlechterung ein. Während der vergangenen 3 Jahrzehnte haben sich die Laichplätze sogar ausgedehnt, und es kamen auch neue hinzu. Gleichzeitig gingen aber (z. B. vor Überlingen) durch Verbauung und Auffüllung der schmalen Uferbank Laichplätze unwiederbringlich verloren. Im östlichen Teil des Obersees kam es als Folge der Rhein-Regulierung im Mündungsbereich zu einer Verlagerung der Laichplätze, deren Qualitätsänderung aber erst nach Ende der Rhein-Regulierungsarbeiten beurteilt werden kann.



Auch im Untersee kamen einige neue Laichplätze bzw. Vergrößerung im Rheinsee, Gnadensee, und vor allem im Zeller Seeteil hinzu. Die Qualität blieb hier genau wie im Obersee gleich, wurde also durch die Eutrophierung nicht verschlechtert. Die Barschfänge sind heute im Obersee rund zehnfach höher und im Untersee fünfmal höher als vor Beginn der Eutrophierung.

3.3.4 Zander – *Stizostedion lucioperca* L.

Der 1882 erstmals in den Bodensee eingesetzte Zander laicht im Mai in Ufernähe auf festem Grund, auf Steinen, Wurzelwerk u. ä. Sein Lebensraum im See ist klein und nur wenige Stellen kommen zum Laichen in Frage. Im östlichen Seeteil waren einige Laichplätze bekannt, die in den letzten Jahren infolge der Rhein-Regulierung verschwanden bzw. stark reduziert wurden, andere werden durch den starken Bootsverkehr beeinträchtigt.

Mit Schwerpunkt im östlichen Seeteil, der am ehesten den Biotopansprüchen des Zanders entspricht, hat sich eine Zanderpopulation etabliert, ein Fortpflanzungserfolg tritt aber vermutlich nur in klimatisch besonders günstigen Jahren auf (Löffler, 1985b). Im Überlinger See wurden in den letzten Jahren verstärkt Zander ausgesetzt, möglicherweise wird deshalb in diesem Gebiet ein neuer Laichplatz beobachtet.

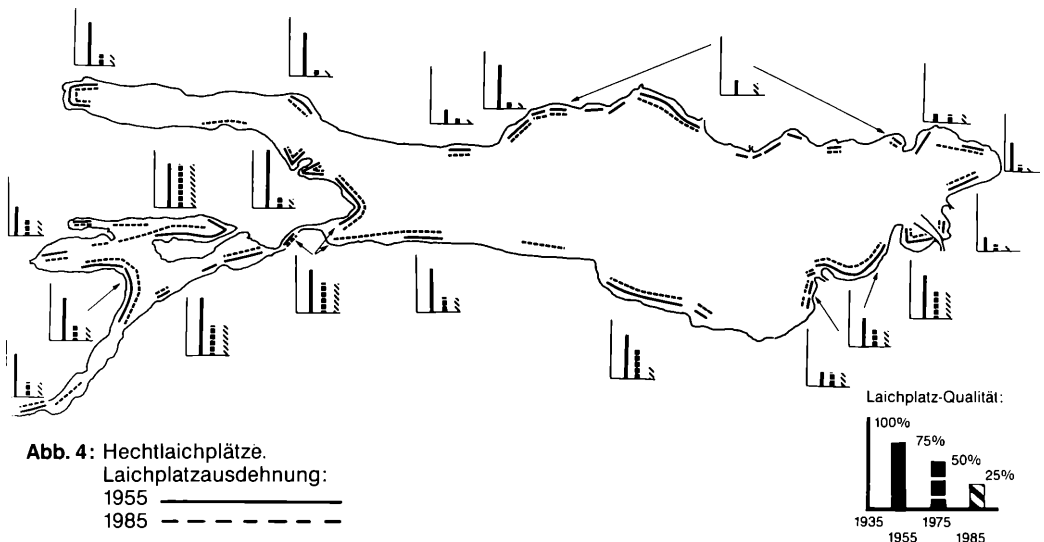
In den Untersee wurden in den 70er Jahren fünfmal Zander eingesetzt. Eine fortpflanzungsfähige Population konnte bisher nicht beobachtet werden.

Die starke Befischung an der Halde und im Uferbereich spielt beim Aufkommen des Zanders, der häufig in den Barschnetzen mitgefangen wird, sicherlich eine Rolle. Aus

den Fängen, die in beiden Seeteilen gering sind, lassen sich hinsichtlich Verbesserung oder Verschlechterung der Laichmöglichkeiten aber keine Rückschlüsse ziehen.

3.3.5 Hecht – *Esox lucius* L.

Der Hecht laicht im April/Mai in Pflanzen, Wurzelwerk im Uferbereich und auf überschwemmten Wiesen. Bis 1965 wurden im Obersee jährlich rund 8 bis 10 t Hechte gefangen. Danach sank der Ertrag trotz steigender Einsätze auf $\frac{1}{5}$ bis $\frac{1}{6}$ der früheren Fänge. Im Untersee nahmen die Fänge während der letzten zwei Jahrzehnte um über $\frac{1}{3}$ ab. Kriegsmann stellte enorme negative Veränderungen gegenüber früheren Jahrzehnten fest, die bis heute fortschritten (Abb. 4). Ursache sind neben Eutrophierungsfolgen, wie z. B. Schilfrückgang, vor allem Schiffsverkehr, Uferauffüllungen, Hafenanlagen und andere Freizeiteinrichtungen. Auch das Trockenlegen kleiner Zulaufgräben zum See wirkte sich negativ aus, ebenso wie Abwassereinleitungen (Nümann, 1973, 1975; Deufel, 1975b, 1978; Deufel und Löffler, 1978). Die zahlreichen Speicherbecken im Ein-



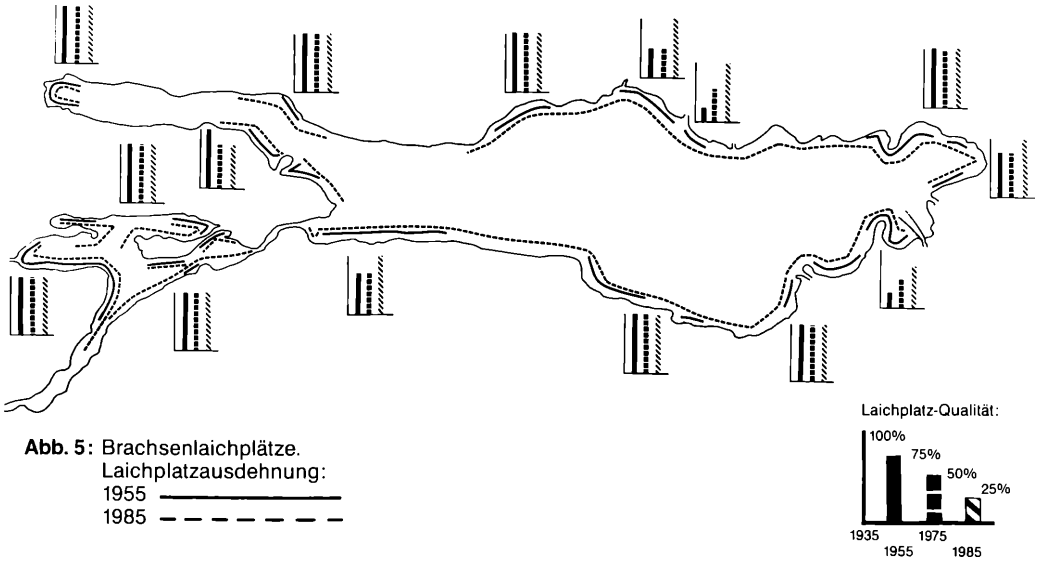
zugsgebiet des Bodensees dürfen ebenfalls nicht außer Betracht bleiben. Im Frühjahr, bei einsetzender Schneeschmelze, werden diese zuerst gefüllt. Die jährliche Hochwasserspitze ist dadurch um einige Wochen verschoben und die Hechte können in vielen Jahren ihre gewohnten Laichplätze nicht aufsuchen (Deufel, 1975a, 1977; Löffler, 1984). Die gravierendsten Verschlechterungen bei den Hechtlaichplätzen sind im östlichen Seeteil und dort vor allem am nördlichen Ufer festzustellen. Ursache in diesem Raum ist im wesentlichen die stark abwasserbelastete Schussen. Zahlreiche Plätze, schon 1955 von Kriegsmann als stark eingeschränkt bzw. verschlechtert eingestuft, sind inzwischen ganz verschwunden (Abb. 4). Am südöstlichen Ufer verhindert der Polderdamm im Rheindelta die Überflutung zahlreicher Wiesen zur Hechtlaichzeit.

Auch im mittleren und westlichen Seeteil sowie im Untersee sind die Laichplätze gegenüber früher verschlechtert. Es kamen zwar während der vergangenen drei Jahrzehnte einige Laichplätze neu hinzu oder sind vergrößert, aber ihre Qualität ist nicht ausreichend, um den Hechtbestand nachhaltig zu gewährleisten.

3.3.6 Brachsen – *Abramis brama* L.

Im Bodensee laicht der Brachsen im Mai/Juni an flachen Stellen ab. Seine Lebensansprüche sind relativ gering. Bis heute ist deshalb die Laichplatzqualität unverändert

gut, die Laichgebiete sind wesentlich vergrößert und die Brachsen laichen nahezu entlang dem gesamten Ufer des Ober- und Untersees (Abb. 5). Einschränkungen gelten für die Zonen des Sees, die, wie z. B. im Überlinger See, eine nur wenige Meter breite Uferbank und sehr steil abfallende Halde haben. Gut sind die Verhältnisse auch am Untersee, wo heute die Laichplätze ebenfalls deutlich vergrößert sind. Hier sei noch bemerkt, daß bis Mitte der 70er Jahre Brachsen am südlichen Ufer nur im Raum Ermatingen laichten, heute aber am ganzen Ufer entlang bis in den Seerhein hinein. Qualitative Ver-



schlechterungen waren 1955 im Bereich der Rheinmündung, Bregenzer Bucht, sehr starke vor der Schussenmündung, der Konstanzer Bucht und der Insel Mainau zu beobachten. Die Ursachen dürften im verstärkten Bootsverkehr, in technischen Eingriffen im Uferbereich und lokalen Abwassereinleitungen zu suchen sein.

Bis 1975 und 1985 traten fast überall Verbesserungen der Laichplatzqualität ein, wie aus Abb. 5 ersichtlich ist. Heute ist nur noch im Rheinmündungsbereich eine Qualitätseinbuße zu verzeichnen, die auf die dort derzeit erfolgenden Rhein-Regulierungsarbeiten zurückzuführen ist.

In den Fängen machen sich die eutrophiebedingt positiven Milieuveränderungen deutlich bemerkbar: Im Obersee wird heute die zwei- bis vierfache Menge gefangen und im Untersee stieg der Ertrag bis auf das Zehnfache.

3.3.7 Karpfen – *Cyprinus carpio* L.

Karpfen finden im Bodensee nur wenig Lebensbereiche, die ihren Biotopansprüchen genügen. Sie laichen im Mai/Juni in Ufernähe oder auf überschwemmten Wiesen an Wasserpflanzen. Überschwemmte Wiesen fehlen heute aber nahezu ganz. Durch Schilfrückgang, Uferauffüllungen, Hafengebäuden und Abwassereinleitungen wurden die Laichplätze so verkleinert und verschlechtert, daß sie kaum mehr aufgesucht werden. Nach vorübergehend gestiegenen Erträgen zu Beginn der 50er Jahre sanken diese rasch wieder und liegen heute in beiden Sektoren niedriger denn je.

3.3.8 Schleie – *Tinca tinca* L.

Die Schleie lebt im Bodensee im gleichen Lebensraum wie der Karpfen und laicht zur gleichen Jahreszeit ebenfalls an Wasserpflanzen. Für sie gilt, wie beim Karpfen, die Verkleinerung der Laichplätze durch anthropogene Eingriffe im Uferbereich.

Auch die Erträge zeigen denselben Trend wie beim Karpfen – vorübergehender Anstieg, danach fortschreitendes Absinken auf geringere Fänge denn je.

3.3.9 Bitterling – *Rhodeus sericeus amarus* Bloch

Der wegen seiner eigenartigen Fortpflanzungsweise bekannte Bitterling laicht im April/Mai. Durch den starken Schilfrückgang, im Durchschnitt um 60%, wurde vor allem der Lebensraum der Teichmuschel, in die der Bitterling ablaicht, verschlechtert und verkleinert. Parallel dazu erfolgte der Rückgang des Bitterlings. Über die frühere und heutige Häufigkeit liegen keine Zahlen vor, Beobachtungen deuten aber auf einen Rückgang um über 60% und weisen darauf hin, daß diese Fischart im Bodensee akut vom Aussterben bedroht ist und vermutlich bald fehlen wird.

3.3.10 Groppe – *Cottus gobio* L.

Diese ebenfalls ausschließlich im Uferbereich lebende Kleinfischart laicht im April/Mai im seichten Wasser zwischen Steinen. Die Groppe ist gegenüber Verschmutzungen sehr empfindlich und liebt sauerstoffreiches Wasser. Im Obersee war sie nie häufig. Im Untersee hingegen wurde sie früher zu bestimmten Zeiten sogar gezielt gefangen. Die Groppe tritt heute kaum mehr in Erscheinung und ist im Bodensee ebenso wie der Bitterling vom Aussterben bedroht. Als Ursachen gelten Eutrophierung, Uferverbauung und Bootsverkehr.

3.3.11 Bartgrundel, Schmerle – *Noemacheilus barbatulus* L.

Diese kleine, ebenfalls im Uferbereich lebende, im April bis Mai an Steinen und Wasserpflanzen ablaichende Art wurde vielfach gern als Angelköder benutzt. Lange hatte es den Anschein, daß diese Fischart aus den gleichen Gründen, wie die zuvor genannte Groppe, vom Aussterben bedroht sei. Seit wenigen Jahren wird nun die Schmerle sowohl im Obersee als auch Untersee wieder häufiger gesehen, allerdings noch nicht in den Anzahlen wie bis Mitte der 50er Jahre. Vermutlich hängt dieser »Aufschwung« mit den in der Uferzone verbesserten Sauerstoffverhältnissen und der geringeren Belastung zusammen.

3.4. In Zuflüssen laichende Arten

3.4.1 Seeforelle – *Salmo trutta* f. *lacustris*

Seeforellen laichen in der Regel in den Bodenseezuflüssen, vor allem im Alpenrhein. Im Bodensee selbst sind bei Lindau, in der Konstanzer Bucht und vor Zuflüssen, wie z. B. der Argen, Seeforellen an sandig-kiesigen Stellen beim Laichen beobachtet worden. Langjährige Beobachtungen ergaben, daß im Sommer zwei zeitlich getrennte Laichaufstiege zu unterscheiden sind. Danach steigen die »frühlaichenden Weitwanderer« ab Juni vor allem in den Rhein und die Bregenzerach, wandern bis in den Oberlauf und laichen ab September. Die zweite Gruppe, die »spätlaichenden« Kurzwanderer, begibt sich ab Oktober in verschiedene kleinere Bodenseezuflüsse, vorzugsweise aber in Nebengewässer des Rheins.

Als Ursache für die kontinuierliche Bestandsabnahme wurden massive, in verschiedenen Bereichen angesiedelte Störungen in der Populationserneuerung erkannt, die sich letztendlich in einer unausgewogenen Beziehung zwischen Mortalität und Rekrutierung manifestierten (Ruhle et al., 1984; Wagner, 1983): So erschweren Verbauungen in den Zuflüssen seit Jahrzehnten die Laichwanderungen. Auch die Verschlechterung der Wasserqualität in den Laichgewässern trug das ihre dazu bei (Deufel, 1975a; Löffler, 1978). Zudem hat sich die Befischungsintensität im See so erhöht, daß zu viele noch nicht laichreife Seeforellen gefangen werden und kaum autochthones Laichmaterial für Besatzmaßnahmen mehr gewonnen werden kann. Die Folge war ein Rückgang der Fänge von im Durchschnitt 11.000 kg/Jahr auf weit unter 2.000 kg trotz gestiegener Besatzmaßnahmen.

4. Diskussion

Tab. 1 zeigt, daß bis zum Jahr 1955 nur bei im Uferbereich lebenden Felchen, Äschen und Hechten eine Laichplatzverschlechterung zu konstatieren war. Bis 1975 nahm dann die Qualität fast aller geprüften Laichplätze - mit Ausnahme bei Barsch und Brachsen - ab. Der Kilch starb bis Mitte der 70er Jahre aus.

Tabelle 1: Veränderungen der Laichplatzqualität verschiedener Bodenseefischarten während der vergangenen 50 Jahre

* = ursprünglich nicht im Bodensee heimisch † = ausgestorben		Veränderungen der Laichplatzqualität 0 keine Veränderung + = Verbesserung 1935 → 55 → 75 → 85	Laichsubstrat: a) Boden b) Steine, Pflanzen c) Muscheln	+ Verschlechterung des Laichplatzes durch Eutrophierung + Verbesserung des Laichplatzes durch Schiffahrt, Ufer-, Flußverbauung	Bestand gefährdet durch Laichplatzverschlechterung ■	Förderung durch Besatz
Im Pelagial laichend	Felchen	0	a			
Im Benthos laichend	Kilch †	0 †	a		†	
	Seesaibling	0 0	a			
	Trüsche	0 0	a			
Im Litoral laichend	Felchen		a			
	Äsche		a			
	Barsch	0 + +	b	+		
	Zander *		b			
	Hecht		b		■	
	Brachsen	0 + +	b	+		
	Karpfen *	0	b			
	Schleie *	0	b			
	Bitterling	0	c		■	
	Groppe	0	a		■	
	Grundel	0 +	b			
In Zuflüssen laichend	Seeforelle	0	a		■	

In den folgenden 10 Jahren, bis 1985, wurde bei den an der Halde laichenden Trüschchen und Seesaiblingen keine weitere Verschlechterung festgestellt, im Gegensatz zu den im Pelagial laichenden Blaufelchen. Bei den im Uferbereich laichenden Fischarten Barsch und Brachsen erweiterten sich die Laichplätze bis nahezu um den ganzen See herum. Eine deutliche Besserung der Laichplatzqualität konnte bei den ufernah laichenden Felchen und den Grundeln bemerkt werden. Bei allen anderen in diesem Lebensraum laichenden Fischarten (Hecht, Karpfen, Schleie, Bitterling und Groppe) verschlechterte sich die Situation.

Bis heute nahmen die in Zuflüssen laichenden Seeforellen ab; wobei die Ursachen sowohl in Verbauungen als auch in verstärkten Abwasserbelastungen der Zuflüsse seit den 50er Jahren zu suchen sind. Heute sind es überwiegend die Flußverbauungen, die die Laichwanderung dieser Fischart behindern.

Die Eutrophierung wirkte sich auf nahezu alle Laichplätze der untersuchten Fischarten negativ aus. Während der letzten vier bis fünf Jahre machten sich die Erfolge der Sanierungsmaßnahmen im Bodensee, besonders im Uferbereich, deutlich bemerkbar. Gleichzeitig trat bei den im Uferbereich laichenden Felchen eine deutliche Verbesserung ein.

Uferverbauungen für Schifffahrtzwecke und Freizeiteinrichtungen sowie Flußverbauungen wirkten sich stets nachteilig auf die Laichplätze aus und verkleinerten oder verhiinderten an manchen Orten die Laichmöglichkeiten.

Durch die Verschlechterung ihrer Laichplätze scheinen Bitterling, Groppe, Hecht und die in Zuflüssen laichende Seeforelle in ihrem Bestand gefährdet, der Kilch ist bereits ausgestorben. Auch der Seesaibling schien gefährdet. Durch Besatz und das Auftreten von zwei neuen Laichplätzen scheint der Bestand derzeit nicht akut bedroht. Möglicherweise verdrängten aber die Besatzfische die Normalform des Saiblings (Hartmann, mdl. Mitt.).

Weitere Verbesserungen der Laichplätze sind nur zu erwarten, wenn die Gewässerschutzmaßnahmen konsequent fortgeführt werden. Bei einzelnen Fischarten sind zusätzlich flankierende Maßnahmen zur Biotopverbesserung denkbar: So könnte z. B. der Hecht durch den Bau von Unterwasserstrukturen (»Reiser«) gefördert werden (Löffler, 1984), der Bitterlingsbestand könnte durch Schilfsanierungsmaßnahmen, die auch den Lebensraum der Muscheln verbessern, erhalten werden. Auch der Seeforellenbestand kann nur nachhaltig gesichert werden, wenn die zahlreichen Aufstiegshindernisse in den Laichgewässern wieder passierbar werden.

Nur selten ist es möglich, laichplatzbedingte Bestandsgefährdungen durch Besatzmaßnahmen zu verhindern. Vor der leider immer noch weit verbreiteten Besatzeuphorie muß gewarnt werden, da in der Regel nur Symptome und keine Kausalitäten bekämpft werden. Vielmehr müssen vor Besätzen verstärkt die Auswirkungen auf die autochthone Fischfauna geprüft werden. Wenn Besatz stattfindet, muß nach einigen Jahren eine kritische Erfolgsbilanz anhand der Fänge erfolgen, wobei die Verantwortlichen auch nicht vor unpopulären Entscheidungen zurückschrecken sollten.

5. Zusammenfassung

Es wurden die Veränderungen der Laichplätze als Folge von Eutrophierung und anthropogenen Eingriffen im Uferbereich von 16 Bodenseefischarten während der letzten 50 Jahre beschrieben. Nur bei Barschen und Brachsen konnte bis heute ein positiver Einfluß festgestellt werden, bei allen anderen hingegen waren bis 1980 negative Einflüsse zu verzeichnen. Bei einigen wenigen Arten machen sich die Sanierungsmaßnahmen seit 4 bis 5 Jahren positiv bemerkbar.

Eine Fischart, der Kilch oder Kröppfelchen, ist als Folge der Eutrophierung ausgestorben. Stark gefährdet und eventuell sogar im Bodensee vom Aussterben bedroht sind immer noch die Fischarten Hecht, Groppe, Bitterling und Seeforelle, aber nicht nur wegen der Eutrophierung, sondern auch – und dies vielleicht sogar noch mehr – durch technische Eingriffe im Uferbereich und in den Zuflüssen.

Summary

Effects of eutrophication and other anthropogenous influences on the spawning grounds of some fish species of Lake Constance.

The changes of spawning grounds of 16 fish species of Lake Constance due to eutrophication and anthropogenous interferences in the shoreline region within the last 50 years are described.

Only in the perch (*Perca fluviatilis*) and common bream (*Abramis brama*) has a positive influence been noted; the influences on all other species were negative. In a few species, water purification measures have caused a positive development in the last 4–5 years.

One species, the Kilch (*Coregonus lavaretus pidschian*), has become extirpated due to eutrophication. The pike (*Esox lucius*), bullhead (*Cottus gobio*), bitterling (*Rhodeus sericeus amarus*), and *Salmo trutta lacustris* are highly endangered or even threatened with extirpation, not only by eutrophication, but also by technological structures in the shoreline region and tributaries.

LITERATUR:

- Amann, E., 1982: Welche Felchenart laicht im Alpenrhein? Vorarlberger Jagd und Fischerei 10, 13-14
- Bless, R., 1978: Bestandsänderungen der Fischfauna in der Bundesrepublik Deutschland. Naturschutz aktuell, Nr. 2, Kilda-Verlag, Grevén
- Braum, E. und H. Quoss, 1981: Beobachtungen über die Eientwicklung des Blaufelchens (*Coregonus lavaretus wartmanni*) im Bodensee-Obersee. Schweiz. Z. Hydrol. 43, 114-125
- Deufel, J., 1963: Fischkrankheiten von wirtschaftlicher Bedeutung im Bodensee während der Jahre 1959 bis 1963. Arch. Fischereiwiss. XV., 193-204
- 1973: Auswirkung der Eutrophierung auf die Erholung und die Fischerei, dargestellt am Beispiel des Bodensees. Schriftenreihe d. BMI Bd. 2, Waschmittel-Gewässerschutz, 29-31
- 1975a: Schädigung der Fischerei im Bodensee durch technische Eingriffe. Allgem. Fisch. Z. 100, 554-558
- 1975b: Beispiel Bodensee. Arb. Deutsch. Fisch. Verb. 18., 66-83
- 1977: Zur Bodensee-Fangstatistik und deren Bedeutung. Arb. Deutsch. Fisch. Verb. 22, 88-93
- 1978: Veränderung der Schilf- und Wasserpflanzenbestände im Bodensee während der Eutrophierung und ihre Auswirkung auf die Fische. Arb. Deutsch. Fisch. Verb. 25, 30-34
- 1985: Entwicklung des Fischbestandes und der Fischerei im Bodensee. 10 Jahre Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, 136-142
- Deufel, J. und H. Löffler, 1978: Ursachen der Bestandsänderung der Fischfauna im Bodensee. Beih. Veröff. Naturschutz Bad.-Württ. 11, 447-450
- Dörfel, H. J., 1974: Untersuchungen zur Problematik der Saiblingspopulationen (*Salvelinus alpinus* L.) im Überlinger See (Bodensee). Arch. Hydrobiol., Suppl. 47, 80-105
- Hartmann, J., 1977a: Fischereiliche Veränderungen in kulturbedingt eutrophierenden Seen. Schweiz. Z. Hydrol. 39, 243-254
- 1977b: Die Trüsche (*Lota lota*) im eutrophierten Bodensee. Arch. Hydrobiol. 80, 360-374
- 1984: The charrs (*Salvelinus alpinus*) of Lake Constance, a lake undergoing cultural eutrophication. Proc. Int. Symp. on Arctic Charr. 471-486
- Karbe, L., 1964: Die Auswirkung der künstlichen Eutrophierung des Bodensees auf das Artgefüge seiner Coregonenpopulationen. Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst., Kosswig-Festschrift, 83-90
- Kieckhäfer, H., 1972: Die Biologie der Bodenseetrüschen (*Lota lota*). Zool. Anz. Leipzig 189, 298-325
- Kriegsmann, F., 1955: Der Wechsel in der Vergesellschaftung der Fischarten des Ober- und Untersees und die Veränderungen des Seereagierens. Arch. Hydrobiol. Suppl. 22, 397-408
- Löffler, H., 1984: Zur Hechtproblematik im Bodensee. Unveröffentl. Bericht für die Intern. Bev. Konf. Bodenseefischerei, TS
- 1985a: Enzymelektrophoretische Untersuchung zur Artunterscheidung von Blaufelchen (*Coregonus lavaretus wartmanni* Bloch) und Gangfischen (*Coregonus lavaretus macrophthalmus Nüsslin*) aus dem Bodensee-Obersee, Bundesrepublik Deutschland. Z. Angew. Ichthyol. 1, 139-144
- 1985b: Der Zander (*Stizostedion lucioperca* L.) im Bodensee-Obersee - Ein Beispiel für eine gelungene Einbürgerung? Arb. dt. Fisch. Verb. 37a, 1-9
- Nümann, W., 1939: Untersuchungen über die Biologie einiger Bodenseefische in der Uferregion und den Randgebieten des freien Sees. Z. Fisch. 37, 637-688
- 1973: Versuch einer Begründung für den Wandel in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Fischbestandes im Bodensee während der letzten 60 Jahre und eine Bewertung der Besatzmaßnahmen. Schweiz. Z. Hydrol. 35, 206-238
- 1975: Der Wert von Besatzmaßnahmen unter Berücksichtigung von Eutrophierung, Nahrungsangebot und Kannibalismus. Verh. Int. Verein. Limnol. 19, 2568-2576
- Ruhle, Ch., J. Deufel, G. Keiz, T. Kindle, M. Klein, H. Löffler und B. Wagner, 1984: Die Bodensee-Seeforelle. Österr. Fischerei 37, 272-307
- Scheffelt, E., 1925: Der Kilch des Bodensees. Allgem. Fisch. Z. 50, 164-167
- Schillinger, A., 1897: Über den Kilch des Bodensees und seine Beziehung zum Blaufelchen. Allgem. Fisch. Z. 22, 235-237
- Siebold v., C., 1858: Über den Fang des Kilchs (*Coregonus acronius*). Verein Vaterl. Naturk. Württ. 14, 328-331
- Wagner, B., 1983: Zum Thema »Seeforelle«. Vorarlberger Jagd und Fischerei 11, 12-14

Danksagung: Herrn E. Rinné danken wir sehr herzlich für die Anfertigung der Zeichnungen.

Adressen der Autoren:

Dr. Josef Deufel und Dr. Herbert Löffler, Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Institut für Seenforschung und Fischereiwesen, Untere Seestraße 81, D-7994 Langenargen.

Dr. Benno Wagner, Vorarlberger Umweltschutzanstalt, Montfortstraße 4, A-6901 Bregenz.