



Fischereimanagement am Bodensee-Obersee in einem mehrschichtigen Umfeld: Gewinner und Verlierer in einem Jahrhundert geprägt von menschlich verursachten Trophieschwankungen

J. Baer, R. Eckmann¹, R. Rösch, R. Arlinghaus² & A. Brinker

Eine englischsprachige Abhandlung über die Bodenseefischerei in den letzten 100 Jahren wurde 2016 in einem elektronischen Buch veröffentlicht und ist frei verfügbar (<http://toobigtoignore.net/research-highlights-1/e-book-inter-sectoral-governance-of-inland-fisheries/>). Im Folgenden wird eine deutsche Übersetzung dieses Artikels vorgestellt.

Zusammenfassung

Der Bodensee-Obersee ist ein großer Voralpensee zwischen Österreich, Deutschland und der Schweiz. Zusammen mit dem kleineren Untersee ist er der drittgrößte See in Europa. Der See unterlag im 20. Jahrhundert einer starken Eutrophierung. Die Berufsfischerei profitierte zunächst von der ansteigenden Produktivität während der anfänglichen mesotrophen Phase, aber diese Vorteile wurden neutralisiert, als die Eutrophierung weiter zunahm. Zur Jahrtausendwende hatten die international koordinierten Anstrengungen zur Reduktion des Nährstoffeintrags dazu geführt, dass der Bodensee-Obersee wieder zu seinem ursprünglichen, nährstoffarmen Referenzzustand zurückgekehrt war. Jedoch ging dieser bemerkenswerte Erfolg des Nährstoffmanagements am Ende zu Lasten der Berufsfischerei. Denn parallel mit dem Rückgang des Nährstoffgehaltes ging auch der Ertrag der meisten wirtschaftlich wichtigen Fische zurück. Daher wird heute die hohe Nachfrage nach regionalem Fisch hauptsächlich durch Importe abgedeckt, deren ökologischer Fußabdruck die lokalen Vorteile des Nährstoffrückgangs konterkariert. Die Verantwortung für das fischereiliche Management, wie auch für Umweltfragen, liegt bei den nationalen und ländereigenen Verwaltungen. Tourismus, Trinkwas-

sergewinnung und Umwelt besitzen in der Gesellschaft aktuell eine Priorität gegenüber der Fischerei. Als Ergebnis dieser Entwicklungen nimmt die Zahl der am Bodensee-Obersee aktiven Berufsfischer kontinuierlich ab und die Lebensfähigkeit der Berufsfischerei wird auf lange Sicht in Frage gestellt. In diesem Zusammenhang kann Aquakultur von lokal nachgefragten Fischarten ein wichtiger Faktor für die Zukunft der Fischerei am Bodensee werden.

1. Fischbestand im Bodensee

Der Bodensee hat eine Gesamtfläche von 536 km² und besteht aus zwei Teilen, aus dem Obersee (472 km², max. Tiefe = 251,1 m, mittlere Tiefe = 101 m) und dem kleineren Untersee (63 km², mittlere Tiefe = 16 m). Dieser Artikel beschäftigt sich ausschließlich mit dem Bodensee-Obersee, der schon seit vielen Jahrhunderten Basis für eine regional wichtige Fischerei ist. Derzeit kommen mehr als 30 Fischarten im Bodensee-Obersee vor (Rösch 2014). Der Fischbestand des Freiwassers wird von Felchen (*Coregonus* spp.) dominiert (Rösch 2014). Vier Felchen-Arten kamen ursprünglich im See vor: das im Freiwasser laichende Blaufelchen (*Coregonus wartmanni* [Bloch 1784]), der ufernah laichende Gangfisch (*Coregonus macrophthalmus* [Nüss-

lin 1882]), das größere Sandfelchen (*Coregonus arenicolus* [Kottelat 1997]) und eine kleinwüchsige Tiefwasserform, der Kilch (*Coregonus gutturosus* [Gmelin1818]). Der Kilch verschwand zwischen 1970 und 1980 bedingt durch geringere Sauerstoffmengen im Hypolimnion (Eckmann & Rösch 1998). Neben den Felchen kommen im Bodensee-Obersee auch Barsch (*Perca fluviatilis*), verschiedene Cyprinidenarten, einschließlich Brachsen (*Abramis brama*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*), und verschiedene räuberische Fischarten, insbesondere Seeforelle (*Salmo trutta*), Seesaibling (*Salvelinus umbla*) und Hecht (*Esox lucius*) vor. Seit 2013 bildet der im Bodensee gebietsfremde dreistachelige Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) große Bestände. Stichlinge dominieren die Freiwasserzone und sind für die Felchen Nahrungskonkurrenten um Daphnien. Außerdem fressen Stichlinge aller Wahrscheinlichkeit nach Laich und Larven von Felchen und anderen wirtschaftlich wichtigen Arten.

2. Fischerei im Bodensee-Obersee

Die verschiedenen Felchenarten waren im vergangenen Jahrhundert die Grundlage der regionalen Fischerei, wobei Barsch ab den 1950er Jahren die zweitwichtigste Art wurde. Andere kommerziell wich-

¹Universität Konstanz

²Humboldt-Universität zu Berlin & Leibniz-Institut für Gewässerökologie und Binnenfischerei (IGB), Abteilung Biologie und Ökologie der Fische

tige Arten sind Hecht, Aal (*Anguilla anguilla*), Seesaibling, Seeforelle und Zander (*Sander lucioperca*).

Die Regulierung der Fischerei im Bodensee-Obersee begann auf lokaler Ebene etwa 1350 (Zeheter 2015). Aber diese frühen Regelungen führten zu keinem nachhaltigen Erfolg, da sie nicht den ganzen See betrafen. Erst im Jahr 1893, mit der Bregenzer Übereinkunft, erreichte man dieses Ziel. Diese ist bis heute die Grundlage für die Regelungen der Fischerei auf dem Obersee (IBKF 1893). Als Kondominium hat der See keine Grenzen und daher ist der gesamte See, mit Ausnahme der Halde, wo es flacher als 25 m Wassertiefe ist, für alle Fischer zugänglich, unabhängig von der Nationalität.

Seit 1893 werden die fischereilichen Regelungen für den Bodensee-Obersee durch die IBKF (Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei) beschlossen. Die IBKF trifft sich einmal jährlich. Sie wird fachlich vom Sachverständigenausschuss unterstützt. Dieser besteht aus Fischereifachleuten der Anrainerländer und trifft sich mindestens 2x jährlich. Basis der Empfehlungen des Sachverständigenausschusses sind die Ergebnisse des fischereilichen Monitorings durch die Fischereiverwaltungen und/oder die Fischereiforschungsstellen der Anrainerländer. Die Fischereistatistik der Berufsfischerei wird seit 1910 geführt, die Zahl der Fischereipatente am See wird seit 1982 regelmäßig aufgezeichnet. Daten zur Zahl der Fischereipatente existieren zudem für die Jahre 1914, 1931 und 1934. Fehlende Zahlen für den Zeitraum 1934 bis 1982 wurden interpoliert.

3. Dynamik des Nährstoffgehalts

Im 20. Jahrhundert nahm der Nährstoffgehalt des Bodensee-Obersees durch verstärkten Eintrag von Siedlungsabwasser und Austrägen aus der Landwirtschaft stark zu. Die P-Konzentration (im folgendem

Text immer als TP dargestellt), die während der Durchmischungsphase im Februar/März gemessen wurde, stieg von $7 \mu\text{g L}^{-1}$ im Jahr 1951 auf $> 80 \mu\text{g L}^{-1}$ um 1980 (Stich & Brinker 2010, IGKB 2014). Diese Veränderungen im Nährstoffgehalt hatten tiefgreifende Auswirkungen auf die Lebewelt des Sees. Im Besonderen bewirkte der Anstieg des Nährstoffgehalts verstärktes Algenwachstum, was wiederum z. B. die Lichtdurchlässigkeit des Wassers und damit auch die Struktur und Funktion des Nahrungsnetzes veränderte (Gaedtker 1998). Aufgrund des „bottom up“ Effekts in der Nahrungskette (Downing et al 1990, Thomas & Eckmann 2007) stieg der fischereiliche Ertrag anfangs stark an. Jedoch wurden auch bald negative Auswirkungen der Eutrophierung offensichtlich. Im Besonderen waren dies Algenblüten und eine verringerte Sichttiefe (Zintz et al 2010). Schon 1951, also zu Beginn der Eutrophierung, gründete die IBKF eine Arbeitsgruppe mit dem Thema Abwasserbehandlung. Aber diese Arbeitsgruppe hatte kein Mandat und keinen politischen Einfluss, um Maßnahmen zur Reduktion der Abwassereinleitung einzuleiten. Auf Empfehlung der IBKF wurde 1959 die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee (IGKB) gegründet. Diese Kommission initiierte verschiedene koordinierte Maßnahmen, um den Nährstoffeintrag in den See zu reduzieren. Hierzu gehörten der Bau von Kanalisationen, um die Abwässer zu sammeln, der Bau von Kläranlagen im gesamten Bodenseeeinzugsgebiet und auch die Einführung der P-Fällung in den Kläranlagen, um den P-Eintrag weiter zu minimieren. Bis heute wurden ca. 5 Milliarden € in die Abwasserreinigung investiert (IGKB.org). Parallel dazu wurde die Verwendung von Phosphat in den Waschmitteln verboten. All diese Maßnahmen führten dazu, dass der See zu Beginn des 21. Jahrhunderts wieder ein oligotropher See wurde. Die Nutzung des Bodensee-Obersees und seines Einzugsgebietes hat sich in den letzten 100 Jahren verändert. Der Tourismus kam auf

und heute zählt die Bodensee-Region mehr als 18 Mio. Übernachtungen pro Jahr (www.statistik-bodensee.org/index.php/tourismus.html). Auch die Fahrgastzahlen auf den Fähren haben mit mehr als 10 Mio. Passagieren im Jahr 2000 sehr stark zugenommen (Zintz et al 2010). Der Bodensee-Obersee ist zudem als Segelrevier berühmt und auch andere Outdoor-Sportarten nehmen stark zu. So stieg die Zahl der registrierten Freizeitboote auf dem See von ca. 39.000 im Jahr 1980 auf nahezu 57.000 im Jahr 2000 (Zintz et al. 2010). In Folge der Nutzung des Sees sind mittlerweile 45 % der Uferlinie stark anthropogen verändert. Der Bodensee ist auch Trinkwasserspeicher. Mehr als 4 Mio. Personen werden mit Trinkwasser aus dem Bodensee versorgt (Zintz et al. 2010).

4. Ökologische Konsequenzen der anthropogenen Nährstoffdynamik im See

Der Nährstoffgehalt des Sees beeinflusst das Fischwachstum durch die Kontrolle der Sekundärproduktion („bottom up control“) (Downing et al. 1990, Müller et al. 2007). Zooplankton ist die Hauptnahrung der pelagisch (im Freiwasser) vorkommenden Fische im Bodensee-Obersee. Während der Hochzeit der Eutrophierung in den 1960iger und 1970iger Jahren stieg die mittlere Jahresdichte an Zooplankton von 4×10^5 Individuen/m² auf über 10^6 Individuen/m² (IGKB 2004). Zur Jahrtausendwende waren diese Werte wieder auf die von vor der Eutrophierung zurückgegangen (IGKB 2004, Stich & Brinker 2010, Thomas & Eckmann 2007). In den 1970iger Jahren wuchsen Felchen im zweiten Lebensjahr 10 cm länger im Vergleich zu den 1950er Jahren und den 1990iger Jahren, als der Nährstoffgehalt wesentlich geringer war (Thomas & Eckmann 2007). Auch wenn man generell annimmt, dass höhere Wachstumsraten bessere Erträge liefern, hatte der hohe P-Gehalt auch negative Effekte in



Bezug auf den Fischbestand und die Alterszusammensetzung. Beispielsweise wiesen in der Zeit des hohen Nährstoffgehalts der Fischbestand und die Altersstruktur große Schwankungen auf. Auch zeigte der Felchenbestand (Biomasse) im Zeitraum späte 1960iger bis frühe 1990iger Jahre starke Schwankungen mit dem niedrigsten Wert 1967 (<30 t) (Thomas & Eckmann 2007). In dieser Zeit wuchsen die Fische sehr schnell und wurden sehr jung gefangen. Der größte Teil des Fischbestandes war weniger als drei Jahre alt und ein beträchtlicher Anteil des Fanges bestand aus 1+Fischen, die noch nicht abgelaicht hatten. Im Gegensatz dazu bestand vor der Eutrophierung und in den 1990er Jahren bis 2005 der Felchenbestand aus 5-6 Jahrgängen, zudem war die Biomasse relativ hoch und schwankte nur wenig (Thomas & Eckmann 2007). Aktuell, mit P-Konzentrationen wie zu Anfang der 1950er Jahre, ist die Wachstumsrate der Felchen dramatisch zurückgegangen.

Das Verschwinden des Kilches während der eutrophen Phase des Bodensee-Obersees (Eckmann & Rösch 1998) wird den ungünstigen Bedingungen am Seegrund für das Überleben der Eier zugeschrieben. Weiterhin ging in dieser Zeit auch der Seesaiblings- und Seeforellenbestand sehr stark zurück, die Seeforelle hauptsächlich aufgrund des fehlenden Zugangs zu den Laichgebieten in den Zuflüssen (Hartmann 1984, Ruhlé et al 2005). Der Bestand beider Arten hat sich durch verstärkte natürliche Reproduktion auch infolge der Oligotrophierung stabilisiert. Felchen, Seeforelle und Seesaibling werden zudem besetzt. Insbesondere beim Felchen wird dies im Bodensee-Obersee schon seit mehr als 100 Jahren getätigt (Rösch 1993). Ab Mitte des 20. Jahrhunderts wurde insbesondere der Besatz mit Felchenlarven intensiviert, von ca. 27 Mio. Larven im Jahr 1963 auf 441 Mio. im Jahr 2002 (Thomas 2009). Trotz dieser Anstrengungen variierte der Felchenertrag weiterhin stark und

konnte speziell den Ertragsrückgang seit 2010 nicht verhindern. Diese Tatsache unterstreicht die Aussage von Lorenzen (2005), den Besatz mit Larven in Bestände, die sich erfolgreich natürlich reproduzieren, grundsätzlich zu hinterfragen.

Der Barsch, die fischereilich zweitwichtigste Fischart im Bodensee-Obersee, reagierte ebenfalls auf die Veränderungen. Vor der Eutrophierung waren adulte Barsche hauptsächlich piscivor, aber von den 1960iger bis zu den 1990iger Jahren war die Hauptnahrung Zooplankton (überwiegend Daphnien). Der Barschbestand war in der Zeit, als die P-Konzentration den Wert von 10-15 µg/l überschritten hatte, sehr hoch. Als die P-Konzentration diesen Schwellenwert unterschritt, wurden wieder Fische die Hauptnahrung der adulten Barsche und der Barschbestand ging drastisch zurück (Eckmann et al. 2006).

Die anthropogen verursachten Veränderungen des Uferbereichs des Bodensee-Obersees wurden für die Fischarten problematisch,

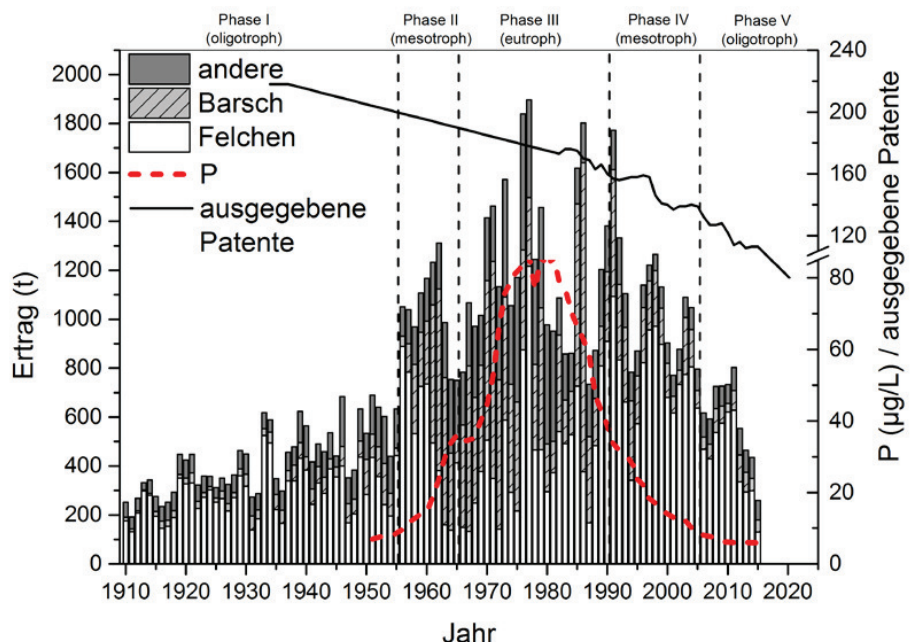


Abbildung 1: Ertrag der Berufsfischerei in Tonnen (mt) für Felchen (weiß), Barsch (grau, gestrichelt) und alle anderen Fischarten (dunkelgrau) von 1910 bis heute. Die gestrichelte schwarze Linie zeigt die P-Konzentration. Die durchgehende schwarze Linie zeigt die Anzahl Fischereipatente (die Zahlen für die Jahre 1934-1982 und 2015 bis 2020 sind interpoliert bzw. geschätzt). Zur Beachtung: die rechte y-Achse ist unterbrochen. Die einzelnen Phasen begrenzen die Veränderungen des Nährstoffgehaltes in den letzten 100 Jahren.

die sehr stark auf intakte und Makrophyten-reiche Uferzonen angewiesen sind. Sie verloren bedeutende Laichgebiete und auch Refugien, die für ihre Jungfische wichtig waren (Deufel et. al. 1986, IGKB 2009). In den 1990er Jahren begann man, einzelne ausgewählte Uferbereiche zu renaturieren (Zintz et al. 2010). Überprüfungen des Effekts zeigten höhere Anzahlen von Jungfischen in renaturierten Bereichen im Vergleich zu naturfernen Zonen (www.firebo.eu).

5. Konsequenzen der Veränderungen des Nährstoffgehalts für die Berufsfischerei

Veränderungen der P-Konzentration sind der für die Berufsfischerei entscheidende Faktor. Aus der Sicht der Berufsfischerei lassen sich diese in den letzten 105 Jahren durch den P-Gehalt verursachten Veränderungen

in 5 Phasen einteilen: I) 1910-1955, II) 1956-1965, III) 1966-1990, IV) 1991-2005, V) 2006-heute (Abb. 1).

Phase I (1910-1955): Der Bodensee-Obersee war während dieser Phase oligotroph ($TP_{mix} < 10 \mu\text{g L}^{-1}$) und der Fischertrag niedrig, aber relativ stabil (Mittelwert und Standardabweichung 1910-1955: $423 \pm 134 \text{ t}$, Variationskoeffizient (CV): 31 %, Abb. 1). Felchen machten ca. 70 % des Ertrags aus ($289 \pm 100 \text{ t}$, CV: 34 %). Der Anteil Barsch am Ertrag stieg von 5 % im Jahr 1910 auf 15 % im Jahr 1955 ($47 \pm 35 \text{ t}$, CV 74 %). In dieser Phase war der Jahresfang pro Patent vergleichsweise niedrig ($2,4 \pm 0,6 \text{ t}$, CV: 25 %) (Abb. 2). Ende des 19. Jahrhunderts gab es 400 Berufsfischer auf dem Bodensee-Obersee (IBKF 1895). Die Anzahl der Patente wurde erstmals 1914 auf 435 begrenzt (IBKF 1914), aber aufgrund des niedrigen Fanges wurden nicht alle Patente ausgegeben. 1931 wurden 273 Pa-

tente ausgegeben (IBKF 1934) und 1934 wurde die Zahl der Patente auf maximal 218 festgelegt (IBKF 1934). Diese Festlegung einer Obergrenze hatte zum Ziel, dass für jedes Patent ein zwar niedriger, aber stabiler Ertrag gewährleistet sein sollte.

Phase II (1956-1965): Während dieser ersten mesotrophen Phase stieg die P-Konzentration von 10 auf $35 \mu\text{g L}^{-1}$ und parallel dazu auch der fischereiliche Ertrag. Der Gesamtertrag überstieg den Wert von 1000 t erstmals im Jahr 1956. Er lag zwischen 1956 und 1965 im Mittel bei $1035 \pm 185 \text{ t}$ mit einem Maximum von 1301 t im Jahr 1963 (Abb. 1). Im Vergleich zu Phase I verdoppelten sich der Felchenertrag ($525 \pm 258 \text{ t}$, CV = 49%) sowie der Jahresfang pro Patent ($5,3 \pm 0,9 \text{ t}$, CV= 17 %; Abb. 2). Der mittlere Barschertrag war sechsmal höher als in der oligotrophen Phase I. Der regionale Bedarf an Fisch konnte gedeckt werden und ein Teil des Fanges wurde regelmä-

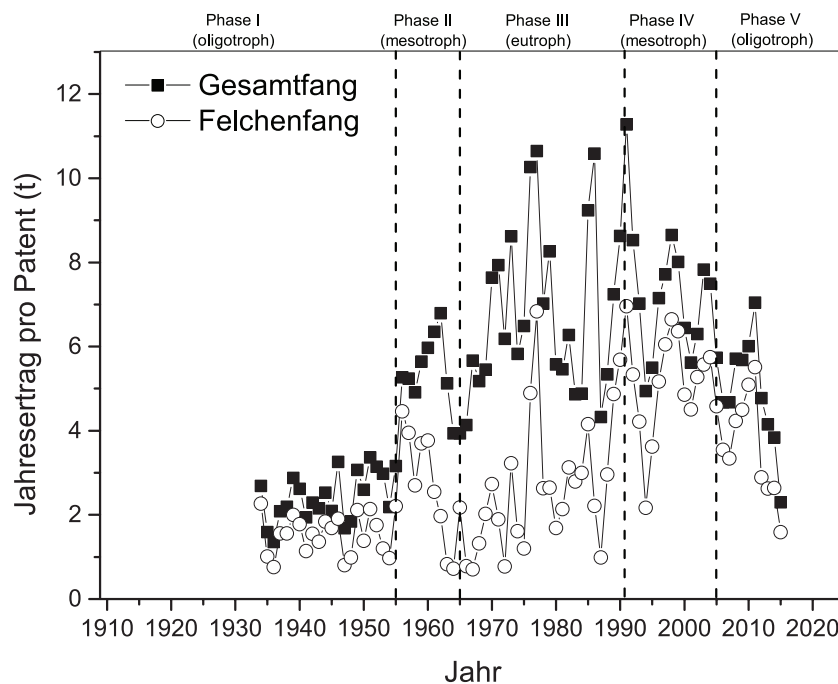


Abbildung 2: Fang pro Patent in t (graue Quadrate: Gesamtfang, offene Kreise: Felchen) von 1934 bis heute, die gestrichelte Linie zeigt die P-Konzentration zwischen 1951 und 2015. Die einzelnen Phasen begrenzen die Veränderungen des Nährstoffgehaltes in den letzten 100 Jahren.



ßig außerhalb der Bodenseeregion vermarktet. In dieser Zeit gaben einige Berufsfischer ihren Beruf auf, da in der wachsenden Industrie in der Bodenseeregion gute Verdienstmöglichkeiten entstanden. Daraus resultierte ein leichter Rückgang der Zahl der Patente (Abb. 1). In diesem Zeitraum änderte sich auch die Fischereitechnik grundlegend, einerseits weg vom traditionellen Klusgarn zum Fang von Felchen und hin zur ausschließlichen Fischerei mit monofilen Kiemennetzen, und bei den Netzen insgesamt von

traditionellen Baumwollnetzen zu wesentlich fängigeren Kunststoffnetzen. In dieser Zeit wuchsen die Felchen schnell, so dass ein steigender Anteil 1+ Felchen gefangen wurde (Gum et al. 2014). Um eine zu starke Befischung der nachwachsenden Jungfische zu vermeiden, wurde die Felchenfischerei im Jahr 1964 verboten und in der Folge ab 1965 die Mindestmaschenweite von 38-40 mm auf 44 mm erhöht. Auch das Mindestmaß wurde von 30 auf 35 cm erhöht (IBKF 1964, 1965). Dadurch fiel der mittlere Felchen-

fang pro Patent der Jahre 1955-1963 von $3,2 \pm 0,9$ t auf $0,8 \pm 0,1$ t für den Zeitraum 1964-1965 (Abb. 2). Aufgrund der gesetzlichen Änderungen stieg zu der Zeit die Kontrollaktivität der Fischereiaufsicht. Insgesamt waren die nachfolgenden höheren Erträge mehr als eine Kompensation für die striktere Regulierung der Fischerei, und auch daher kann diese Phase als das „goldene Zeitalter“ für die Berufsfischer des Bodensee-Obersees gelten.

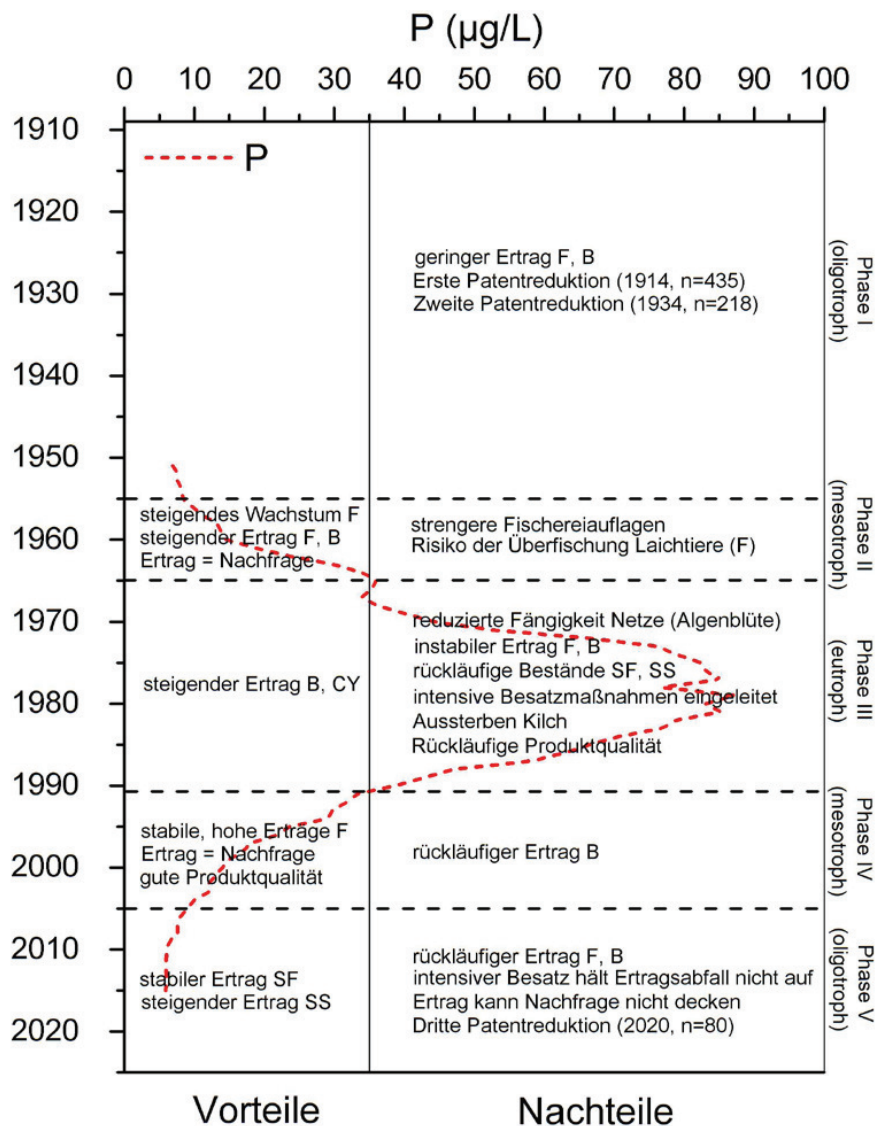


Abbildung 3: Vor- und Nachteile während Eutrophierung und Oligotrophierung des Bodensee-Obersee aus Sicht der Berufsfischer. Die Phasen sind eingeteilt wie in Abb. 2.

Phase III (1966-1990): Während dieser eutrophen Phase lag die P-Konzentration durchgehend über $35 \mu\text{g L}^{-1}$, der Maximalwert von $87 \mu\text{g L}^{-1}$ wurde im Jahr 1979 erreicht (Abb. 1). Zu dieser Zeit wurden die Nachteile des hohen Nährstoffeintrags in den See offensichtlich, so wurde z. B. die Naturverlaichung von Felchen und Saiblingen in der Tiefe durch Sauerstoffmangel über Grund beeinträchtigt. In dieser Zeit ging der Saiblingsertrag auf nahezu 0 zurück (Rösch 2014). Gleichzeitig nahm die Zahl der schlecht oder gar nicht vermarktbareren Cypriniden, wie Rotaugen oder Brachse, im Pelagial stark zu (Hartmann 1977; Nümann 1972). Der Gesamtertrag stieg etwas im Vergleich zur vorigen Phase ($1215 \pm 339 \text{ t}$), der mittlere Felchenertrag pro Patent folgte diesem Trend jedoch nicht ($2,7 \pm 1,6 \text{ t}$) und war stark schwankend. Der Barschertrag war zwar hoch, aber auch sehr schwankend ($448 \pm 260 \text{ t}$; Abb. 1). Zu Beginn der eutrophen Phase wurde über eine schlechte Filetqualität und hohe Parasitenbelastung der Barsche berichtet (IBKF 1966). In dieser Zeit ließ auch die Fangeffizienz der Kiemennetze durch Algenbewuchs im Sommer nach (Thomas 2009). Gegen Ende der eutrophen Phase ging die Zahl der ausgegebenen Patente von 173 im Jahr 1982 auf 160 im Jahr 1990 zurück (Abb. 1).

Phase IV (1991-2005): Während dieser zweiten mesotrophen Phase war der Felchenertrag auf einem relativ stabilen Niveau ($760 \pm 186 \text{ t}$). Teilweise war der Fang höher als der regionale Bedarf, da in dieser Zeit Felchen auch in andere Gebiete Deutschlands verkauft wurden. Der Barschertrag blieb für die ersten 10 Jahre auf einem ganz guten Niveau ($259 \pm 112 \text{ t}$), aber anschließend fiel er drastisch ab, mit Werten unter 75 t in den Jahren 2001, 2002 und 2005. Dies waren die niedrigsten Werte seit den frühen 1950er Jahren (Abb. 1). Trotzdem markierten der hohe Gesamtertrag pro Patent von $7,2 \pm 1,6 \text{ t}$ bzw. der hohe Felchenfang pro Patent ($5,2 \pm 1,2 \text{ t}$; Abb. 2) das zweite „goldene“

Zeitalter der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee.

Phase V (2006-heute): Ab 2006 kehrte der Bodensee-Obersee zum oligotrophen Zustand zurück (TP $< 10 \mu\text{g L}^{-1}$; Abb. 1). Der Felchenertrag ging auf die Werte zu Beginn der 1950er Jahre zurück ($465 \pm 135 \text{ t}$). Seit vier Jahren ist nun ein weiterer Rückgang zu verzeichnen: 2012-2014 betrug der mittlere Felchenertrag nur noch 309 t (Abb. 1) und der Gesamtertrag pro Patent fiel auf unter 4 t (Abb. 2). Auch der Barschertrag war sehr niedrig. Im Jahr 2015 fiel der Ertrag nochmals um $40,8 \%$ gegenüber den schon sehr niedrigen Werten von 2012-2014: Gefangen wurden nur noch 261 t . Diese Zahlen zeigen, dass aktuell die wirtschaftliche Basis für die Berufsfischerei massiv gefährdet ist (Straub & Meier 2010). Weiterhin ging der Saiblingsertrag stark zurück und lag 2014 nur noch auf Höhe des Ertrags an Seeforellen. Damit kann der fischereiliche Ertrag des Bodensee-Obersees den regionalen Bedarf an Bodenseefisch nicht mehr decken. Im Jahr 2015 wurde, wie bereits in den Jahren 1914 und 1934, beschlossen, die Zahl der Fischereipatente weiter zu reduzieren. Ab dem Jahr 2020 werden nur noch 80 Berufsfischer eine Erlaubnis haben, auf dem Bodensee-Obersee zu fischen (IBKF 2015). Im Vergleich zur Anzahl der Patente im Jahr 2006 (132) bedeutet dies eine Reduktion um 40% in gerade einmal 15 Jahren. Und dies, obwohl die Nachfrage nach Fisch am See weiterhin hoch ist. Dass sich daher die Fischerei an einer Felchenaquakultur beteiligt, wie durch die Fischereiforschungsstelle vorgeschlagen (FFS 2015) und durch das Landwirtschaftsministerium Baden-Württemberg unterstützt, oder aber ihr Einkommen durch Zukauf und Weiterverarbeitung von importierten Fischen mehrt, erscheint daher unausweichlich. Die Alternative ist die Aufgabe der Fischerei.

6. Vorschläge der Problemlösungen in einem durch sinkende Nährstoffgehalte beeinflussten Ökosystem

Intensive, international koordinierte Maßnahmen waren erfolgreich, die P-Konzentration im Bodensee-Obersee wieder auf den öffentlich gewünschten und gesetzlich geforderten oligotrophen Zustand zurückzuführen, dies alles vor dem Hintergrund der aktuellen Umweltpolitik der Anrainerstaaten sowie der Wasserrahmenrichtlinie (Landtag Baden-Württemberg, Schweizer Nationalrat 2013, IGKB 2013). Allerdings verursacht der derzeitige oligotrophe Zustand des Bodensee-Obersees auch Folgekosten, von denen einige wirtschaftlicher Natur sind: Der starke Rückgang des Nährstoffeintrags seit 1980 reduzierte bspw. das Wachstum und den Bestand von Felchen und Barsch auf ein Niveau, die eine Binnenfischerei in der derzeitigen Form nicht mehr wirtschaftlich erscheinen lässt (Straub & Meier 2010). Es bestehen aber auch ökologische Kosten. Die Entscheidung, das Ideal eines P-Gehaltes nahe den nacheiszeitlichen Werten zu priorisieren, findet zwar öffentliche Zustimmung, führt aber dazu, dass alternativ irgendwo anders mit höherem Einsatz Fisch produziert werden muss (Hilborn 2013). Bewertungsmaßstäbe für den ökologischen Fußabdruck, wie z. B. der Proteingewinn pro investierte Energieeinheit, die Emission von Treibhausgasen und die Landnutzung (Tyedmers 2004) legen nahe, dass der Fang und die regionale Vermarktung von Wildfisch aus dem Bodensee-Obersee eine der nachhaltigsten Formen der Produktion von tierischen Lebensmitteln überhaupt ist (Lynch et al 2016). Die lokale Nachfrage nach Fisch ist aufgrund der großen, hier lebenden Bevölkerungszahl und den Millionen an Touristen, die die Bodenseeregion jedes Jahr besuchen, sehr hoch. Diese Nachfrage wird derzeit überwiegend durch Importe gedeckt (Dreßler 2013).



2012 wurden bereits mindestens 50 % der hier verzehrten Felchen aus anderen Ländern importiert, dazu gehörten Italien, Finnland und Kanada (Dreßler 2013). Die Importe gelangen per Flugzeug oder Lastwagen an den See. Diese Tatsache wird im Hinblick auf den ökologischen Fußabdruck kontrovers diskutiert. Außerdem kann der Konsument im Einzelnen nicht erkennen, woher die Fische stammen (Madin & Macreadie 2015). Personen, die einen der Region zugeordneten Fisch (Felchen vom Bodensee) essen, nehmen intuitiv an, dass dieser Fisch frisch im See gefangen wurde, wohingegen er in Wirklichkeit vielleicht als gefrorenes Filet von einem anderen Kontinent eingeflogen worden ist.

Der Rückgang des fischereilichen Ertrags am Bodensee-Obersee ist nicht das Ergebnis veränderter Nachfrage oder schlechten fischereilichen Managements, sondern nahezu ausschließlich eine Folge des sehr erfolgreichen Nährstoffmanagements. Dies wurde auf politischer Ebene, außerhalb des Einflusses fischereilicher Gremien, beschlossen. Diese Veränderungen hatten und haben drastische Auswirkungen auf die lokale Fischerei, aber auch auf die Konsumenten, da lokale Produkte durch Fische von weithin unbekannter Herkunft ersetzt werden, deren ökologische Kosten wesentlich höher sind.

Mittlerweile nehmen auch andere Gefährdungen der Umwelt am See zu, insbesondere solche durch Transport, Tourismus, die intensive Nutzung der produktiven Flachwasserzonen und negative Einflüsse durch den Klimawandel (Straile et al. 2007, Stich & Brinker 2010, Wahl 2009). Im Bodensee-Obersee finden sich auch Rückstände von Medikamenten, Mikroplastik und anderen künstlichen Stoffen, allerdings wird ihnen zumeist weniger Aufmerksamkeit geschenkt, als dem P-Gehalt. Weiterhin hat die Zahl der gebietsfremden Stichlinge im Pelagial des Sees in den letzten drei Jahren sehr stark zugenommen, nachdem sie vorher ca. 70 Jahre unauffällig im See existierten. Stichlinge haben

jedoch die Fähigkeit, andere Arten auszukonkurrieren (Bergström et al. 2015, Byström et al. 2015). Aktuelle Untersuchungen im Bodensee deuten ebenfalls in diese Richtung. All die aufgezählten negativen Einflüsse auf den Fischbestand legen nahe, dass es derzeit unrealistisch ist, in naher Zukunft einen mit den 1950er Jahren vergleichbaren Fischbestand oder fischereilichen Ertrag zu erwarten. Tatsächlich weist der Trend daraufhin, dass in Zukunft wesentlich niedrigere Erträge normal sein können. Von daher bleibt offen, ob der Beschluss, ab 2020 die Zahl der Patente auf 80 zu reduzieren, ausreicht, um zumindest einer kleinen Zahl an Betrieben ein wirtschaftliches Auskommen zu gewährleisten.

Die schlechte wirtschaftliche Situation der noch vorhandenen Berufsfischer am Bodensee-Obersee hat dazu geführt, dass Anfragen für einen moderaten Anstieg des P-Gehalts auf Werte von 10-12 µg/l gestartet wurden. Diese leichte Erhöhung des P-Gehalts soll durch eine Reduzierung der P-Fällung in den Kläranlagen erreicht werden. Die Berufsfischer argumentieren, dass solch eine Aktion zu einem weiterhin oligotrophen See mit gegenüber den aktuellen Werten nur leicht erhöhtem Nährstoffgehalt führen würde. Er wäre immer noch vergleichbar mit dem Zustand des Sees in Jahren, in denen der See schon von Umwelt und Tourismus für seine außerordentlich gute Wasserqualität gefeiert wurde, aber der fischereiliche Ertrag noch vergleichsweise hoch war (Abb. 3). Jedoch zeigt die öffentliche Diskussion sehr deutlich, dass derzeit auch nur ein leichter Anstieg des P-Gehalts im See von behördlicher Seite undenkbar ist.

Dass auf dem aktuell niedrigen P-Gehalt beharrt wird, liegt an grundlegenden Bedenken, insbesondere hervorgerufen durch den Klimawandel. Denn mit steigenden Temperaturen und stärkerer Schichtung im See nimmt die Wahrscheinlichkeit einer Durchmischung am Ende des Winters ab. Einige Rechenmodelle sagen voraus, dass dieser Umstand

zu niedrigeren Sauerstoffgehalten im Hypolimnion führen wird (Landtag Baden-Württemberg 2013, Wahl 2009, Wahl & Peeters 2014). Frühere Untersuchungen zeigten noch, dass P-Werte um 10 µg/l ausreichen würden, um den See vor den Auswirkungen stärkerer Schichtung als Auswirkung des Klimawandels zu schützen (Müller 2002). Das führte die Berufsfischer zu der Frage, warum der P-Gehalt deutlich unter diesen Wert gesenkt werden soll. Tatsächlich steht das Klimawandel-Argument in Bezug auf den Nährstoffeintrag zur Debatte. Ein kürzlich veröffentlichter Bericht legt nahe, dass der See auch bei einem noch niedrigeren P-Gehalt als zur Eiszeit den Auswirkungen der Klimaerwärmung nicht entkommen kann (IGKB 2015).

Ein weiterer entscheidender Faktor, der hinter dem Widerstand gegen einen Anhebung des P-Gehalts steht, ist, dass der See nach der WRRL, im Gegensatz zur wissenschaftlichen Einschätzung der Limnologie, als Alpen- und nicht als Voralpensee eingestuft wurde (Mathes et al. 2002). Diese Einstufung bringt die Forderung von sehr niedrigen P-Gehalten mit sich und steht den Anträgen der Berufsfischer auf einen leichten Anstieg des P-Gehalts entgegen.

Ein neuer Gedanke, der aktuell diskutiert wird, ist Aquakultur; insbesondere die Felchenzucht in Netzgehegen im offenen See oder in geschlossenen Kreislaufanlagen an Land. Diese könnte die fehlende Menge an Wildfang regional decken. Jedoch sind die Investitionskosten für den Aufbau einer Aquakultur hoch. Das könnte einen Großteil der Berufsfischer ausschließen, insbesondere vor dem Hintergrund der letzten wirtschaftlich extrem schlechten Jahre. Dieser Vorschlag könnte auch deshalb für viele zu spät kommen. Weiterhin ist ein Großteil der Berufsfischer am Bodensee gegenüber Aquakultur negativ eingestellt. Einzelne Fischer sind am See in der 13. Generation tätig und möchten diese Jahrhunderte alte Tradition unverändert fortführen. Sie sehen die Fangfischerei

mehr in Einklang mit der Region und den persönlichen Vorlieben und argumentieren, dass sie Fischer und keine Fischzüchter sind. Eine mögliche Lösung könnte sein, dass eine kleine Gruppe Fischer eine Genossenschaft gründet, die ein regionales Produkt erzeugt, nämlich Felchen aufgezogen im Wasser des Bodensees und genetisch aus dem Bodensee. Diese frischen, Verbraucher- und Umwelt-freundlich produzierten Felchen könnten dann durch die Berufsfischer über die schon existierenden Handelsbeziehungen direkt vermarktet werden, wodurch dann auch die traditionelle Fischerei erhalten bliebe.

Eine lokale Felchenerzeugung kann dazu beitragen, die Nachfrage nach nachhaltig und umweltgerecht erzeugtem Fisch zu befriedigen. Allerdings ist dies aus Sicht der Berufsfischer nur die zweitbeste Lösung. Beachtet man die lange Bedeutung der Berufsfischerei bei der Bereitstellung eines hochwertigen, stark nachgefragten und kulturstiftenden Produktes sowie ihre zentrale Rolle bei der Identifizierung des Nährstoffproblems, bekommt ihre derzeitige Position als wirkungsloser Zuschauer und Kommentator eine ironische Note. Die Fischer waren es, die zuerst auf die Probleme durch die Eutrophierung hingewiesen und auf eine effektive Verbesserung der Wasserqualität gedrungen haben. Die Berufsfischer bilden derzeit aber eher einen romantischen Hintergrund für den Tourismus am See, haben dabei aber sehr wenig Einfluss auf ihre eigene Zukunft sowie auf die des Sees.

7. Synopse

Obwohl die Berufsfischer in der Vergangenheit eine zentrale Rolle bei der Bewirtschaftung und ökologischen Steuerung des Sees gespielt haben, finden sie sich heute, im Vergleich zu Umweltschutz, Fremdenverkehr, Wasserqualität oder Erholung im Freien, nur in zweiter Reihe. Die aus Sicht der Fischer anzustrebende Lösung

(d.h. ein P-Gehalt im Bereich von 10-12 µg/l) passt derzeit nicht zur vorherrschenden gesellschaftlichen Meinung und steht auch im Widerspruch zur aktuellen Einschätzung der Umweltpolitik, insbesondere in Bezug zur Wasserrahmenrichtlinie. Jedoch zeigt die vorliegende Geschichte am Beispiel der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee Fallstricke und tote Winkel im menschlichen Handeln auf. Eines dieser Probleme ist die menschliche Tendenz, sich einseitig auf offensichtlich erfolgreiche Maßnahmen zu konzentrieren und dabei die Kosten für Fortschritte bei anderen, vielleicht ebenso wichtigen, aber möglicherweise schwerer zu lösenden Problemen aus dem Blick zu verlieren (Butler 2002). Die Reduktion der P-Konzentration im Bodensee-Obersee wurde ohne Festlegung eines konkreten Ziels (Untergrenze) angegangen, ohne dabei die begleitenden Effekte (Hier: Fischerei, regionale Versorgung, Tourismus, etc.) und sozialen Auswirkungen zu antizipieren und zu berücksichtigen.

Der ideale Zeitpunkt mit einer Krise umzugehen, ist lange bevor eine Krise akut wird. Naturgemäß ist eine Vorhersage dessen, was in der Zukunft passieren wird, schwierig und unsicher. Aber der Zeitpunkt, Schwierigkeiten entgegenzutreten, ist während stabiler Perioden mit ausreichend Zeit und Finanzmitteln sehr viel einfacher als im Angesicht des drohenden Zusammenbruchs. Der Rückgang des Fischereiertrags im Bodensee-Obersee als Reaktion auf den starken P-Rückgang war vorhersehbar, diesem wurde aber wenig Beachtung geschenkt. Daher wurde der Zeitpunkt, als die Möglichkeiten zur Entwicklung von Lösungen (wie z. B. der Etablierung einer Aquakultur) bestanden (während der zweiten mesotrophen Phase), von allen Beteiligten verpasst.

Ein weiterer Aspekt der aktuellen Krise der Berufsfischerei am Bodensee-Obersee ist, dass Veränderungen im regionalen Angebot an Nahrungsmitteln unausweichlich ökologische und soziale Auswirkungen in anderen Teilen der Welt

hervorrufen (Hilborn 2013). Ein Produkt mit exzellenter ökologischer Nachhaltigkeit (wild gefangener Fisch aus der Binnenfischerei) (Tyedmers 2004) wird durch Importe ersetzt. Dabei wird unbeabsichtigt der ökologische Fußabdruck der Nahrungsmittelerzeugung erhöht und gleichzeitig die Präferenz der Konsumenten für regional erzeugte Nahrung vernachlässigt.

Möglicherweise ist es zu spät, die Fischereibetriebe am Bodensee-Obersee als wirtschaftliche Unternehmen zu erhalten, wenn von den beiden aktuellen Vorschlägen, den Ertrag zu erhöhen (P-Zunahme, Felchenaquakultur), keiner in naher Zukunft umgesetzt wird. Daraus folgt die zentrale Schlussfolgerung, dass die Ziele von Umweltmanagement und nachhaltiger Fischerei ohne eine frühe, konstruktive Einbeziehung aller Interessengruppen unvereinbar erscheinen.

Die Literaturliste kann bei den Autoren angefordert werden.