

Überprüfung der Fangmindestmasse und Schonzeiten

Kanton Aargau

Impressum

Auftraggeber

Kanton Aargau
Departement Bau, Verkehr und Umwelt
Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei
Entfelderstrasse 22
5001 Aarau

Auftragnehmer

ECQUA
Thomas Kreienbühl
Seefeldstrasse 12
3600 Thun

Autoren

Thomas Kreienbühl, ECQUA
Pascal Vonlanthen, Aquabios GmbH

Zitiervorschlag: Kreienbühl, T. & Vonlanthen, P. 2018. Überprüfung der Fangmindestmasse und Schonzeiten im Kanton Aargau. ECQUA. Auftraggeber: Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei, Aarau.

Danksagung

Herzlichen Dank an die Sektion Jagd und Fischerei für den Auftrag. Ein spezieller Dank geht zudem an Peter Tschudi, Ernst Sennrich, Kurt Wunderlin und Heinz Höppli für die tatkräftige Unterstützung im Feld.

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	EINLEITUNG	4
2.1	AUSGANGSLAGE.....	4
2.2	PROJEKTÜBERSICHT	4
3	METHODEN UND GRUNDLAGEN	6
3.1	HINTERGRUND	6
3.2	BESTIMMUNG VON FANGMINDESTMASSEN	8
3.3	ALTERS- UND REIFEBESTIMMUNG.....	10
3.4	LITERATURSTUDIE.....	12
4	RESULTATE UND DISKUSSION	13
4.1	ATLANTISCHE FORELLE [<i>SALMO TRUTTA</i>]	13
4.2	HECHT [<i>ESOX LUCIUS</i>].....	26
4.3	ÄSCHE [<i>THYMALLUS THYMALLUS</i>]	31
4.4	BARBE [<i>BARBUS BARBUS</i>].....	34
4.5	FELCHEN [<i>COREGONUS SPP.</i>].....	37
4.6	WEITERE FISCHARTEN	39
5	REFERENZEN	43
6	ANHANG	46

1 Zusammenfassung

Im Rahmen dieser Studie wurden im Auftrag vom Kanton Aargau die Fangmindestmasse (FMM) und Schonzeiten von zehn fischereilich relevanten Fischarten überprüft. Die FMM wurden für gesunde und grosse Populationen auf der Basis des Fangoptimums bestimmt (vgl. Kapitel 3.2). Für kleine Bestände und gefährdete Arten standen bei der Festlegung des FMM nicht ökonomische Kriterien im Vordergrund. Für diese Populationen wurden ökologisch angepasste FMM empfohlen.

Bei vier Fischarten, Forelle (*Salmo trutta*), Hecht (*Esox lucius*), Barbe (*Barbus barbus*) und Felchen (*Coregonus spp.*), konnte das FMM aufgrund von Wachstumsdaten bestimmt werden. Bei Äsche (*Thymallus thymallus*), Aal (*Anguilla anguilla*), Egli/Flussbarsch (*Perca fluviatilis*), Karpfen (*Cyp-*

rinus carpio), Schleie (*Tinca tinca*) und Zander (*Sander lucioperca*) standen ausschliesslich nationale und internationale Berichte und Studien als Grundlagen zur Verfügung, um FMM und Schonzeiten zu überprüfen. Wo es ökologisch und fischereilich sinnvoll war, wurde eine Angleichung der Regelungen an die Nachbarkantone angestrebt. Die Resultate der Überprüfung von FMM und Schonmassen sind in Tabelle 1-1 zusammengefasst. Detaillierte Resultate und Diskussion finden sich in den jeweiligen Kapiteln.

Nebst den Empfehlungen für FMM und Schonzeiten werden im Kapitel Hintergrund auch die Themen Entnahmefenster und Fangzahl-limitierungen aufgenommen und kurz diskutiert (Kapitel 3.1.2).

Tabelle 1-1: Übersicht zu den Empfehlungen von Fangmindestmassen und Schonzeiten für jede Fischart (● = keine Anpassung; ✕ = Aufhebung; ↗ = Erhöhung; - = keine Regelung).

Fischart	Fangmindestmass [cm]			Schonzeit		Kapitel	
	bisher	Empfehlung	+/-	bisher	Empfehlung		
Forelle (<i>Salmo trutta</i>)	Bach	22	24-30 ¹	↗	1.10.-28/29.2.	●	4.1
	Fluss	28	(min. 44) ²	(↗)			
	See	35	(min. 52) ²	(↗)			
Hecht (<i>Esox lucius</i>)		50	50	●	1.2.-30.4.	15.2.-15.5.	4.2
Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>)		32	36	↗	1.2.-30.4.	●	4.3
Barbe (<i>Barbus barbus</i>)	Bach	30	35	✕	-	1.5.-15.6.	4.4
	Fluss	35	35	●			
Felchen (<i>Coregonus spp.</i>)		25	25	●	1.10.-31.12.	1.11.-15.2	4.5
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)		50	50	●	-	●	4.6.2
Egli/Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)		15	15	●	-	●	4.6.3
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>)		30	35	↗	-	●	4.6.4
Schleie (<i>Tinca tinca</i>)		25	25	●	-	●	4.6.5
Zander (<i>Sander lucioperca</i>)		-	-	●	-	●	4.6.6

¹Es wurden verschiedene FMM empfohlen (siehe Kapitel 4.1)

²Empfehlungen auf Basis von wenig empirischen Daten (siehe Kapitel 4.1)

2 Einleitung

2.1 Ausgangslage

Laut Bundesgesetz über die Fischerei (BGF) muss die Nutzung der Fischbestände durch die Fischerei nachhaltig erfolgen (Art. 1 Bst. c BGF). Um die Angelfischerei nachhaltig zu gestalten, stehen den kantonalen Behörden eine Vielzahl von Werkzeugen zur Verfügung. Das Instrumentarium umfasst insbesondere Fangmindestmasse, Schonzeiten, Fanzahllimitierungen, Schonstrecken und die Steuerung der zugelassenen Befischungstechniken

und Materialien (Tabelle 2-1). Die meisten dieser Massnahmen haben das Ziel, den Befischungsdruck zu reduzieren. Schonzeiten erlauben den verschiedenen Fischarten eine ungestörte Fortpflanzung.

Der Kanton Aargau möchte mit der vorliegenden Untersuchung die Fangmindestmasse (FMM) und Schonzeiten verschiedener Fischarten überprüfen.

Tabelle 2-1: Gesetzestexte und Verordnungen auf bunderechtlicher sowie staatsrechtlicher Ebene (Abkürzungen: BGF = Bundesgesetz über die Fischerei, VBGF = Verordnung zum Bundesgesetz über die Fischerei, AFG = Fischereigesetz des Kantons Aargau, AFV = Aargauische Fischereiverordnung).

Inhalt	Artikel Bund	Artikel Kanton
Nachhaltige Nutzung der Fischbestände; Erhalt der natürlichen Artenvielfalt	Art. 1 und 3 BGF	§1 AFG
Grundlagen der Schonbestimmungen	Art. 4 BGF	§17 AFG
(minimale) Fangmindestmasse	Art. 1 VBGF	§16 AFV
(minimale) Schonzeiten	Art. 2 VBGF	§15 AFV
Fangzahllimitierungen		§17 AFV

2.2 Projektübersicht

Das Fangmindestmass der atlantischen Forelle (*Salmo trutta*) in Bächen wurde basierend auf Resultaten von aktuellen Wachstumsanalysen bestimmt (Tabelle 2-2). Dazu wurden Schuppenproben von Forellen aus acht Gewässern ausgewertet. An zwei Bächen wurde zusätzlich eine Analyse der Geschlechtsreife durchgeführt. Ausserdem konnten einige Schuppenproben von Forellen aus der Aare und dem Hallwylsee ausgewertet werden. Auch beim Hecht (*Esox Lucius*) konnte das Fangmindestmass für den See und die Flüsse basierend auf Wachstumsanalysen bestimmt werden. Für weitere fischereilich relevante Fischarten wurde eine vertiefte Literatur-

recherche durchgeführt. Dabei wurden auch aktuelle Berichte zu Forellen, Felchen (*Coregonus spp.*) und Barben (*Barbus barbus*) aus dem Kanton Aargau miteinbezogen (Kirchhofer, 2013, Krienbühl et al., 2017, Vonlanthen und Polli, 2018). Zusätzlich wurden die Fangmindestmasse und Schonzeiten mit denen aus den Nachbarkantonen verglichen und die strategische Planung 2025 der Fischereikommission des Hochrheins berücksichtigt (Dönni, in Arb.). Dabei ging es darum, wo ökologisch sinnvoll, die Aargauer Schonbestimmungen mit denen der Nachbarn abzugleichen.

Tabelle 2-2: Übersicht zu den untersuchten Fischarten.

Fischart	Wachstumsanalyse	Analyse der Geschlechtsreife	Literaturrecherche	Vergleich Nachbarn und Empfehlungen Hochrhein	Kapitel
Forelle (<i>Salmo trutta</i>)	•	•	•	•	4.1
Hecht (<i>Esox lucius</i>)	•		•	•	4.2
Äsche (<i>Thymallus thymallus</i>)			•	•	4.3
Barbe (<i>Barbus barbus</i>)	• ¹		•	•	4.4
Felchen (<i>Coregonus spp.</i>)	• ¹		•	•	4.5
Aal (<i>Anguilla anguilla</i>)				•	4.6.2
Egli/Flussbarsch (<i>Perca fluviatilis</i>)				•	4.6.3
Karpfen (<i>Cyprinus carpio</i>)				•	4.6.4
Schleie (<i>Tinca tinca</i>)				•	4.6.5
Zander (<i>Sander lucioperca</i>)				•	4.6.6

¹ Keine eigenen Daten: Verwendung von Längenrückberechnungen aus anderen Studien des Kantons Aargau.

3 Methoden und Grundlagen

3.1 Hintergrund

3.1.1 Fangmindestmasse im Detail

Ein Fangmindestmass (FMM) wird bestimmt, um eine Überfischung des Jungfischbestandes zu vermeiden. Das FMM wird bei einer Länge angesetzt, die es möglichst vielen Fischen einer Population erlaubt, mindestens einmal in ihrem Leben abzulaichen (Marrer, 1976, Tesch und Wehrmann, 1982, Staub, 1985, Guthruf, 1996, Kirchhofer et al., 2002).

Bei vielen Fischarten reduziert sich die Bestandesgrösse von Jahr zu Jahr (natürliche Mortalität). Eine Erhöhung von FMM führt daher zu Einbussen bei den Fangzahlen. Dieser Zusammenhang wurde in der Schweiz beispielsweise an der Aare beobachtet (BAFU, 2005). Dort wurde im Jahr 1988 das Fangmindestmass für die Forelle von 23 auf 26 cm im Oberlauf resp. im Unterlauf auf 28 cm angehoben. Das führte zu einem Fangrückgang von 63% (Abbildung 3-1).

Ein höheres Fangmindestmass kann jedoch zu einer Erhöhung der entnommenen Biomasse führen (Gwinn et al., 2013, Lundsgaard-Hansen, 2015). Dies ist dann der Fall, wenn der Rückgang der Fangzahlen durch ein höheres Gewicht der gefangenen Fische überkompensiert wird.

FMM wirken sich vor allem bei mittlerer bis hoher Befischungintensität schonend auf den Fischbe-

stand aus (Tesch und Wehrmann, 1982, Arlinghaus et al., 2016). Bei tiefem Befischungsdruck haben Fangmindestmasse, wie auch andere Schonbestimmungen, nur einen geringen Einfluss auf einen Fischbestand. Es werden nicht genügend Fische entnommen, um eine Population nachhaltig zu verändern.

Ein Nebeneffekt von FMM ist der selektive Fang von schnell wachsenden Tieren (Fenberg und Roy, 2008, Laugen et al., 2014, Uusi-Heikkilä et al., 2017). Dieser Effekt nimmt mit intensiver Befischung zu. Es werden vermehrt die schnell wachsenden Tiere, die früh aus dem FMM herauswachsen, entnommen. Zurück bleiben die langsam wachsenden Tiere. Diese selektive Entnahme führt dazu, dass sich die langsam wachsenden Fische öfters fortpflanzen können. Geben sie vermehrt ihr Erbgut weiter, entwickelt sich über die Zeit ein langsam wachsender Fischbestand. In der Regel gilt, je tiefer ein Fangmindestmass angesetzt wird, umso stärker ist diese Längenselektivität. Wird ein hohes Fangmindestmass angesetzt, können die Effekte der fischereilich induzierten Evolution reduziert werden (Matsumura et al., 2011, Guthruf, 1996).

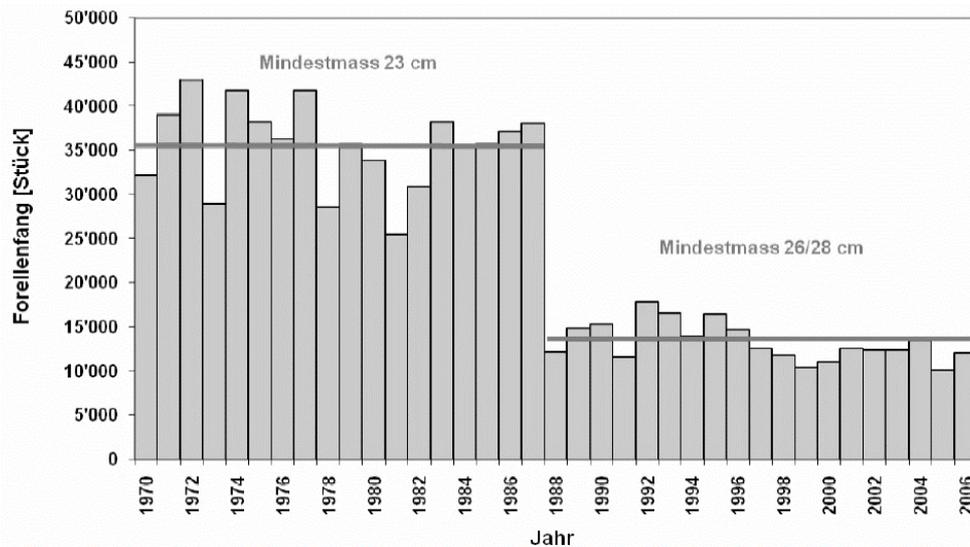


Abbildung 3-1. Forellentfang in der Areuse von 1970 bis 2006. Quelle: BAFU (2005).

3.1.2 Alternativen zu Fangmindestmassen

Entnahmefenster

Schon länger in den USA eingesetzt, werden Entnahmefenster nun auch in Europa mehr und mehr diskutiert (Gwinn et al., 2013, Lundsgaard-Hansen, 2015, Arlinghaus et al., 2016).

Geschlossene Entnahmefenster schützen neben den jungen Tieren eines Bestandes auch die ökologisch wertvollen, grösseren Fische. Es gilt neben einem Fangmindestmass auch ein maximales Fangmass. Neuste Studien legen nahe, dass die Fekundität (Anzahl Eier) von Muttertieren offenbar mit der Grösse überproportional zunimmt (Barneche et al., 2018). Der Erhalt der grossen Fische könnte folglich zu einer höheren Reproduktion führen. Gegenüber von Fangmindestmassen sollte sich mit Entnahmefenstern auch die Auswirkung der fischereilich induzierten Evolution reduzieren (Längenselektivität, siehe Kapitel 3.1.1).

Bei *offenen Entnahmefenstern* dürfen zusätzlich einige kapitalen Fische geangelt werden. Aufgrund ihres im Naturzustand (ohne Befischung) häufigen Vorkommens und ihrer hohen Fekundität (viele Eier) spielen vor allem die mittelgrossen Fische für die Reproduktion eine besonders wichtige Rolle. Modelberechnungen legen nahe, dass sich trotz Befischung die Zahl der kapitalen Fänge bei offenen Entnahmefenstern erhöhen könnte (Gwinn et al., 2013). Einzelne grosse Fische könnten folglich entnommen werden.

Für eine nachhaltige Bewirtschaftung scheinen Entnahmefenster aus den genannten Gründen eine sinnvolle Alternative zu Fangmindestmassen zu sein. Sie vermindern den Befischungsdruck auf schnell wachsende Fische ohne den Erfolg der Angler zu stark einzuschränken.

Fangzahllimitierungen

Durch die Kontingentierung von Tages- und Jahresfängen kann der Befischungsdruck ebenfalls reduziert werden. Im Kanton Aargau kennt man solche Fangzahllimitierungen bereits für den Rhein, die Limmat, die Aare und die Reuss. An diesen Gewässern gelten Tagesfanglimiten von maximal sechs Fischen für die Arten Forelle, Äsche und Hecht. Jahresfanglimiten gibt es im Kanton Aargau keine.

Escher und Vonlanthen (2016) haben solche Fangzahllimitierungen anhand der Fischfangstatistik des Kantons Bern detailliert analysiert. Dabei gilt es zu beachten, dass durch Fangzahllimitierungen geschonte Fische in stark befischten Beständen mit gewisser Wahrscheinlichkeit durch andere Angler gefangen werden.

Im Kanton Bern könnten mit einer Jahresfanglimite von 20 Fischen ca. 33.1% der Forellen ge-

schont werden. Läge die Jahresfanglimite bei 50 Fischen, würden noch etwa 11.6% der Forellen geschont. Analog zum Kanton Aargau gilt im Kanton Bern eine Tagesfanglimite von sechs Forellen. Könnte nur eine Forelle pro Tag gefischt werden, würden etwa 42.5% des Gesamtfanges der Bachforellen geschont. Doch schon mit zwei Forellen pro Tag sinkt dieser Wert auf 19.9%. Bei drei Forellen pro Tag liegt er noch 10% des Gesamtfanges.

Inwiefern diese Massnahmen im Kanton Aargau sinnvoll wären, müsste anhand einer Auswertung der Fischfangstatistik überprüft werden. Die Untersuchungen vom Kanton Bern legen nahe, dass für erfolgreiche Fangzahllimitierungen die Tages- und die Jahreslimiten im Vergleich zu heute vermutlich sehr niedrig sein müssten.

3.2 Bestimmung von Fangmindestmassen

In diesem Bericht werden zwei Methoden verwendet, um das FMM festzulegen. Einerseits kann man sich am Fangoptimum orientieren. Andererseits können ökologische Überlegungen im Vordergrund stehen. Beide Varianten haben ihre Berechtigung. Fangmindestmassen werden in der Schweiz oft beim *Fangoptimum* angesetzt. Ziel des Fangoptimums ist, dass möglichst viele Fische geangelt werden können. Dafür spielen folgende Faktoren eine wichtige Rolle:

- Länge der Rogner bei der ersten Geschlechtsreife
- natürliche Mortalität
- Befischungsintensität
- Voraussetzungen für die natürliche Fortpflanzung

Das Fangoptimum wird für Forellenbestände nach den Vorgaben von Staub (1985) berechnet

(Tabelle 3-1). Zur durchschnittlichen Jahresendlänge aller 2⁺-Forellen wird je nach Befischungsdruck noch ein Teil einer Wachstumsperiode hinzugerechnet. Es wird vorausgesetzt, dass die meisten Forellen in diesem Alter geschlechtsreif werden. Dieses Vorgehen kann auch auf andere Fischarten übertragen werden. Das Fangoptimum macht in gesunden und dichten Fischbeständen Sinn. Im Fokus steht vor allem der Ertrag. Der grossen Variabilität im Längenwachstum, bei der Geschlechtsreife und der Geschwindigkeit des Wachstums der beiden Geschlechter wird beim Fangoptimum wenig Rechnung getragen.

Das Fangmindestmass von gefährdeten Fischarten oder kleinen Fischbeständen sollte sich jedoch nicht am maximal fangbaren Ertrag orientieren, sondern möglichst nachhaltig und schonend für den Bestand sein. Wichtig ist in diesem Fall, dass

sich möglichst viele Fische erfolgreich natürlich fortpflanzen können. Das so genannt *ökologisch angepasste Fangmindestmass* soll daher möglichst viele Erstlaicher schützen. Es wird bei der maxi-

mal festgestellten Jahresendlänge der Altersklasse angesetzt, in der die meisten oder alle Rogner geschlechtsreif werden (Tabelle 3-1).

Tabelle 3-1: Die Berechnung verschiedener Fangmindestmasse nach der Methode des Fangoptimums und dem ökologisch angepassten Fangmindestmass.

Fangmindestmass	Befischungsdruck	Berechnung
Fangoptimum 1	extensiv/gering	durchschnittliche Jahresendlänge*
Fangoptimum 2	mittel	durchschnittliche Jahresendlänge* + $\frac{1}{4}$ Wachstumsperiode
Fangoptimum 3	intensiv/hoch	durchschnittliche Jahresendlänge* + $\frac{1}{2}$ Wachstumsperiode
ökologisch angepasst	-	maximale Jahresendlänge*

*im Alter, in dem die meisten oder alle Rogner geschlechtsreif werden.

3.3 Alters- und Reifebestimmung

3.3.1 Datenquellen

Feldaufnahmen

Ende Oktober 2016 wurden bei elektrischen Abfischungen an der Pfaffnern und am Möhlinbach von den gefangenen Forellen für die Altersbestimmung Schuppenproben gesammelt und gleichzeitig der Reifegrad der Gonaden bestimmt. Untersucht wurden nur Fische, die zwischen 180 und 300 mm lang waren. Diese Längen wurden ausgewählt, da davon ausgegangen wurde, dass sich diese Fische kurz vor der Geschlechtsreife befinden oder schon geschlechtsreif sind.

Alle Forellen wurden betäubt, vermessen (Totallänge) und gewogen. Danach wurden Schuppen entnommen (Abbildung 3-2). Pro Fisch wurden jeweils 20 bis 40 Schuppen gesammelt.

Zur Bestimmung des Reifegrads wurde die Heincke-Maiersche Reifegradeinteilung verwendet (Smolia, 1920). Im Idealfall konnte der Reifegrad äusserlich und durch leichtes Streifen des Fisches bestimmt werden. In diesem Fall wurden die Fische wieder freigelassen. Falls dies nicht möglich war, wurden einzelne Tiere euthanasiert und anschliessend sezirt. Der Reifegrad wurde dabei

durch eine visuelle Kontrolle der Gonaden bestimmt.

Weitere Datenquellen

Während der Studie zur Forellengenetik wurden ebenfalls Schuppen von Forellen entnommen (Vonlanthen et al., 2016). Von diesem Probematerial wurden durch den Kanton zusätzlich sechs Bäche ausgewählt (Abbildung 3-2). Sie wurden so zusammengestellt, dass sie die regionale Vielfalt der Bäche im Kanton Aargau zusammen mit der Pfaffnern und dem Möhlinbach wiedergeben (Einzugsgebiet, Region). Ausserdem wurden die FMM auf der Basis von einzelnen Fluss- und Seeforellen überprüft. Die Datenlage war hier jedoch nicht sehr gross.

Für die Wachstumsanalyse beim Hecht lieferte der Kanton Aargau je 30 Schuppenproben von Hechten aus der Aare und dem Hallwilersee. So konnte das Wachstum der «Seehechte» mit jenen aus einem Fluss («Flusshechte») verglichen werden.

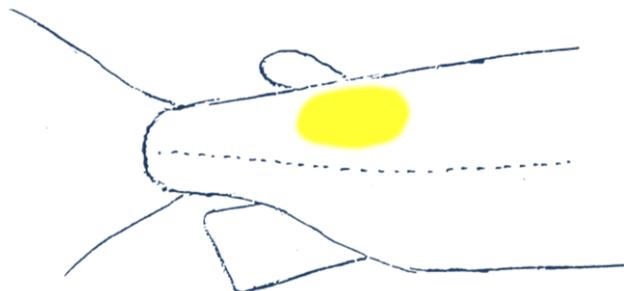


Abbildung 3-2: Der geeignete Probenahmeort (gelb) für die Fischschuppen im Bereich der Fettflosse der Forellen. Die gestrichelte Linie markiert die Seitenlinie.

Tabelle 3-2: Die Forellenpopulationen, beschriftet mit dem Namen ihres Ursprunggewässers, die in dieser Studie verwendet wurden. Das + markiert die Bäche, bei denen neben der Altersbestimmung mit Fischschuppen auch der Reifegrad der Fische untersucht wurde.

Population	Einzugsgebiet	Region/Typ
Suhre	Aare	Seeausfluss
Pfaffnern +	Aare	West
Uerke	Aare	West
Möhlinbach +	Rhein	Jura
Sissle	Rhein	Jura
Surb	Aare	Ost
Jonen	Reuss	Freiamt
Furtbach	Limmat	Ost

3.3.2 Altersbestimmung

Die Schuppen wurden zur Altersbestimmung zuerst gereinigt und danach auf einen Objektträger geklebt. Anschliessend wurden die Proben mit einem Schuppenlesegerät vermessen. Fische bilden auf ihren Schuppen Wachstumsringe (Quist et al., 2012). Bei Fischschuppen nennt man diese Strukturen Circuli oder Skleriten (Abbildung 3-3).

Schwächt sich das Wachstum eines Fisches ab, werden die Abstände zwischen den Circuli kleiner und dichter. Passiert dies regelmässig, beispielsweise im Winter, nennt man diese Strukturen Annuli oder Jahrringe. Durch die Zählung der Annuli kann das Alter des Fisches bestimmt werden.

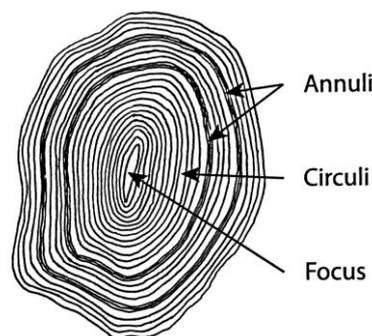


Abbildung 3-3: Schematische Darstellung einer Fischschuppe sowie die Bezeichnung ihrer Charakteristiken (Quelle: Quist et al. (2012); adaptiert).

3.3.3 Längenrückberechnung

Für die Längenrückberechnung wird vom Focus (Zentrum) der Abstand zum ersten Jahrring gemessen. Danach werden die Abstände von Jahrring zu Jahrring eruiert, bis das Ende der Schuppe erreicht ist. Zu diesem Zweck wurde von jedem Fisch eine gut lesbare Schuppe ausgewählt und fotografiert, um sie anschliessend digital zu vermessen.

Die Längenrückberechnung wurde nach der Methode von Dahl-Lea vorgenommen (Lea, 1910, Dahl, 1907). Voraussetzung dafür ist eine direkt proportionale Beziehung zwischen der Schuppenlänge (Radius) und der Totallänge der Fische einer bestimmten Population. Die Gleichung lautet:

$$L_i = L_c \left(\frac{S_i}{S_c} \right),$$

wobei L_i der rückberechneten Länge des Fisches am Annulus i , L_c der Totallänge des Fisches, S_i dem Radius der Schuppe an Annulus i und S_c dem Radius der Fische Schuppe entspricht.

Das Wachstum der verschiedenen Forellen- und Hechtpopulationen wurde anschliessend pro Jahrgang gemittelt und verglichen. Aus diesen Daten wurden danach die möglichen FMM berechnet (vgl. Kapitel 3.2).

3.4 Literaturstudie

Grundlage der Literaturstudie zu den einzelnen Fischarten waren kantonale, nationale sowie internationale Untersuchungen zu Wachstum, Geschlechtsreife und Fangmindestmassen. Es wurden in der Schweiz umfangreiche Studien zur Überprüfung der FMM, insbesondere für Äschen und Forellen, durchgeführt. Dies betrifft vor allem grössere Gewässer wie Flüsse und Seen. Eine kurze Übersicht zu den Resultaten der Studien findet sich in den jeweiligen Kapiteln, die nach Fischarten gegliedert sind. Für den Hecht lagen uns keine Studien aus der Schweiz vor. Hier wurden vor allem internationale Studien berücksichtigt.

Auf der Basis des Felchenmonitorings am Hallwilersee und dem Bericht «Barben in der Limmat» sowie kantonaler Gesetze und Verordnungen der Nachbarkantone wurden die Fangmindestmasse und Schonzeiten von Felchen und Barben überprüft und eine Empfehlung zur Anpassung formu-

liert (Kirchhofer, 2013, Vonlanthen und Polli, 2018).

Ausserdem wurden die Fangmindestmasse und Schonzeiten der Arten Aal, Egli (Flussbarsch), Karpfen, Schleie und Zander überprüft. Für Grenzgewässer kann eine Harmonisierung der Fangmindestmasse und Schonzeiten mit den Nachbarn sinnvoll sein. Der Strategieplan für das Fischereimanagement am Hochrhein fordert diese Harmonisierung der Fangmindestmasse und Schonzeiten (Dönni, in Arb.). Aus diesem Grund wurden die Gesetze und Verordnungen zu Fangmindestmassen und Schonzeiten der Nachbarkantone sowie für den Hochrhein die entsprechenden deutschen Gesetzgebungen zusammengetragen und mit dem Kanton Aargau verglichen. Aufgrund sämtlicher vorliegender Daten wurde anschliessend eine Empfehlung für die Schonbestimmungen erarbeitet.

4 Resultate und Diskussion

4.1 Atlantische Forelle [*Salmo trutta*]

Gefährdungstatus

- > See & Fluss: 2 (stark gefährdet)
- > Bach: 4 (potenziell gefährdet)

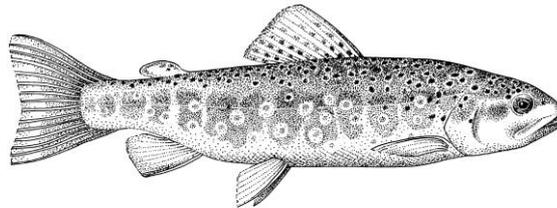


Abbildung 4-1: Darstellung einer Forelle (*Salmo trutta*). Zeichnung: Beatrice Gysin, Hinterkappelen (Publikation genehmigt durch Kanton Aargau).

4.1.1 Bestimmung Fangmindestmass

Bei der atlantischen Forelle kann zwischen der residenten Form, auch bekannt als Bachforelle, und den migrierenden Formen unterschieden werden (Meer-, Fluss- und Seeforellen). Bachforellen besiedeln von kühlen Bergbächen bis grossen Mittellandbächen und Flüssen ein breites Spektrum an Gewässern (Abbildung 4-1). Sie sind territorial und können ihr gesamtes Leben in einem bestimmten Abschnitt eines Baches verbringen. In Flüssen kann es durchaus vorkommen, dass neben migrierenden auch residente Forellen vorkommen. Residente und migrierende Forellen sind Kieslaicher. Sie legen ihre Brut in gut überströmte Bereiche kühler Bäche und Flüsse. Nur so werden die Eier ausreichend mit Sauerstoff versorgt. Im Frühjahr schlüpft die Brut. Mit ein bis zwei Jahren smoltifiziert ein Teil der Jungforellen und wandert in grössere Gewässer und Seen ab (migrierende Formen).

Bachforelle

Das Wachstum von Bachforellen ist vor allem abhängig von der Temperatur, der Dichte sowie den Nahrungsverhältnissen und beeinflusst die Geschlechtsreife (Elliott, 1994, Kottelat und Freyhof, 2007). Sie setzt zwischen dem zweiten und vierten Lebensjahr erstmals ein. In vielen Schweizer Gewässern werden Bachforellen grösstenteils im dritten Lebensjahr erstmals laichreif (Staub, 1985). Die Streuung ist allerdings gross. Die natürliche Mortalität von adulten Bachforellen liegt je nach Untersuchungen zwischen 50 und 70% pro Jahr (Staub, 1985).

Um der gewässermorphologischen Diversität im Kanton Aargau Rechnung zu tragen, sollte das unterschiedliche Wachstum der Forellenbestände bei den Fangmindestmassen berücksichtigt werden. Es kann zwischen kühlen Bächen (Jura, Oberläufe), mittleren und grösseren, wärmeren Bächen unterschieden werden. Zusätzlich gibt es im Kanton Aargau zwei Seeausflussgewässer (Aabach,

Suhre), die im Sommer sehr warm werden und eher der Barbenregion angehören.

Flussforelle

Der Gefährdungsstatus der Flussforelle liegt bei 2 (stark gefährdet). Diese Einschätzung wird durch den Kanton Aargau gestützt. Es finden sich nur noch wenig Flussforellen in den Anglerfängen an Aare, Limmat, Reuss und Rhein (persönliche Auskunft Fachstelle). Aus diesem Grund sollte sich ein Fangmindestmass an ökologischen Kriterien orientieren und möglichst alle Erstlaicher schützen.

Es ist nicht bekannt, wann Flussforellen im Aargau erstmals laichen. Daher wird davon ausgegangen, dass sich ihre Geschlechtsreife analog zu den Seeforellen entwickelt.

Seeforelle

Auch der Gefährdungsstatus der Seeforelle liegt bei 2 (stark gefährdet). Diese Einschätzung wird durch den Kanton Aargau gestützt. Anglerfänge am Hallwilersee sind rar (persönliche Auskunft

Fachstelle). Aus diesem Grund orientiert sich das Fangmindestmass an ökologischen Kriterien.

Seeforellen in der Schweiz erreichen ihre Geschlechtsreife frühestens im dritten, mehrheitlich aber im vierten bis sechsten Jahr (Marrer, 1976, Pedroli, 1982). Rogner in der Regel später als Milchner. Es gibt grössere Unterschiede zwischen den Populationen von verschiedenen Seen. Während am Bodensee die Seeforellen zumeist im fünften Lebensjahr erstmals ablaichen, laichen die Seeforellen des Neuenburgersees überwiegend erstmals im sechsten Lebensjahr ab (Pedroli, 1982, Ruhlé, 1982). Am Vierwaldstättersee hingegen setzt die Laichreife teilweise schon im dritten und mehrheitlich im vierten Jahr ein (Rippmann, 1982).

Wann die Seeforellen aus dem Hallwilersee erstmals ablaichen, ist unbekannt. Es wurden bisher keine Untersuchungen der Geschlechtsreife durchgeführt. Das ökologisch angepasste FMM wird daher in der Mitte des Spektrums angesetzt. Es sollen möglichst alle fünfjährigen Seeforellen geschont werden.

4.1.2 Analyse der Geschlechtsreife (Bachforelle)

Durch den gewählten Zeitpunkt der Befischungen Ende Oktober 2016, die Laichsaison der Forelle (Bäche) beginnt im November, konnten alle Fische einem Reifegrad von 1 (juvenil) oder einem Reifegrad zwischen 4 und 6 (laichreif oder kurz davor) zugeordnet werden. Total wurden am Möhlinbach 46 und an der Pfaffnern 56 Forellen auf ihre Laichreife untersucht.

Der Anteil der laichreifen 2⁺-Forellen der Pfaffnern liegt bei 82.3% (Abbildung 4-3). Am Möhlinbach liegt dieser Wert bei 88.5% (Abbildung 4-2). Das heisst, dass 10.5% der 2⁺-Forellen kurz vor der Laichsaison am Möhlinbach nicht laichreif sind und mit grosser Wahrscheinlichkeit erst als 3⁺-

Forellen laichen werden. Beim Forellenbestand der Pfaffnern sind im Jahrgang 2⁺ 17.7% der Fische nicht laichreif. Die Entwicklung der Geschlechtsreife verläuft am Möhlinbach und in der Pfaffnern sehr ähnlich (vgl. Anhang).

Diese Resultate sind mit älteren Erkenntnissen vergleichbar (Marrer, 1976). Forellen werden in kleinen Fliessgewässern, die nicht sehr kalt sind, in der Regel im dritten Lebensjahr geschlechtsreif, ein Teil erst im Verlauf des vierten Lebensjahres.

Die durchschnittliche Länge aller nicht laichreifen Forellen im 2⁺-Jahrgang, insgesamt 62 Tiere, beträgt 236.3 mm (Möhlinbach 224 mm; Pfaffnern

240 mm). Bei den geschlechtsreifen 2⁺-Forellen lag die mittlere Totallänge bei 245.8 mm (Möhlinbach 232.3 mm, Pfaffnern 256 mm). Damit zeigt sich, dass die laichreifen Forellen ein etwas schnelleres Wachstum aufweisen. An der Pfaffnern liegt die mittlere Länge von laichreifen Milchnern bei 264 mm, die mittlere Länge bei den laichreifen Rognern bei 250 mm.

Die maximale Länge der dreijährigen Forellen (2⁺-Forellen) liegt bei 307 mm. Ein ökologisch angepasstes Schonmass läge für die Pfaffnern folglich bei 31 cm. Die maximale Länge der 2⁺-Forellen am Möhlinbach lag bei 272 mm. Das ökologisch angepasste Schonmass für die Forellen des Möhlinbachs läge daher bei 27 cm.

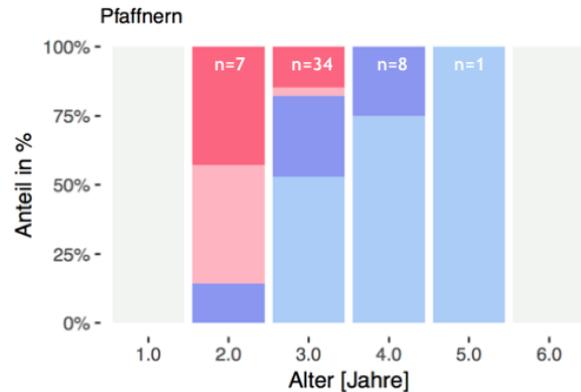
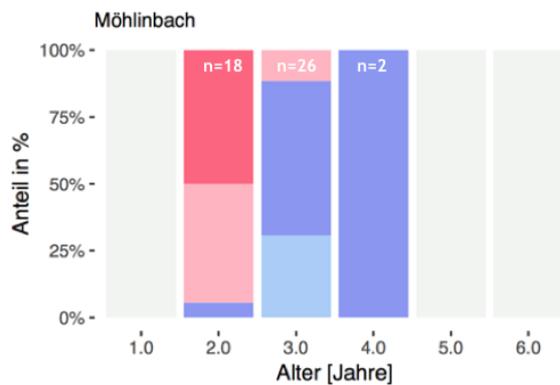
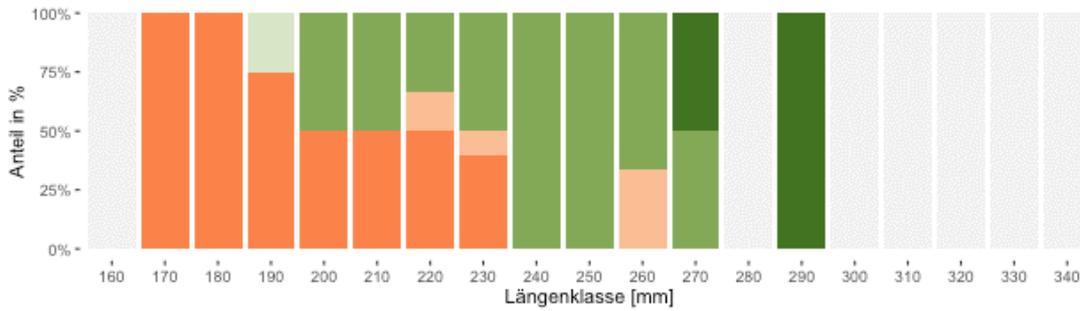


Abbildung 4-2 (links): Darstellung der Anteile (in %) der nicht laichreifen (rot) und laichreifen (blau) Forellen pro Altersklasse der beprobten Forellen vom Möhlinbach (n=46). Grau dargestellt sind Altersklasse, bei denen keine Daten vorlagen.

Abbildung 4-3 (rechts): Darstellung der Anteile (in %) der nicht laichreifen (rot) und laichreifen (blau) Forellen pro Altersklasse der beprobten Forellen aus der Pfaffnern (n=50). Grau dargestellt sind Altersklasse, bei denen keine Daten vorlagen.

Möhlinbach



Pfaffnern

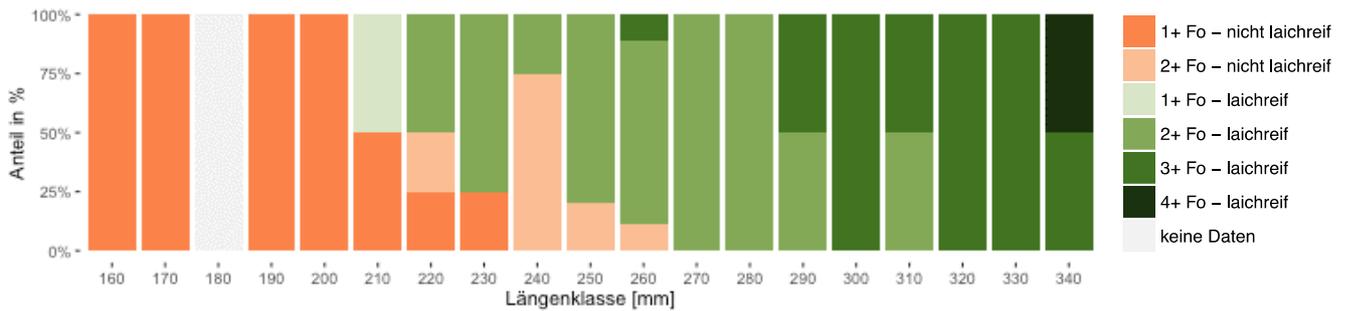


Abbildung 4-4 (oben): Prozentuale Anteile nach Längenklassen von laichreifen (grün) und nicht laichreifen (orange) Tieren bei den Forellen am Möhlinbach. Grau markieren Längenklassen, bei denen keine Fische gefangen werden konnten. Die fehlenden Altersangaben von 10 Fischen wurden anhand der Alters-Längen-Beziehung für diese Grafik berechnet (n=46).

Abbildung 4-5 (unten): Prozentuale Anteile nach Längenklassen von laichreifen (grün) und nicht laichreifen Tieren (orange) bei den Forellen an der Pfaffnern. Grau markieren Längenklassen, bei denen keine Fische gefangen werden konnten. Die fehlenden Altersangaben von 9 Fischen wurden anhand der Alters-Längen-Beziehung für diese Grafik berechnet (n=54).

4.1.3 Wachstumsanalyse (Bachforelle)

Die Resultate der Längenrückberechnungen zeigen, dass sich das Wachstum der untersuchten Forellenbestände (Bäche) im Kanton Aargau leicht unterscheidet (Tabelle 4-1). Die Populationen der Jonen, Uerke, Suhre und dem Furtbach haben im Vergleich zu den anderen Forellenbeständen ein etwas rascheres Wachstum. Die Forellenbestände der Pfaffnern und Sissle zeigen ein mittleres Wachstum. Schliesslich haben die Forellen vom Möhlinbach und der Surb ein vergleichsweise langsames Wachstum. In wärmeren, produktiveren Gewässern wie der Suhre wachsen Forellen erwartungsgemäss etwas schneller als in kühleren, kleineren Gewässern wie dem Möhlinbach.

Die Resultate der Altersbestimmungen und der Längenrückberechnungen sind in Abbildung 4-6

und Tabelle 4-1 dargestellt. Eingezeichnet sind in der Abbildung 4-6 neben den durchschnittlichen Längen pro Altersklasse für die untersuchten Gewässer auch das heute gültige minimale, bundesrechtliche Fangmindestmass von 22 cm. Die durchschnittliche Länge aller untersuchten Forellen am Ende des dritten Lebensjahres beträgt 253 mm. Die Wachstumskurven der einzelnen Populationen finden sich im Anhang.

Das Fangmindestmass für Forellen berechnet nach dem Fangoptimum bei tiefem Befischungsdruck bewegt sich im Kanton Aargau zwischen 24 und 28 cm. Das ökologisch angepasste Schonmass liegt zwischen 27 und 32 cm.

Tabelle 4-1: Resultate der Längenrückberechnungen für die verschiedenen Forellengewässer (Bäche) und das entsprechende Fangmindestmass (n=Anzahl).

Gewässer	1. Jahr [mm]	2. Jahr [mm]	3. Jahr [mm]	4. Jahr [mm]	5. Jahr [mm]	Fangoptimum ¹ [cm]	ökologisch angepasstes Schonmass ¹ [cm]	n
Jonen	113.0	222.0	279.8	315.6	-	(28-30)	(31)	(19)
Uerke	107.3	204.3	279.5	318.4	-	(28-30)	(30)	(13)
Suhre	105.7	199.2	278.4	290.0	-	28-30	32	26
Furtbach	110.2	206.1	268.4	290.8	320.5	(27-28)	(29)	(16)
Pfaffnern	101.3	199.1	254.8	308.3	340.0	25-28	31	48
Sissle	100.8	179.8	254.3	334.9	-	25-29	29	29
Surb	96.8	166.7	239.1	291.4	340.8	24-27	28	27
Möhlinbach	99.9	187.7	231.5	-	-	24-26 ²	27	36

() In Klammern sind Forellenbestände, für die weniger als 20 Individuen untersucht wurden - hier ist die Aussagekraft entsprechend geringer.

¹vgl. Kapitel 3.2

²FMM Möhlinbach berechnet auf der Basis der Wachstumsperiode der Surb (Wachstum ähnlich).

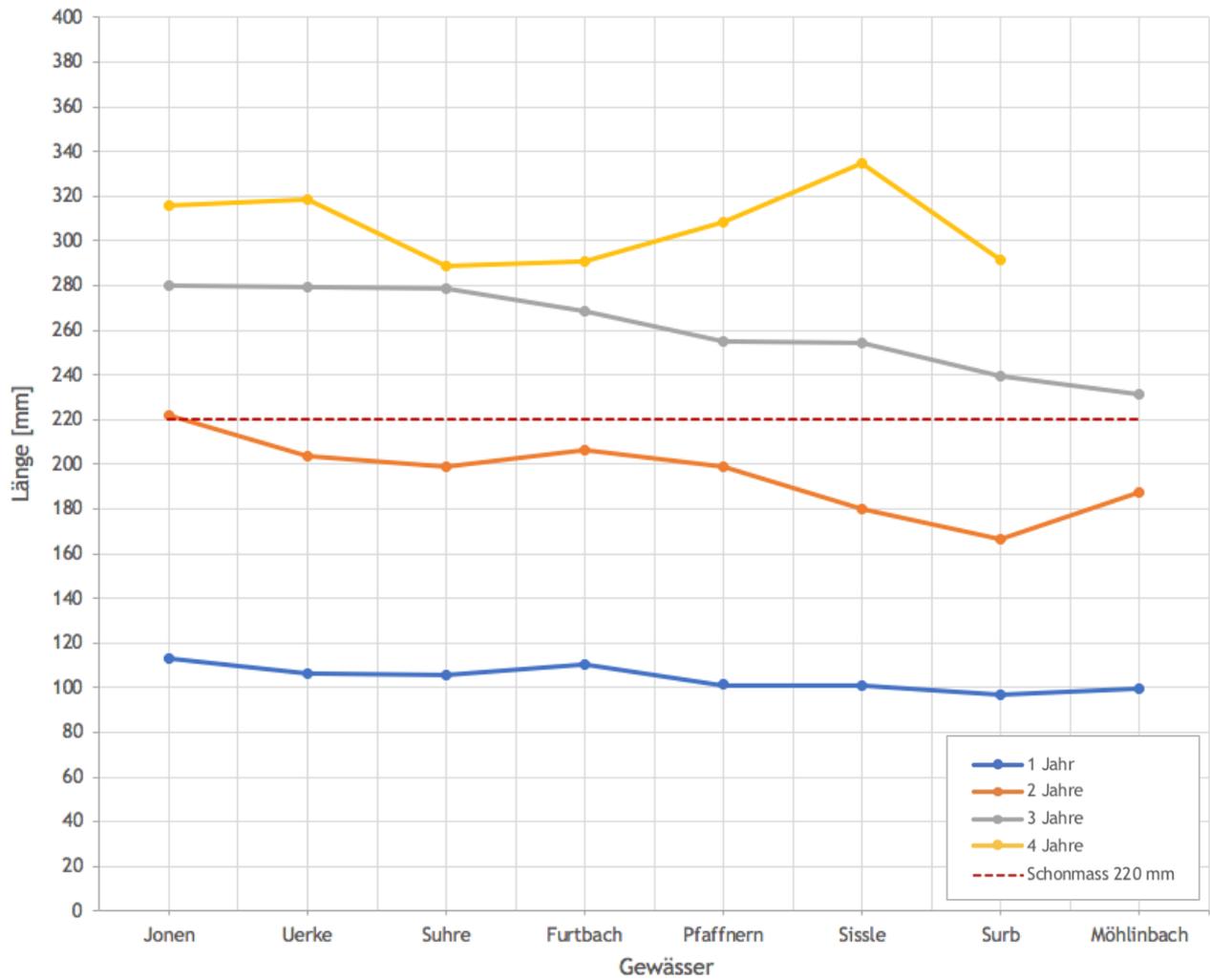


Abbildung 4-6: Die Resultate der Altersbestimmung und Längenrückberechnung für die untersuchten acht Bäche. Angegeben ist die durchschnittliche Länge pro Jahrgang. Daneben ist das aktuelle Fangmindestmass von 220 mm angegeben (gestrichelte Linie)

4.1.4 Weitere Wachstumsanalysen (Fluss- und Seeforelle)

Neben den Forellenschuppen aus Bächen hat der Kanton Aargau auch Schuppen von Forellen aus dem Hallwilersee, der Aare und der Limmat gesammelt. Die Anzahl Proben pro Population ist allerdings gering ($n < 20$), weshalb Resultate der Längenrückberechnungen mit Vorsicht zu interpretieren sind. Dennoch können die Daten zeigen, wie sich das Wachstum von einzelnen Fischen dieser Populationen verhält. Die Ergebnisse der Längenrückberechnungen sind in Tabelle 4-2 aufgelistet.

Am höchsten ist die durchschnittliche Jahresendlänge bei den vierjährigen Forellen vom Hallwilersee (475 mm), gefolgt von den Aareforellen (414 mm) und den Limmatforellen (378 mm). Die Einzeltiere der verschiedenen Gewässer zeigen eine hohe Streuung beim Wachstum.

Das ökologisch angepasste Schonmass für Flussforellen orientiert sich wie bei den Seeforellen an

den am schnellsten wachsenden fünfjährigen Tieren. Um den gesamten Jahrgang 4⁺ zu schützen, müsste das ökologisch angepasste Schonmass für die Flussforelle je nach Gewässer mindestens 44 bis 55 cm betragen (Limmat resp. Aare).

Da aus dem Hallwilersee keine Schuppenproben von fünfjährigen Seeforellen vorlagen, kann keine Aussage zum individuellen Wachstum von Seeforellen für die Jahresendlänge des fünften Jahres gemacht werden. Orientiert sich ein mögliches Schonmass an der maximalen Länge von vierjährigen Seeforellen, so müsste das FMM bei mindestens 52 cm liegen. Rechnet man zur maximal gemessenen Jahresendlänge von vierjährigen Forellen eine Wachstumsperiode aus dem Vorjahr hinzu, müsste ein ökologisch angepasstes FMM bei ca. 63 cm liegen. Dieser berechnete Wert überschätzt allerdings das Wachstum, da dieses natürlicherweise mit dem Alter abnimmt.

Tabelle 4-2: Resultate der Längenrückberechnungen von Forellen aus dem Hallwilersee, der Aare und der Limmat.

Gewässer	1. Jahr [mm]	2. Jahr [mm]	3. Jahr [mm]	4. Jahr [mm]	5. Jahr [mm]	Fangoptimum ¹ [cm]	ökologisch angepasstes Schonmass ¹ [cm]	n
Aare	99.3	267.2	353.2	414.3	549.4	-	(55)	(5)
Limmat	95.3	210.9	310.7	378.7	436.8	-	(44)	(11)
Hallwilersee	119.3	246.6	372.4	475.3	-	-	-	(4)

() In Klammern sind Forellenbestände, für die weniger als 20 Individuen untersucht wurden - hier ist die Aussagekraft geringer.

¹vgl. Kapitel 3.2

4.1.5 Fangmindestmasse

Übersicht

In Tabelle 4-3 sind die Fangmindestmasse und Schonzeiten der Nachbarkantone sowie Schaffhausen und Baden-Württemberg (Deutschland) ersichtlich. Dabei fällt auf, dass das Fangmindestmass für Forellen im Bach oft beim bundesrechtlichen Minimum von 22 cm liegt. Zwei Erklärungen kommen dafür in Betracht: Erstens sind Oberläufe von kleinen Bächen eher kühl, weshalb deren Forellen ein geringes Wachstum aufweisen; Zweitens ist der Befischungsdruck in vielen kleinen Gewässern oft eher klein. Deshalb wird in verschiedenen Kantonen auf ein höheres Fang-

mindestmass verzichtet (z.B. Kanton Bern, Auskunft kantonale Fachstelle).

In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft gelten höhere Fangmindestmasse für Forellen aus Bächen (26 resp. 28 cm). Auch Baden-Württemberg hat mit 25 cm ein höheres Fangmindestmass. An den Flüssen sieht das Bild anders aus, kein Kanton wendet das bundesrechtliche Minimum von 22 cm an. Die Bereiche der angewandten Fangmindestmasse liegen zwischen 28 bis 35 cm. An den Seen gelten Fangmindestmasse zwischen 35 und 50 cm.

Tabelle 4-3: Übersicht zu den erlassenen Fangmindestmassen der Kantone und des Bundes sowie zu den Schonzeiten von Forellen.

Gebiet	Bachforelle	Flussforelle	Seeforelle
Bund	22	22	35
Kanton Aargau	22	28	35
Kanton Basel-Landschaft	28	35	-
Kanton Basel-Stadt	26 Wiese/Birs	35	-
Kanton Bern	22-26	24-34	45
Kanton Luzern	22	35	35
Kanton Schaffhausen	22	30	-
Kanton Solothurn	22-26	28	-
Kanton Zürich	22	25-35	40
Baden-Württemberg (DE)	25 unterhalb 800 m.ü.M.	28 Hochrhein	50

BACHFORELLE

Kanton Bern

1988 wurden die Fangmindestmasse für die Pachtstrecken im Kanton Bern flächendeckend erarbeitet (Auskunft Fischerei Fachstelle, Erhebungen nicht publiziert). Seitdem werden diese situativ und wenn notwendig angepasst. Bäche im Oberaargau haben oft FMM von 22 cm. In der Emme gilt ein FMM von 26 cm.

Kanton Solothurn

Im Kanton Solothurn wurde das Fangmindestmass der Bachforelle in der Emme überprüft (Auskunft kantonale Fachstelle: Erhebung nicht publiziert). Das ökologisch angepasste Schonmass würde laut der Studie bei einer Totallänge von 31 cm liegen. Auf der Basis des Fangoptimums müsste das Fangmindestmass zwischen 28 und 30 cm liegen. Die Empfehlungen des Berichtes kamen allerdings nie zur Anwendung, da eine Harmonisierung des

Fangmindestmasses mit dem Kanton Bern umgesetzt wurde (FMM 26 cm).

Kanton Glarus

Der Kanton Glarus liess das Fangmindestmass von Forellen in Bächen überprüfen (Burki, 2009). Dabei wurde eine Reduktion des Fangmindestmasses von 25 auf 23 cm vorgeschlagen. Bestimmt wurde diese Empfehlung auf der Grundlage des Fangoptimums bei hohem Befischungsdruck (durchschnittliche Länge der dreijährigen Forellen plus ½-Wachstumsperiode). Zudem wurde die Geschlechtsreife von Forellen überprüft, wobei man zur Erkenntnis gelangte, dass mit einem Fangmindestmass von 23 cm 58% der geschlechtsreifen 3-jährigen Forellen geschützt werden. Offenbar

FLUSSFORELLE

Kanton Bern

Das FMM für die Forellen zwischen Bielersee bis zur Kantonsgrenze in Murgenthal liegt bei 28 cm. Dieses FMM geht ebenfalls auf die Untersuchungen von 1988 zurück (vgl. Bachforelle). Ausserdem hat der Kanton Bern den Gewässerzustand des Aaretals untersuchen (Escher et al., 2013). Dabei wurde auch das Fangmindestmass für Forellen in der Aare zwischen Thun und Bern analysiert. Die Autoren der Studie kamen zum Schluss, dass das aktuelle Fangmindestmass zu klein ist und angehoben werden sollte. Das schnellere Wachstum der Aareforellen zwischen Thun und Bern wird auf den Klimawandel, der die Wassertemperaturen erhöht, und die niedrigen Fischdichten zurückgeführt. Der Kanton hat in der Folge das Fangmindestmass ab Ausfluss Thunersee bis zum Stauwehr des Wohlensees für Forellen auf 34 cm angehoben. Dies entspricht ungefähr der mittleren Jahresendlänge der residenten Forellen im Jahrgang 2⁺ und wurde folglich auf der Basis des Fangoptimums für niedrigen Befischungsdruck berechnet

werden viele Forellen im Kanton Glarus erst im vierten Jahr geschlechtsreif.

Kanton Tessin

Untersuchungen im Kanton Tessin ergaben, dass ein Fangmindestmass von 24 cm für die Forellen der Maggia nicht ausreicht (Peter und Schölzel, 2017). Im 2⁺ Jahrgang wurden 39.6% der Forellen laichreif, im 3⁺ Jahrgang lag der Anteil der laichreifen Forellen bei 54.2%. Laichreife Forellen hatten eine durchschnittliche Länge von 264 mm. Das tief angesetzte FMM könnte gemäss Autoren dazu beigetragen haben, dass die Forellenbestände der Maggia zusammengebrochen sind. Eine Anpassung des FMM wurde bisher aber nicht vorgenommen.

(vgl. Kapitel 3.2). Das ökologisch angepasste FMM läge gemäss den Daten bei etwa 46 cm (Schutz aller 2⁺-Forellen).

Rhein

Grosse Forellen im Hochrhein sind auch unter dem Namen «Rheinlanken» bekannt (Dönni, in Arb.). Ob sie eine eigenständige Population bilden, ist unbekannt. Der Strategieplan für den Hochrhein schlägt eine Harmonisierung des Fangmindestmasses für die Forelle im Hochrhein vor. Das FMM soll demnach bei 35 cm liegen, obwohl in Betracht gezogen wird das FMM höher anzusetzen (Auskunft Kantonale Fachstelle). Es wird entsprechend vorgeschlagen das Wachstum und die Geschlechtsreife der Rheinlanken zu untersuchen.

Für die Forellen des Alpenrheins gelten die gleichen FMM wie für die Bodensee-Seeforellen (50 cm). Auf diese Weise wird die migrierende Form der atlantischen Forelle auch im Fließgewässer geschützt.

SEEFORELLE

Kanton Zürich

Der Kanton Zürich hat die Fangmindestmasse von Seeforellen auf der Basis von eigenen Untersuchungen und Master- resp. Diplomarbeiten überarbeitet (Kanton Zürich, 2010). Es konnte nachgewiesen werden, dass mit einem Fangmindestmass von 40 cm nur kleine Erstlaicher geschützt werden. Der grösste Teil der erstlaichenden Seeforellen war um 44 cm lang. Das ökologisch angepasste FMM würde wahrscheinlich höher liegen. Das Fangmindestmass wurde aufgrund des tiefen Befischungsdruckes für die Seeforelle im Kanton Zürich auf 40 cm angehoben.

Bodensee

Aktuelle Untersuchungen vom Bodensee zeigen, dass erst ab 65 cm alle Rogner laichreif sind (Rey, 2017). Milchner sind ab 60 cm zu 90% laichreif. Länderübergreifend gilt für die Seeforelle momentan ein FMM von 50 cm, auch in vielen Zuflüssen. Aufgrund dieser Angaben läge das ökologisch angepasste Fangmindestmass am Bodensee bei 65 cm.

Bachforelle

➤ Anhebung auf 24 bis 30 cm (je nach Gewässertyp/Befischungsintensität)

Das heute gültige Schonmass von 22 cm ist für alle untersuchten Bäche aus ökologischer Sicht zu niedrig. Das ökologisch angepasste Schonmass liegt je nach Bach zwischen 27 und 32 cm. Aufgrund des hohen zu erwartenden Fangrückganges bei einer starken Erhöhung des FMM und eher geringem Befischungsdruck in Pachtgewässern scheint eine moderate Erhöhung jedoch angebracht. Diese Erhöhung orientiert sich am Fangoptimum (vgl. Kapitel 3.2). Je nach Produktivität der einzelnen Gewässer wird empfohlen, das FMM auf 24 bis 28 cm anzuheben (vgl. Tabelle 4-1). Wird der Befischungsdruck höher eingestuft, kann das FMM um weitere 2 cm erhöht werden.

Schonmass je nach Befischungsintensität:

- kühler Bach niedriger Produktivität: 24 bis 26 cm
- wärmerer Bach mittlerer Produktivität: 26 bis 28 cm
- warmer Seeausfluss, Bach hoher Produktivität: 28 bis 30 cm

Flussforelle

➤ Anhebung auf mindestens 44 cm)

Das aktuelle FMM von 28 cm ist zu tief. Damit werden keine der untersuchten 4⁺-Forellen geschont. Da es sich bei der Flussforelle um eine stark gefährdete Lebensform der Forelle handelt, sollten ökologische Aspekte bei der Festlegung des FMM im Vordergrund stehen. Das ökologisch angepasste FMM läge je nach Gewässer zwischen 44 und 55 cm. Möchte man möglichst viele 4⁺-Flussforellen schützen, sollte das FMM folglich für den Kanton Aargau mindestens 44 cm betragen. Es lagen jedoch nur sehr wenig Daten zur Überprüfung des FMM vor.

Seeforelle

➤ Anhebung auf mindestens 52 cm)

Das individuelle Wachstum von einzelnen Forellen aus dem Hallwilersee weist darauf hin, dass das heute gültige Fangmindestmass von 35 cm zu niedrig ist. Vierjährige Tiere waren maximal 52 cm lang, im Mittel waren sie 48 cm. Längen von fünfjährigen Forellen lagen nicht vor, liegen aber bestimmt höher (52 bis 60 cm). Da Seeforellen eher selten sind, sollte der Befischungsdruck auf einem niedrigen Niveau gehalten werden. Das FMM für die Seeforellen des Hallwilersees sollte daher auf mindestens 52 cm angehoben werden. Es lagen jedoch nur sehr wenig Daten zur Überprüfung des FMM vor.

4.1.6 Schonzeit

Bundesrechtlich muss die Forelle während mindestens 16 Wochen in den Bächen und mindestens 12 Wochen in den Flüssen und Seen geschont werden (Tabelle 4-3). In den meisten Kantonen werden sie zwischen Anfang Oktober und Ende Februar vom Fang ausgenommen. Der Kanton Bern kennt eine verlängerte Schonzeit bis Ende März für die meisten Gewässer. Abweichende Bestimmungen gelten an den grossen Seen, von Anfang September bis Ende Januar, und an einzelnen grösseren Fließgewässern wie beispielsweise der Emme (ab 15.9.). Im Kanton Zürich werden Seeforellen von Anfang Oktober bis zum 25. Dezember geschützt.

Es deutet wenig darauf hin, dass sich die Laichzeit der Forellen in den letzten Jahren signifikant verändert hat. Die aktuelle Schonzeit deckt sich mit den Erkenntnissen aus dem Bericht zur Laich-

grubenkartierung der Bäche im Kanton Aargau (Kreienbühl et al., 2017). Ende Januar haben die meisten Forellen abgelaicht, nur vereinzelt wurde noch Laichaktivität im Februar beobachtet. Der Höhepunkt der Laichsaison liegt im Dezember, wobei eine hohe Laichaktivität auch im November beobachtet wurde. Im Oktober wurden keine Begehungen durchgeführt, es kann deshalb nicht ausgeschlossen werden, dass in kühlen Gewässern schon im Oktober gelaicht wird. Die Laichgebiete der Forellen dürfen während der Monate Dezember bis April nicht betreten werden (§20 Abs. 4 AFV).

In der strategischen Planung der Fischereikommision des Hochrheins wird eine Schonzeit von Anfang Oktober bis Ende Februar empfohlen, wie es in den meisten Kantonen bereits gehandhabt wird.

Tabelle 4-4: Übersicht zu den erlassenen Schonzeiten der Forelle der Kantone und des Bundes, sowie Baden-Württemberg (DE).

Gebiet	Bach	Fluss	See
Bund	min. 16 Wochen	min. 12 Wochen	
Kanton Aargau	1.10.-28/29.2.		
Kanton Basel-Landschaft	1.10.-28/29.2.		-
Kanton Basel-Stadt	1.10.-28/29.2.		-
Kanton Bern	1.10.-15.3		1.9.-31.1.
Kanton Luzern	1.10.-31.1.		1.10.-25.12.
Kanton Schaffhausen	1.10.-28/29.2.		-
Kanton Solothurn*	1.10.-15.3.		-
Kanton Zürich	1.10.-28/29.2.		1.10.-25.12.
Baden-Württemberg (DE)	1.10.-28/29.2.		

Schonzeit Forellen

● keine Anpassung

Wird eine Harmonisierung der Schonzeit der Forelle angestrebt, kann die sie im Kanton Aargau wie bisher von Anfang Oktober bis Ende Februar belassen werden. Diese Schonzeit deckt sich mit den Anrainern am Hochrhein und schützt die Forelle während der Laichzeit ausreichend.

Von 1. Dezember bis 31. März gilt bei ausgeschiedenen Laichgebieten der Forellen ein Betretverbot. Es ist zu prüfen, ob sich die Eröffnung der Forellensaison und das Betretungsverbot gegenseitig tangieren. Einige Pächter von staatlichen und Inhaber von privaten Fischereirevieren beginnen bereits heute nicht vor April mit der Fischerei in den Bächen (Auskunft kantonale Fachstelle).

4.2 Hecht [*Esox lucius*]

Gefährdungstatus: NG (nicht gefährdet)

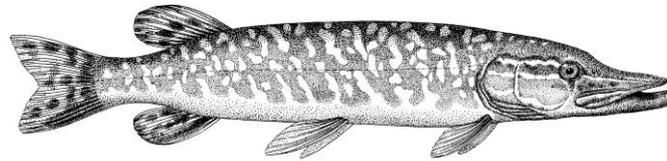


Abbildung 4-7: Darstellung eines Hechts (*Esox lucius*). Zeichnung: Beatrice Gysin, Hinterkappelen (Publikation genehmigt durch Kanton Aargau).

4.2.1 Bestimmung Fangmindestmass

Der Hecht (*Esox lucius*) wird in unseren Breiten-graden im Alter zwischen zwei und drei Jahren erstmals geschlechtsreif, selten auch schon mit einem Jahr (Owens und Pronin, 2000, Bregazzi und Kennedy, 1980, Lorenzoni et al., 2002, Epler et al., 2008, Mann, 1976, Marrer, 1976). Verschiedene Studien weisen den Anteil der laichreifen Hechte im Alter von 1+ Jahren bei 75 bis 95% aus. Als dreijährige Fische sollten schliesslich die meisten Hechte mindestens einmal abgelaicht haben. Gleichaltrige geschlechtsreife Hechte sind durchschnittlich grösser als nicht-laichreife Tiere. Nach Erreichen der Geschlechtsreife wachsen Rogner schneller als Milchner (Casselmann, 1996, Frost und Kipling, 1959). Deshalb nimmt die Variabilität des Längenwachstums ab dem dritten Lebensjahr bei den Hechten stark zu. Die jährliche natürliche Mortalitätsrate von adulten Hechten liegt durchschnittlich zwischen 53 und 57% (Bregazzi und Kennedy, 1980, Mann, 1976). Milch-

ner haben allerdings üblicherweise eine deutlich höhere Mortalitätsrate als Rogner. Die jährliche Überlebensrate liegt bei Milchnern bei 42 bis 45%, bei Rognern bei 62 bis 63%. Die natürlichen Mortalitätsraten von adulten Forellen liegen etwas höher, je nach Untersuchungen zwischen 50 und 70% (Staub, 1985). Der erwähnte Effekt des Fangrückgangs bei einer Erhöhung des Fangmindestmasses, wie in BAFU (2005) beschrieben, könnte beim Hecht daher etwas tiefer ausfallen.

Ein optimal angepasstes Fangmindestmass kann mit dieser Studie nicht festgelegt werden. Es fehlen die Angaben zur Entwicklung der Laichreife. Es ist jedoch davon auszugehen, dass schnell wachsende Hechte bereits als 1⁺-Fische erstmals ablaichen. Nach dem dritten Lebensjahr sollten alle Hechte erstmals abgelaicht haben. Ein ökologisch angepasstes Schonmass schützt folglich alle 2⁺-Hechte.

4.2.2 Resultate Wachstumsanalyse

Der Kanton Aargau lieferte zur Wachstumsanalyse Hechtschuppenproben aus dem Hallwilersee und der Aare. Die Resultate der Längenrückberechnungen sind in Tabelle 4-5 dargestellt. Nach dem

ersten Jahr sind die Hechte am Hallwilersee noch leicht grösser als die Hechte aus der Aare (ca. 10 mm). Danach holen die Aarehechte aber auf und zeigen insgesamt ein leicht schnelleres

Wachstum (Abbildung 4-8). Die Jahresendlängen des 2⁺-Jahrganges (3.0 Jahre) der Hechte aus dem Hallwilersee liegen durchschnittlich bei einer Totallänge von 440.1 mm. Im gleichen Alter sind die Hechte der Aare im Mittel 461.4 mm lang.

Ein ökologisch angepasstes Schonmass, das alle Erstlaicher schützt, läge für die Hechte aus der

Aare bei 53 cm und für die Hechte aus dem Hallwilersee entsprechend bei 50 cm. Berechnet nach dem Fangoptimum läge das FMM an der Aare zwischen 46 und 52 cm. Am Hallwilersee läge dieses je nach Befischungsdruck zwischen 44 und 49 cm.

Tabelle 4-5: Die Resultate der Längenrückberechnungen für die ersten drei Jahre der Hechtpopulationen aus dem Hallwilersee und aus der Aare.

Alter [Jahre]	Aare (n=28)			Hallwilersee (n=25)		
	1.0	2.0	3.0	1.0	2.0	3.0
Mittelwert [mm]	199.7	348.3	461.4	210.7	346.3	440.1
Minimum [mm]	142.0	285.9	393.1	141.2	283.0	350.0
Maximum [mm]	265.7	420.1	525.7	268.3	426.8	500.0

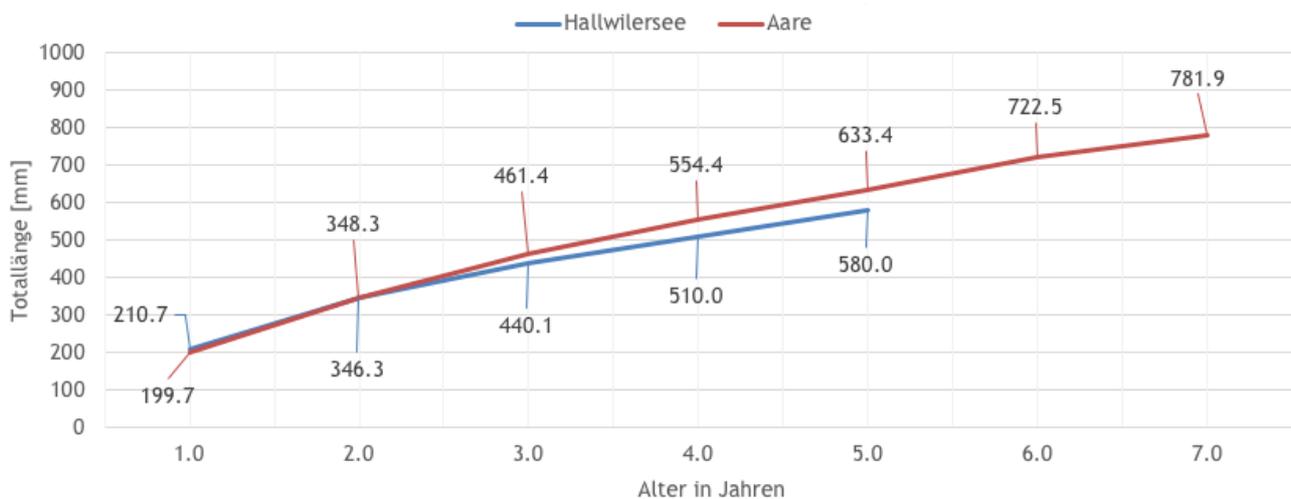


Abbildung 4-8: Resultate der Längenrückberechnungen für die Hechtpopulationen vom Hallwilersee (rot) und der Aare (rot). Die Kurven zeigen die mittleren Totallängen der Fische pro Jahrgang.

Das Wachstum der Hechte aus dem Kanton Aargau ist damit vergleichbar mit anderen Gewässern in Europa (Tabelle 4-6). Weder die Hechtpopulation

der Aare noch die vom Hallwilersee zeigen ein extrem hohes oder niedriges Wachstum.

Tabelle 4-6: Totallängen pro Altersklasse von Hechten an verschiedenen Gewässern in Europa (Quellen: adaptiert (Owens und Pronin, 2000, Lorenzoni et al., 2002, Mann, 1976)).

Land	Gewässer	1 Jahr	2 Jahre	3 Jahre	4 Jahre
England	Stour (Fliessgewässer)	25 cm	40 cm	52 cm	58 cm
Polen	Wisla (Fliessgewässer)	21 cm	31 cm	41 cm	50 cm
Irland	Brosna (Fliessgewässer)	17 cm	32 cm	43 cm	
England	Lake Windermere	23 cm	40 cm	53 cm	62 cm
Italien	Lago Trasimeno	20 cm	31 cm	41 cm	53 cm
Russland	Baikalsee	24 cm	44 cm	58 cm	68 cm
Schweiz	Aare	20 cm	35 cm	46 cm	55 cm
Schweiz	Hallwilersee	21 cm	35 cm	44 cm	51 cm

4.2.3 Fangmindestmass und Schonzeit

Auf Bundesebene gibt es keine Gesetzesvorschriften zum Schutz des Hechts (Tabelle 4-7). Da der Hecht jedoch eine fischereilich beliebte Art ist, verfügen dennoch viele Kantone über ein FMM sowie eine Schonzeit. Im Kanton Aargau gilt wie in den Kantonen der beiden Basel ein Fangmindestmass von 50 cm. Die restlichen Kantone verlangen ein minimales Fangmass von 45 cm. Die

Schonzeiten sind ein wenig variabler gestaltet. Im Aargau gilt heute eine Schonzeit von Anfang Februar bis Ende April. Die Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt schützen die Hechte von Mitte Februar bis Mitte Mai. Eine Ausnahme bildet der Kanton Luzern, hier steht der Hecht ausschliesslich im See unter Schutz (Fangmindestmass und Schonzeit).

Tabelle 4-7: Übersicht zu den erlassenen Fangmindestmassen [FMM] der Kantone und des Bundes sowie zu den Schonzeiten von Hechten. Es gibt kein bundesrechtliches FMM.

Hecht	Fangmindestmass [cm]	Schonzeit
Bund	-	-
Kanton Aargau	50	1.2.-30.4.
Kanton Bern	45	1.3.-30.4.
Kanton Solothurn	45	1.3.-30.4.
Kanton Basel-Landschaft	50	15.2.-15.5.
Kanton Zürich	45 (Zürichsee kein FMM)	1.3.-30.4.
Kanton Basel Stadt	50	15.2.-15.5.
Kanton Schaffhausen	45	1.3.-30.4.
Kanton Luzern	45 See	15.3.-30.4. See
Baden-Württemberg (DE)	50	15.2.-15.5.

Hochrhein

Der Strategieplan für den Hochrhein schlägt eine Harmonisierung des Fangmindestmasses für den Hecht vor (Dönni, in Arb.). Demnach soll der

Hecht mit einem Fangmindestmass von 50 cm geschützt werden.

Unterscheidung des Fangmindestmasses in Seen und Flüssen

In einer grossen Metastudie wurde, unter anderem, weltweit das Wachstum des Hechts verglichen (Rypel, 2012). Es konnte kein signifikanter Unterschied zwischen dem Wachstum von Hechten aus fliessenden und stehenden Gewässern

festgestellt werden. In beiden Gewässertypen ist die Streuung der Längen der Individuen pro Altersklasse sehr hoch. Das heisst, dass man nicht davon ausgehen kann, dass Hechte aus Seen systematisch grösser werden als Hechte aus Flüssen.

Schonzeit

Beim Kanton Aargau gingen in den letzten Jahren immer wieder Meldungen ein, dass im Mai noch eiertragende Rogner gefangen wurden (persönliche Mitteilung kantonale Fachstelle). Aus diesem Grund wird von Seiten des Kantons eine Verschiebung der Schonzeit angestrebt. Einerseits möchte

man den Hecht im Mai vermehrt schützen, andererseits soll dafür im Februar länger auf den Hecht gefischt werden können.

Die Laichfischfänge am Hallwilersee fanden in den letzten Jahren während der Zeit um Mitte April statt.

Empfehlungen

Fangmindestmass: Hecht Fluss und See

- keine Änderung (50 cm)

Die Untersuchung der Hechtschuppen haben ergeben, dass berechnet nach dem Fangoptimum das FMM an der Aare zwischen 46 und 52 cm liegen würde. Am Hallwilersee läge dieses je nach Befischungsdruck zwischen 44 und 49 cm. Ein ökologisch angepasstes FMM läge zwischen 50 und 53 cm. Der Unterschied zwischen den beiden Populationen ist nicht sehr gross, entsprechend kann auf die Einführung von separaten Fangmindestmassen für Fluss und See verzichtet werden. Da die Hechte als nicht gefährdet gelten, kann das FMM auf 50 cm belassen werden. So können die meisten Hechte zumindest einmal in ihrem Leben laichen.

Schonzeit: Hecht Fluss und See

- ➔ Verschiebung: 15. Februar bis 15. Mai.

Um das Laichgeschäft der Hechte besser zu schützen, wird aufgrund der Erfahrungen aus dem Laichfischfang des Kantons Aargau eine Verschiebung der Hechtschonzeit vorgeschlagen. Einerseits soll die Schonzeit bis mindestens Mitte Mai verlängert werden, um Spätlaicher besser zu schützen. Andererseits soll der Hechtfang bis Mitte Februar erlaubt werden, um die Angelfischerei nicht unnötig einzuschränken. Die Länge der Schonzeit bleibt somit gleich.

4.3 Äsche [*Thymallus thymallus*]

Gefährdungstatus: 3 (gefährdet)

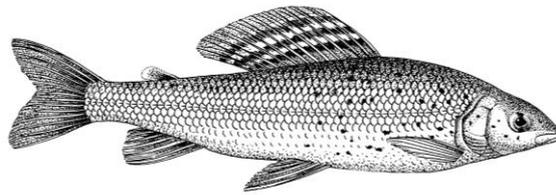


Abbildung 4-9: Darstellung einer Äsche (*Thymallus thymallus*). Zeichnung: Beatrice Gysin, Hinterkappelen (Publikation genehmigt durch Kanton Aargau).

4.3.1 Fangmindestmass und Schonzeit

Die Äsche, gut erkennbar an der als Fahne bezeichneten Rückenflosse (Abbildung 3-2), ist die Leitfischart der nach ihr benannten Äschenregion im Mittellauf alpiner Fliessgewässer (Jungwirth, 2003, Kottelat und Freyhof, 2007, Guthruf, 1996, Guthruf, 2001). Sie liebt sauerstoffreiches, kühles und schnellfliessendes Wasser. Die Geschlechtsreife der Äschen ist abhängig von ihrer Länge und dem Alter. Im Alter von 2 Jahren laichen die meisten Äschen im Frühjahr erstmals

ab, einige Fische erst im drauffolgenden Jahr. Äschen werden bis 60 cm lang. Einst im Schweizer Mittelland weitverbreitet, leidet sie heute unter fehlenden Laichhabitaten (Kiesbänke), dem Klimawandel und schlechter Wasserqualität (Kirchhofer et al., 2002, Wedekind und Küng, 2010, Guthruf, 2011). Ihre Bestände sind daher landesweit stark rückläufig, sie gilt als gefährdet (Gefährdungstatus 3).

Tabelle 4-8: Übersicht zu den erlassenen Fangmindestmassen der Anrainer sowie des Bundes sowie zu den Schonzeiten von Äschen. Kursiv gedruckt sind die FMM, wenn sie dem gesetzlichen Minimum des Bundes entsprechen.

Äsche	Fangmindestmass [cm]	Schonzeit
Bund (gesetzl. Minimum)	28	10 Wochen
Kanton Aargau	32	1.2.-30.4.
Kanton Bern	36 Aare Murgenthal	1.1.-15.5.
Kanton Solothurn*	36 (Aare AG/SO)	1.1.-15.5. (Aare)
Kanton Basel-Landschaft	35	1.2.-30.4.
Kanton Zürich	35	1.2.-30.4.
Kanton Basel Stadt	35	1.2.-30.4.
Kanton Schaffhausen	30	1.2.-30.4.
Kanton Luzern	35	1.1.-31.5.
Baden-Württemberg (DE)	30	1.2.-30.4.

*Birs: weitere Bestimmung

Fangmindestmass

Die Fangmindestmasse der Äsche bewegen sich in den Nachbarkantonen zwischen 30 und 36 cm (Tabelle 4-8). Kein Kanton hat das Fangmindestmass auf das bundesrechtliche Minimum von 28 cm beschränkt. Am niedrigsten ist das Fangmindestmass im Kanton Schaffhausen (30 cm), am höchsten sind die Fangmindestmasse bei den Nachbarn in den Kantonen Bern und Solothurn (36 cm). Der Kanton Freiburg kennt sogar ein FMM von 38 cm.

Das Fangmindestmass der Äsche wurde im Kanton Bern durch eine eingehende Analyse der Aarepopulation angepasst (Guthruf, 2011). Die Anpassung des Fangmindestmasses auf 36 cm erfolgte nach einem Fangmoratorium. Dieses wurde erlassen, weil der Äschenbestand in der Aare zusammengebrochen war. Die untersuchte Strecke, die dem Kanton Aargau am nächsten lag, war bei Mühleberg. Gemäss den Analysen von Guthruf (2011) liegt das ökologisch angepasste Schonmass in dieser Strecke bei 36 cm. Für die Population zwischen Bern und Thun liegt das FMM von 36 cm

Schonzeit

Die Schonzeiten der Äsche decken sich mehrheitlich unter den Kantonen, die den Aargau umgeben (Tabelle 4-8). Zumeist liegt sie zwischen Anfang Februar und Ende April. Der Kanton Bern kennt eine Schonzeit von Anfang Januar bis Mitte Mai. Auch der Kanton Luzern schont die Äsche bereits im Januar und schützt sie sogar bis Ende Mai.

Wie Wedekind und Küng (2010) berichten, könnte sich in einzelnen Populationen die Fortpflanzung

um 2 cm zu niedrig. Hier läge das ökologisch angepasste Schonmass bei 38 cm.

Der Kanton Luzern liess die Äschenpopulation der Reuss untersuchen (Guthruf, 2001). Dabei kam die Studie zum Schluss, dass ein ökologisch angepasstes Schonmass bei 35 cm liegen sollte. Mit diesem Fangmindestmass können alle 1⁺-Äschen zu 100% geschützt werden und entsprechend mindestens einmal ablaichen. Weiter wird im Bericht festgehalten, dass der Fischereiverein Oberfreiamt Sins (FVOS) bereits seit 1992 ein Fangmindestmass von 35 cm anwendet.

Für die Äschenpopulation im Linthkanal, gelegen zwischen Walensee und Zürichsee, kam Hertig (2006) zum Schluss, dass ein reproduktionsbiologisch sinnvolles Fangmindestmass bei 40 bis 42 cm liegen sollte. Im Kanton Zürich gilt ein moderateres Fangmindestmass von 35 cm.

Die Fischereikommission des Hochrheins schlägt eine Harmonisierung der Fangmindestmasse unterhalb des Rheinfalls auf 35 cm vor (Dönni, in Arb.).

der Äsche um bis zu drei Wochen verschoben haben und heute früher stattfinden. Dies würde dazu führen, dass die Larven früher in die Gewässer gelangen.

Die Fischereikommission des Hochrheins schlägt eine Harmonisierung der Schonzeit von 1. Februar bis 30. April vor (Dönni, in Arb.).

Fangmindestmass: Äsche

➤ Erhöhung auf 36 cm

Die Äschenbestände des Kanton Bern können als sehr gut untersucht angesehen werden. Bis zur Kantongrenze gilt denn auch ein Fangmindestmass von 36 cm. Für die Aare sollte dieser Wert wie im Kanton Solothurn übernommen werden. Untersuchungen der Reuss und die Fischereikommision des Hochrhein legen ein Fangmindestmass von 35 cm nahe. Um die Schonbestimmungen möglichst einheitlich zu gestalten, wird ein einheitliches Fangmindestmass für den Kanton Aargau vorgeschlagen. Dieses sollte in Anbetracht der rückläufigen Äschenbestände aus Schutzperspektive beim höheren Wert angesetzt werden (36 cm). Zusätzlich könnten Stückzahlbeschränkungen diskutiert werden, wie sie anderen Kantonen gehandhabt werden.

Schonzeit: Äsche

● keine Änderung (1.2. bis 30.4)

Die Laichzeit der Äschen im Kanton Aargau ist wenig untersucht. Beobachtungen aus anderen Kantonen deuten aber darauf hin, dass sie sich um wenige Wochen verschoben hat. Trotzdem kann man sich am Vorschlag der Fischereikommision Hochrhein orientieren und auf dem heutigen Stand belassen werden. Die Laichzeit wird dadurch genügend berücksichtigt.

4.4 Barbe [*Barbus barbus*]

Gefährdungstatus: NG (nicht gefährdet)

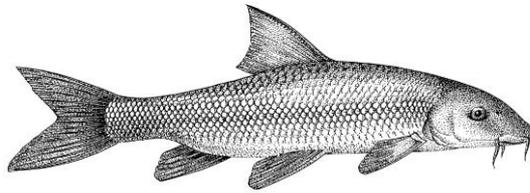


Abbildung 4-10: Darstellung einer Barbe (*Barbus barbus*).
Zeichnung: Beatrice Gysin, Hinterkappelen (Publikation
genehmigt durch Kanton Aargau).

4.4.1 Bestimmung Fangmindestmass

Die Barbe, die man gut am unterständigen Mund, dem langgestreckten Körper und den vier Barteln erkennt, ist eine strömungsliebende (rheophile) Fischart wie die Äsche oder die Forelle (Abbildung 4-10). Sie lebt in Gruppen und ernährt sich von Invertebraten, Fischen und Algen (Kottelat und Freyhof, 2007). Zur Laichzeit zwischen Mai und Juni suchen Barben lockeres Kies für Eiablage und Befruchtung auf. Daran beteiligen sich oft ein grosses Weibchen und mehrere kleinere Männchen. Milchner sind durchschnittlich etwas kleiner als Rogner. Die Geschlechtsreife bei Barben ist abhängig von der Totallänge, dem Alter und vom Geschlecht (Britton und Pegg, 2011, Hunt und Jones, 1975). Bei Milchnern tritt sie meist erstmals im Alter von drei bis vier Jahren ein, bei Rognern erstmals in der Regel ein bis zwei Jahre

später. Am häufigsten paaren sich Milchner erstmals mit vier Jahren und Rogner mit fünf Jahren. Dies gilt für die zitierten Studien aus England. In der Schweiz wurde die Entwicklung der Geschlechtsreife bisher an keiner Population untersucht. Die Barbe gilt in der Schweiz als nicht gefährdet, die Bestände sind aber in gewissen Gewässern rückläufig.

Das ökologisch angepasste Fangmindestmass liegt bei der maximal gemessenen Länge der fünfjährigen Barben. Damit könnte wahrscheinlich ein grosser Teil der Rogner zumindest einmal am Laichgeschäft teilnehmen. Das FMM berechnet auf der Basis des Fangoptimums müsste bei tiefem Befischungsdruck bei der durchschnittlichen Länge von fünfjährigen Barben angesetzt werden.

Tabelle 4-9: Übersicht zu den erlassenen Fangmindestmassen [FMM] der Kantone und des Bundes sowie zu den Schonzeiten von Barben in Bächen und Flüssen. Es gibt kein bundesrechtliches FMM.

Barbe	Habitat	Fangmindestmass [cm]	Schonzeit
Bund		-	-
Kanton Aargau	Bach	30	-
	Fluss	35	-
Kanton Bern		-	-
Kanton Solothurn		-	-
Kanton Basel-Landschaft		35	-
Kanton Zürich		-	-
Kanton Basel-Stadt		35	1.5.-15.6.
Kanton Schaffhausen		30	-
Kanton Luzern		-	-

4.4.2 Fangmindestmass und Schonzeit

Bundesrechtlich gibt es kein Fangmindestmass für die Barbe (Tabelle 4-9). Jedoch kennen einzelne Kantone Fangmindestmasse. Im Kanton Aargau zum Beispiel gilt ein Fangmindestmass von 30 cm in Bächen und von 35 cm in Flüssen. Der Kanton Solothurn hat ein Fangmindestmass für die Barben in der Birs festgelegt (35 cm). Dieses liegt gleich hoch wie das Fangmindestmass der Barbe in allen Gewässern der Kantone Basel-Landschaft sowie Basel-Stadt (35 cm). Ausserdem haben der Kanton Schaffhausen und der Kanton Zürich für den Rhein Fangmindestmasse von 30 cm festgelegt.

In einer Studie aus England wurden die mittleren Längen von Barben bei verschiedenen Altersklassen untersucht und mit anderen Arbeiten verglichen (Vilizzi et al., 2013). Dabei zeigte sich, dass englische Barben je nach Gewässer im Alter von sechs Jahren eine mittlere Länge von 283 bis 546 mm aufweisen. Verschiedene Populationen aus unterschiedlichen Gewässern zeigen folglich eine grosse Variabilität im Längenwachstum. Die Daten der Studie zeigen allerdings auch, dass grosse Barben in einem Gewässersystem offenbar im Laufe ihres Lebens in grössere, breitere Gewässerstrecken abwandern. Kleinere Bäche die-

nen vor allem jungen, kleineren Barben als Lebensraum. Ein Einzugsgebiet könnte folglich eine einzige mobile Barbenpopulation beherbergen, die je nach Lebensphase verschiedene Habitate darin aufsucht. Dazu muss die Fischwanderung innerhalb des Systems jedoch gewährleistet sein.

Im untersten Streckenteil der Limmat im Kanton Aargau wurde die Barbenpopulation untersucht (Kirchhofer, 2013). Aufgrund der Daten des Berichtes liegt die durchschnittliche Länge von fünfjährigen Barben bei 334.8 mm. Das bedeutet, dass das FMM berechnet nach dem Fangoptimum für tiefen Befischungsdruck bei 34 cm liegt. Bei hohem Befischungsdruck liegt das FMM bei maximal 36 cm. Die maximal berechnete Länge für fünfjährige Barben lag bei 373 mm. Folglich liegt das ökologisch angepasste Fangmindestmass bei 38 cm.

Der Strategieplan für den Hochrhein schlägt eine Harmonisierung des Fangmindestmasses und der Schonzeiten für die Barbe vor. Das Fangmindestmass soll demnach bei 35 cm liegen und die Schonzeit vom Anfang Mai bis Mitte Juni dauern (Dönni, in Arb.).

Empfehlungen

Fangmindestmass: Barbe (alle Gewässer)

- keine Änderung (35 cm)
- ✘ Aufhebung Schonmass Bach

Der Befischungsdruck auf die Barbenbestände ist heute sehr niedrig. Aus diesem Grund kann das FMM auf 35 cm belassen werden. Es deckt sich mit dem FMM berechnet für Limmatbarben nach dem Fangoptimum bei mittlerem Befischungsdruck (vgl. Kapitel 3.2). Das ökologisch angepasste FMM liegt für die Limmat bei 38 cm. Aus Bächen lagen keine Wachstumsdaten vor. In kleinen Gewässern kommen in der Regel kleinere Barben vor als grossen Gewässern. Allerdings handelt es sich bei entsprechender Vernetzung der verschiedenen Lebensräume um die gleiche Barbenpopulation. Bäche dienen Barben als Jungfischhabitat, sobald sie grösser werden, wandern sie jedoch in grössere Gewässerabschnitte ab. Um die Jungfische in ihrem Lebensraum zu schützen, sollte daher das FMM für den Bach aufgehoben werden.

Schonzeit: Barbe

- ✚ Einführung Schonzeit: 1. Mai und 15. Juni

Da Barben teilweise auch während der Laichzeit gefangen werden, kann den Empfehlungen der Fischereikommission Hochrhein entsprochen und eine Schonzeit für die Barbe eingeführt werden. Damit wird sichergestellt, dass sich die Fischart ungestört fortpflanzen kann.

4.5 Felchen [*Coregonus spp.*]

Gefährdungstatus: 4 (potentiell gefährdet)

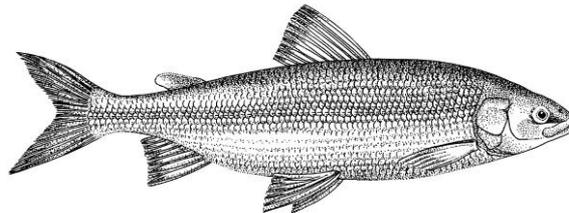


Abbildung 4-11: Darstellung eines Felchen (*Coregonus spp.*).
Zeichnung: Beatrice Gysin, Hinterkappelen (Publikation genehmigt durch Kanton Aargau).

4.5.1 Fangmindestmass und Schonzeit

Der Bund schreibt für die Felchen ein Fangmindestmass von 25 cm vor, zudem sollen sie während mindestens sechs Wochen geschützt werden (Tabelle 4-10). Im Aargau liegt das Fangmindestmass, wie auch in den meisten anderen Kantonen, bei 25 cm auf dem bundesrechtlichen Minimum. Ein Vergleich mit den anderen Kantonen resp.

Seen macht bei den Felchen wenig Sinn. Es handelt sich bei den in der Schweiz vorkommenden Populationen um genetisch unterscheidbare Arten, die ein unterschiedliches Wachstum aufweisen. Oft kommen pro See mehrere Arten vor, die sich wiederum stark voneinander unterscheiden.

Fangmindestmass

Bei der Untersuchung der Geschlechtsreife kam Müller (2015) zum Schluss, dass die überwiegende Mehrheit der Felchen aus dem Hallwilersee im Alter 2+ laichreif wird. Ein FMM, das sich am Fangoptimum orientiert, wird folglich bei der durchschnittlichen Jahresendlänge der dreijährigen Felchen angesetzt. Das ökologisch angepasste FMM sollte bei der maximalen Jahresendlänge von dreijährigen Felchen angesetzt werden.

Die durchschnittlichen Jahresendlängen der dreijährigen Felchen aus dem Jahr 2017 lag bei 263 mm (n=139). Die vierjährigen Felchen sind im Durchschnitt 292 mm lang (n=120). Die maximale Länge von dreijährigen Felchen lag bei 294 mm.

Berechnet man das FMM nach dem Fangoptimum, liegt dieses je nach Befischungsdruck zwischen 26 und 28 cm. Ein ökologisch angepasstes Fangmindestmass läge bei minimal 30 cm.

Tabelle 4-10: Übersicht zu den erlassenen Fangmindestmassen [FMM] der Kantone und des Bundes sowie zu den Schonzeiten von Felchen. Kursiv gedruckt sind FMM, wenn sie dem gesetzlichen Minimum des Bundes entsprechen.

Felchen	Fangmindestmass [cm]	Schonzeit
Bund	25	6 Wochen
Kanton Aargau	25	1.10.-31.12.

Schonzeit

Durch die Eutrophierung des Hallwilersees ergaben sich grosse Veränderungen für den See. Diese haben auch die Laichzeit der Felchen verschoben.

Der Höhepunkt des Laichgeschäftes der Felchen liegt neu Anfang Januar, früher war dieser jeweils im Dezember (Auskunft kantonale Fachstelle).

Empfehlung

Fangmindestmass: Felchen

- keine Anpassung (25 cm)

Das Fangmindestmass berechnet nach dem Fangoptimum liegt je nach Befischungsdruck im Bereich von 26 bis 28 cm. Das ökologisch angepasste FMM läge bei etwa 30 cm. Da die natürliche Fortpflanzung im Hallwilersee nur schlecht funktioniert, macht ein ökologisch angepasstes FMM derzeit wenig Sinn. Der Befischungsdruck durch die Angelfischer kann verglichen mit den Berufsfischern als gering eingestuft werden. Wird das FMM für Angler erhöht, wird die Angelfischerei auf Felchen stark erschwert und viele untermassige Fische müssten wieder freigelassen werden. Aus diesen Gründen sollte das FMM auf 25 cm belassen werden.

Schonzeit: Felchen

➔ Verschiebung Schonzeit: 1. November bis 15. Februar

Es wird empfohlen, die Schonzeit der Felchen im Hallwilersee an die neuen Begebenheiten anzupassen (spätere Laichzeit).

4.6 Weitere Fischarten

4.6.1 Übersicht

Fünf weitere Fischarten werden auf ihr Fangmindestmass und ihre Schonzeit überprüft. Dabei geht es auf vor allem darum, die Schonbestimmungen möglicherweise mit den Nachbarkantonen abzugleichen. Eine hohe Priorität besitzt dabei die Harmonisierung mit den Empfehlungen des Strategieplans der Fischereikommission Hochrhein (Dönni, in Arb.). In Tabelle 4-11 und

Tabelle 4-12 sind die verschiedenen Schonbestimmungen der Anrainer und auch die Empfehlung der Fischereikommission Hochrhein aufgelistet. Die Fischereikommission hat sich mit den Fischarten Aal, Egli, Karpfen, Schleie und Zander beschäftigt. Für Aal, Schleie und Egli wurden keine Schonbestimmungen vorgeschlagen.

Tabelle 4-11: Die Fangmindestmasse der Fischarten Aal, Egli (Flussbarsch), Karpfen, Schleie und Zander bei den Nachbarkantonen des Kanton Aargau, sowie die Empfehlungen der Fischereikommission Hochrhein.

	Aal	Egli	Karpfen	Schleie	Zander
Bund	-	-	-	-	-
Kanton Aargau	50	15	30	25	-
Kanton Bern	-	15	-	-	-
Kanton Solothurn*	-	-	-	-	-
Kanton Basel-Landschaft	50	18	35	25	45
Kanton Zürich	-	15 Rhein	-	25 Rhein	40 Rhein
Kanton Basel-Stadt	50	18	35	25	45
Kanton Schaffhausen	50	-	-	25	40
Kanton Luzern	50	15	-	-	40 See
Baden-Württemberg	50	-	35	-	45
Empfehlung Fischereikommission Hochrhein	-	-	35	-	45

Tabelle 4-12: Die Schonzeiten der Fischarten Aal, Egli (Flussbarsch), Karpfen, Schleie und Zander bei den Nachbarn des Kanton Aargau. Die Empfehlung der Fischereikommission Hochrhein werde ebenfalls angefügt.

	Aal	Egli	Karpfen	Schleie	Zander
Bund	-	-	-	-	-
Kanton Aargau	-	-	-	-	-
Kanton Bern	-	-	-	-	-
Kanton Solothurn*	-	-	-	-	-
Kanton Basel-Landschaft	-	-	-	15.5.-30.6.	1.4.-31.5.
Kanton Zürich	-	-	-	-	1.4.-31.5.
Kanton Basel-Stadt	-	-	-	15.5.-30.6.	1.4.-31.5.
Kanton Schaffhausen	-	-	-	-	1.4.-31.5.
Kanton Luzern	-	-	-	-	1.4.-31.5.
Baden-Württemberg	ganzjährig*	-	-	-	1.4.-15.5.
Empfehlung Fischereikommission Hochrhein	-	-	-	-	1.4.-31.5.

*oberhalb Eglisau vom 1.10.-28./29.2.

4.6.2 Aal [*Anguilla anguilla*]

Gefährdungstatus: 3 (gefährdet)

Empfehlung Fangmindestmass Aal

- keine Anpassung (50 cm)

Empfehlung Schonzeit Aal

- keine Anpassung (keine Schonzeit)

Aktuell gelten in den Kantonen Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Schaffhausen und Luzern Fangmindestmass von 50 cm für den Aal. Der Bund kennt keine Mindestvorgaben für das Fangmindestmass oder die Schonzeit. In Baden-Württemberg steht der Aal unterhalb von Eglisau ganzjährig unter Schutz.

Im Hochrhein sind die Aalbestände stark rückläufig, trotz intensiven Besatzbemühungen (Dönni, in Arb., Rey et al., 2016). Insgesamt gingen die

Fangzahlen am Hochrhein in den letzten 30 Jahren um über 95% zurück. Dennoch schlägt die strategische Planung für den Hochrhein keine Schonbestimmungen für den Aal vor. Dies weil der Aal in der Schweiz kaum geangelt werde und der Befischungsdruck deshalb klein ist. Eines der Hauptprobleme für den katadromen Aal, der im Meer laicht und im Süßwasser aufwächst, liegt vor allem bei der Abwanderung (sehr hohe Turbinenmortalität). Mit Fangmindestmassen oder Schonzeiten kann hier tatsächlich nur wenig geholfen werden.

Aus den genannten Gründen scheint es nicht sinnvoll, etwas an den Schonbestimmungen für den Aal zu ändern. Wenn sich die Bestände allerdings weiterhin negativ entwickeln, könnte ein ganzjähriger Schutz ins Auge gefasst werden (analog Baden-Württemberg).

4.6.3 Egli [*Perca fluviatilis*]

Gefährdungstatus: NG (nicht gefährdet)

Empfehlung Fangmindestmass Egli

- keine Anpassung (15 cm)

Empfehlung Schonzeit Egli

- keine Anpassung (keine Schonzeit)

Der Bund hat bisher kein gesetzliches Minimum für das Fangmindestmass vom Egli erlassen. Trotzdem haben einige Kantone, darunter der

Kanton Aargau, ein Fangmindestmass von 15 cm. Einzig die beiden Basler Kantone kennen ein höheres Fangmindestmass von 18 cm.

Im Sinne von harmonisierten Fangmindestmassen kann das Mindestmass für den Egli auf 15 cm belassen werden. Drei der vier direkten Anstösser verfügen über das gleiche Fangmindestmass. Dennoch sollte der Egli im Auge behalten werden. Sinkende Fangzahlen und leicht rückläufige Jungfischbestände weisen auf einen Bestandrückgang hin (Dönni, in Arb., Rey et al., 2016).

4.6.4 Karpfen [*Cyprinus carpio*]

Gefährdungstatus: 3 (gefährdet)

Empfehlung Fangmindestmass Karpfen

- ➔ Anhebung auf 35 cm

Empfehlung Schonzeit Karpfen

- keine Anpassung (keine Schonzeit)

Bundesrechtlich existiert kein minimales Fangmindestmass für den Karpfen. Dies gilt auch für die Schonzeit. Der Kanton Aargau hat aktuell ein Fangmindestmass für den Karpfen von 30 cm. Daneben kennen die Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt ein Fangmindestmass von 35 cm.

Der Karpfen kommt im Hochrhein gemäss der Fischereikommission Hochrhein vor allem als Zuchtform vor (Leder- und Spiegelkarpfen). Die Fänge sind über mehrere Jahre gesehen konstant,

schwanken jedoch von Jahr zu Jahr relativ stark. Die Jungfischbestände im Hochrhein scheinen jedoch stabil zu sein. Es wurde kein Rückgang der Jungfischdichten von 2006 zu 2012 beobachtet (Rey et al., 2016).

Die Fischereikommission Hochrhein schlägt eine Harmonisierung des Fangmindestmasses für den Karpfen vor (Dönni, in Arb.). Der Karpfen soll demnach ein Fangmindestmass von 35 cm haben. Eine Schonzeit ist nicht vorgesehen.

Wird eine Harmonisierung der Fangmindestmasse angestrebt wird, kann das Fangmindestmass für den Karpfen auf 35 cm angehoben werden. Mit diesem FMM werden im Kanton Aargau Laichtiere länger geschützt. Dies ist im Hinblick auf den Gefährdungstatus der Art vertretbar (Stufe 3: gefährdet).

4.6.5 Schleie [*Tinca tinca*]

Gefährdungstatus: 3 (gefährdet)

Empfehlung Fangmindestmass Schleie

- keine Anpassung (25 cm)

Empfehlung Schonzeit Schleie

- keine Anpassung (keine Schonzeit)

Der Bund macht keine Vorgaben zum Schutz der Schleie, weder existiert ein Fangmindestmass noch eine minimale Schonzeit. Dennoch verfügen die Kantone Aargau, Basel-Landschaft, Basel-Stadt, Schaffhausen sowie Zürich über ein Fangmindestmass von 25 cm für die Fischart. Daneben

haben die Kantone beider Basel für die Schleie eine Schonzeit von Mitte Mai bis Ende Juni.

Die Fischereikommission für den Hochrhein schlägt weder eine Schonzeit noch ein Fangmindestmass vor. Die Anglerfänge sind zwar seit Jahren rückläufig, zwischen 2006 und 2012 konnte jedoch kein Rückgang bei den Bestandsdichten von Jungfischen beobachtet werden (Rey et al., 2016).

Wird eine Harmonisierung der Fangmindestmasse mit den Nachbarn angestrebt, kann dieses bei 25 cm belassen werden. Da die Bestände im Hochrhein wahrscheinlich stabil sind, braucht es darüber hinaus auch keine Schonzeit.

4.6.6 Zander [*Sander lucioperca*]

Gefährdungstatus: keiner (gebietsfremde Art)

Empfehlung Fangmindestmass Zander

- keine Anpassung (kein FMM)

Empfehlung Schonzeit Zander

- keine Anpassung (keine Schonzeit)

Der Bund hat kein gesetzliches Minimum für das Fangmindestmass vom Zander erlassen. Gleiches gilt für die Schonzeit. Trotzdem kennen einige Kantone, darunter Luzern, Schaffhausen und Zürich, ein FMM von 40 cm. Einzig die beiden Basler Kantone kennen ein höheres Fangmindestmass von 45 mm. Im Kanton Aargau gibt es bisher kein Fangmindestmass für den Zander.

Der Strategieplan für den Hochrhein schlägt eine Harmonisierung des Fangmindestmasses und der Schonzeiten vor für den Zander vor. Der Zander soll demnach ein Fangmindestmass von 45 cm haben (Dönni, in Arb.). Eine Schonzeit ist von 1. April bis 31. Mai vorgesehen.

Beim Zander handelt es sich im Rheinsystem (inkl. Aare, Reuss und Limmat) um eine gebietsfremde Art. Aus ökologischer Sicht können deshalb Schonbestimmungen für diese Art nicht begründet werden. Weder ein FMM noch eine Schonzeit werden empfohlen. Strebt der Kanton Aargau dennoch eine Harmonisierung der Schonbestimmung an, können die Vorgaben der Fischereikommission Hochrhein übernommen werden.

5 Referenzen

- ARLINGHAUS, R., LORENZEN, K., JOHNSON, B. M., COOKE, S. J. & COWX, I. G. 2016. Management of freshwater fisheries: addressing habitat, people and fishes. *Freshwater fisheries ecology*. Wiley, Chichester, 557-579.
- BAFU 2005. Fortbildungskurs für Fischereiaufseher (Lyss 2004). In: MITTEILUNGEN ZUR FISCHEREI NR. 80 (ed.). Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- BARNECHE, D. R., ROBERTSON, D. R., WHITE, C. R. & MARSHALL, D. J. 2018. Fish reproductive-energy output increases disproportionately with body size. *Science*, 360, 642-645.
- BREGAZZI, P. & KENNEDY, C. 1980. The biology of pike, *Esox lucius* L., in a southern eutrophic lake. *Journal of Fish Biology*, 17, 91-112.
- BRITTON, J. & PEGG, J. 2011. Ecology of European barbel *Barbus barbus*: implications for river, fishery, and conservation management. *Reviews in Fisheries Science*, 19, 321-330.
- BURKI 2009. Überprüfung des Schonmasses der Bachforelle in Fließgewässern des Kantons Glarus. Glarus: Jagd- und Fischereiverwaltung des Kantons Glarus.
- CASSELMAN, J. 1996. Age, growth and environmental requirements of pike. *Pike*. Springer.
- DAHL, K. 1907. The scales of the herring as a means of determining age, growth and migration.
- DÖNNI, W. in Arb. Fischereimanagement Hochrhein - Strategieplan 2025. BAFU: Situationsanalyse sowie Definition der Ziele und Formulierung der Massnahmen zu Handen der internationalen Fischereikommission Hochrhein.
- ELLIOTT, J. M. 1994. *Quantitative ecology and the brown trout*, Oxford University Press.
- EPLER, P., ŁUSZCZEK-TROJNAR, E., SOCHA, M., SZCZERBIK, P., SOKOŁOWSKA-MIKOŁAJCZYK, M. & POPEK, W. 2008. Growth rate and histological picture of the gonads of pike, *Esox lucius* L., and pikeperch, Sander lucioperca (L.), from the Tresna Reservoir (Lake Żywieckie). *Archives of Polish Fisheries*, 16, 147-154.
- ESCHER, M., BETTGE, K. & WEDEKIND, C. 2013. Gewässerzustand Aaretal GZA. *Abschlussbericht*. Münsingen: LANAT Fischereiinspektorat und AWA Amt für Wasser und Abfall, Kanton Bern.
- ESCHER, M. & VONLANTHEN, P. 2016. 25 Jahre Fischfangstatistik des Kanton Bern. Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
- FENBERG, P. B. & ROY, K. 2008. Ecological and evolutionary consequences of size-selective harvesting: how much do we know? *Molecular ecology*, 17, 209-220.
- FROST, W. E. & KIPLING, C. 1959. The determination of the age and growth of pike (*Esox lucius* L.) from scales and opercular bones. *ICES Journal of Marine Science*, 24, 314-341.
- GUTHRUF, J. 1996. *Populationsdynamik und Habitatwahl der Äsche (Thymallus thymallus L.) in drei verschiedenen Gewässern des schweizerischen Mittellandes*.
- GUTHRUF, J. 2001. Grundlagen für eine nachhaltige Nutzung der Äsche in der Luzerner Reuss. Luzern: Jagdverwaltung des Kantons Luzern.
- GUTHRUF, J. 2011. Äschen-Monitoring Aare Kanton Bern. Münsingen: Fischereiinspektorat des Kantons Bern.
- GWINN, D. C., ALLEN, M. S., JOHNSTON, F. D., BROWN, P., TODD, C. R. & ARLINGHAUS, R. 2013. Rethinking length-based fisheries regulations: the value of protecting old and large fish with harvest slots. *Fish and Fisheries*, 16, 259-281.
- HERTIG, A. 2006. Populationsdynamik der Äschen (*Thymallus thymallus*) im Linthkanal mit besonderer Berücksichtigung der Habitatnutzung der Äschenlarven. *Diss. Universität Zürich*.
- HUNT, P. & JONES, J. 1975. A population study of *Barbus barbus* L. in the River Severn, England. *Journal of Fish Biology*, 7, 361-376.
- JUNGWIRTH, M. 2003. *Angewandte Fischökologie an Fließgewässern*, Facultas-Verlag.
- KANTON ZÜRICH 2010. Seeforellen-Management im Kanton Zürich Konzept 2010-2018. Zürich: Baudirektion Kanton Zürich.
- KIRCHHOFER, A. 2013. Barben der Limmat. Aarau: Kanton Aargau, Departement Bau und Verkehr, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei.
- KIRCHHOFER, A., BREITENSTEIN, M. & GUTHRUF, J. 2002. Äschenpopulationen von nationaler Bedeutung. Bern: Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL.
- KOTTELAT, M. & FREYHOF, J. R. 2007. *Handbook of European freshwater fishes*, Publications Kottelat.

- KREIENBÜHL, T., VONLANTHEN, P., HOPPLER, L. & BREITENSTEIN, M. 2017. Inventar der Laichgebiete der Forellen in den kleinen Fließgewässern des Kantons Aargau. In: AQUABIOS, ECQUA & WFN (eds.). Aarau: Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei.
- LAUGEN, A. T., ENGELHARD, G. H., WHITLOCK, R., ARLINGHAUS, R., DANKEL, D. J., DUNLOP, E. S., EIKESET, A. M., ENBERG, K., JØRGENSEN, C. & MATSUMURA, S. 2014. Evolutionary impact assessment: accounting for evolutionary consequences of fishing in an ecosystem approach to fisheries management. *Fish and Fisheries*, 15, 65-96.
- LEA, E. 1910. 1. Contributions to the methodics in herring-investigations. *Publications de Circonstance*, 1, 7-33.
- LORENZONI, M., CORBOLI, M., DOÈRR, A. M., MEARELLI, M. & GIOVINAZZO, G. 2002. The growth of pike (*Esox lucius* Linnaeus, 1798) in lake Trasimeno (Umbria, Italy). *Fisheries research*, 59, 239-246.
- LUNDSGAARD-HANSEN, B. 2015. Mindestmass oder Entnahmefenster - wo liegt der Unterschied? *Petri Heil*.
- MANN, R. 1976. Observations on the age, growth, reproduction and food of the pike *Esox lucius* (L.) in two rivers in southern England. *Journal of Fish Biology*, 8, 179-197.
- MARRER, H. 1976. Kriterien für die Festlegung des Fangmindestmasses. In: WEITERBIDUNG FÜR FISCHREIAUFSEHER (ed.) *Schriftenreihe Fischerei*. Bern: Bundesamt für Umweltschutz.
- MATSUMURA, S., ARLINGHAUS, R. & DIECKMANN, U. 2011. Assessing evolutionary consequences of size-selective recreational fishing on multiple life-history traits, with an application to northern pike (*Esox lucius*). *Evolutionary Ecology*, 25, 711-735.
- MÜLLER, R. 2015. Fischereibiologische Untersuchungen am Hallwilersee. Aargau: Kanton Aargau, Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Abteilung Wald, Sektion Jagd und Fischerei.
- OWENS, R. W. & PRONIN, N. M. 2000. Age and growth of pike (*Esox lucius*) in Chivyrkui Bay, Lake Baikal. *Journal of Great Lakes Research*, 26, 164-173.
- PEDROLI, J.-C. 1982. Die Seeforellenfischerei im Neuenburgersee. In: WEITERBIDUNG FÜR FISCHREIAUFSEHER (ed.). Bundesamt für Umweltschutz.
- PETER, A. & SCHÖLZEL, N. 2017. Fischökologische Untersuchungen in der Maggia für die Jahre 2015/2016: Beurteilung des Zustandes der Bachforellenpopulation. 6051 Bellinzona: Ufficio della caccia e della pesca Via Franco Zorzi 13.
- QUIST, M. C., PEGG, M. A. & DEVRIES, D. R. 2012. Age and Growth. In: ZALE, A. V., PARRISH, D. L. & SUTTON, T. M. (eds.) *Fisheries techniques, 3rd edition*. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society.
- REY, P. 2017. Bewirtschaftungskonzept der IBKF für die Bodensee-Seeforelle. *Arbeitsgruppe Wanderfische*. Internationale Bevollmächtigtenkonferenz für die Bodenseefischerei (IBKF).
- REY, P., WERNER, S. & HESSELSCHWERDT, J. 2016. Koordinierte biologische Untersuchungen an Hochrhein und Aare 2001 bis 2013. *Zusammenfassender Kurzbericht*. Bern: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- RIPPMANN, U. 1982. Die Seeforellenfischerei im Vierwaldstättersee. In: WEITERBIDUNG FÜR FISCHREIAUFSEHER (ed.). Bundesamt für Umweltschutz.
- RUHLÉ, C. 1982. Seeforellenprobleme im Bodensee und in dessen Zuflüssen. In: WEITERBIDUNG FÜR FISCHREIAUFSEHER (ed.). Bundesamt für Umweltschutz.
- RYPEL, A. L. 2012. Meta-analysis of growth rates for a circumpolar fish, the Northern Pike (*Esox lucius*), with emphasis on effects of continent, climate and latitude. *Ecology of Freshwater Fish*, 21, 521-532.
- SMOLIA, K. 1920. *Merkbuch der Binnenfischerei*, Berlin.
- STAUB, E. 1985. Populationsaufbau in Forellenbächen. *Schriftenreihe Fischerei*. Bundesamt für Umweltschutz.
- TESCH, E. & WEHRMANN, L. 1982. *Pflege der Fischbestände und-gewässer*, Parey.
- UUSI-HEIKKILÄ, S., SÄVILAMMI, T., LEDER, E., ARLINGHAUS, R. & PRIMMER, C. R. 2017. Rapid, broad-scale gene expression evolution in experimentally harvested fish populations. *Molecular Ecology*.
- VILIZZI, L., COPP, G. & BRITTON, J. 2013. Age and growth of European barbel *Barbus barbus* (Cyprinidae) in the small, mesotrophic River Lee and relative to other populations in England. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, 09.
- VONLANTHEN, P., KREIENBÜHL, T. & SCHMID, C. 2016. Populationsgenetische Untersuchung der Forellen im Kanton Aargau *Aquabios GmbH, Auftraggeber: Departement Bau, Verkehr und Umwelt, Sektion Jagd und Fischerei, Kanton Aargau*.
- VONLANTHEN, P. & POLLI, T. 2018. Fischereibiologische Untersuchungen am Hallwilersee - Felchen. *Aquabios GmbH*. Aarau: Kanton Aargau, Abteilung Landschaft und Gewässer und Abteilung Gewässer und Wald, Sektion Jagd und Fischerei.
- WEDEKIND, C. & KÜNG, C. 2010. Shift of spawning season and effects of climate warming on developmental stages of a grayling (*Salmonidae*). *Conservation Biology*, 24, 1418-1423.

6 Anhang

Wachstumskurven Forellen (Bäche)

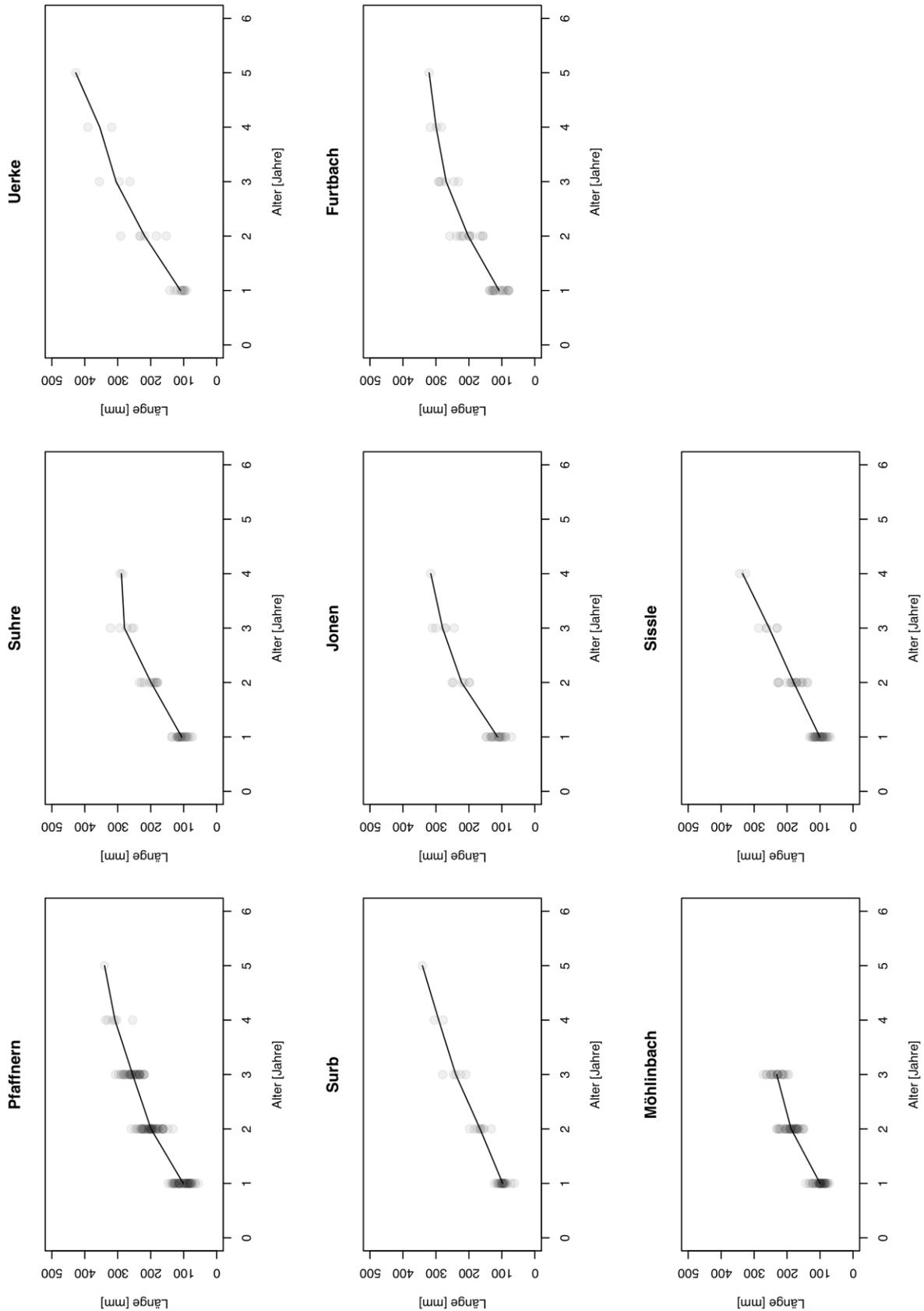


Abbildung 6-1: Die verschiedenen Wachstumskurven der Forellenspopulationen aus den Bächen im Kanton Aargau.

Vergleich Entwicklung der Geschlechtsreife Möhlinbach/Pfaffnern

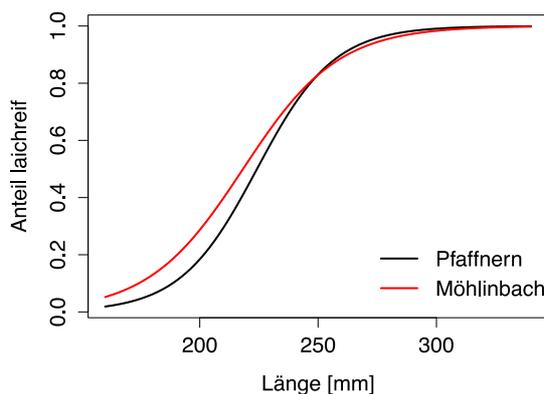
Tabelle 6-1: Die Resultate des «Hosmer and Lemeshow goodness of fit (GOF)»-Tests für die Regressionsmodelle der beiden Populationen Pfaffnern und Möhlinbach.

Population	χ^2	Freiheitsgrade	p-Wert
Pfaffnern	1.716	8	0.989
Möhlinbach	2.180	8	0.975

Die logistischen Regressionsmodelle wurden je mit einem GOF-Test (Hosmer and Lemeshow goodness of fit test) validiert (Tabelle 6-1). Die hohen p-Werte, 0.989 (Pfaffnern) und 0.975 (Möhlinbach), kombiniert mit den niedrigen Werten für die Chi-Quadrat-Verteilung (χ^2), 1.716 (Pfaffnern) resp. 2.180 Möhlinbach), weisen darauf hin, dass die Modelle die Daten sehr gut repräsentieren. Die logistischen Regressionsmodelle eignen sich damit, den Anteil der laichreifen Tiere pro Längenkategorie abzubilden.

Vergleicht man die Resultate des Chi-Quadrat-Tests zwischen den beiden Modellen, zeigt sich,

dass die logistischen Regressionen der beiden Modelle sich nicht signifikant unterscheiden ($p = 0.54$). Auch die Steigung der beiden Modelle ist nicht signifikant unterschiedlich ($p = 0.58$), obwohl die Regressionskurve des Möhlinbachs etwas flacher verläuft. Dieser Zusammenhang wird auch in Abbildung 6-2 ersichtlich. Die Forellen am Möhlinbach werden etwas früher laichreif. Dennoch kann man aufgrund der Resultate dieses Vergleiches davon ausgehen, dass die Entwicklung der Geschlechtsreife bei den untersuchten Forellenspopulationen am Möhlinbach und an der Pfaffnern ähnlich verläuft.



```

Model:
matur ~ size_mm * loc
      Df Deviance   AIC    LRT Pr(>Chi)
<none>      90.253  98.253
size_mm    1 104.096 110.096 13.8431 0.0001987
loc        1  90.631  96.631  0.3776 0.5389084
size_mm:loc 1  90.564  96.564  0.3110 0.5770925
    
```

Abbildung 6-2: Vergleich der logistischen Regressionsmodelle der Reifeentwicklung nach Länge [mm] zwischen der Pfaffnern (schwarz) und dem Möhlinbach (rot). Rechts ist der R-Output ersichtlich.