Wissenschaft

Österreichs Fischerei 72. Jahrgang Seite 213 – 228

Altersbestimmung und Nahrungsuntersuchungen an Bachforellen (*Salmo trutta forma fario* L.) aus ausgewählten Gewässern des Nationalparks Harz (Deutschland)

Otfried Wüstemann
Nationalpark Harz, Lindenallee 35, 38855 Wernigerode, Deutschland

Janek Simon & Eva Arlt
Institut für Binnenfischerei e. V. Potsdam-Sacrow, Im Königswald 2, 14469 Potsdam, Deutschland

Abstract

Estimation of age and food of brown trout (*Salmo trutta forma fario* L.) from selected water bodies of the National Park Harz (Germany)

In 2016/17, a total of 130 brown trout were collected by electro-fishing from seven water bodies of the upper trout region in the National Park Harz. The fish were 38 – 780 mm long and 0.4 – 4,852 g in weight and had a mean condition factor of 1.0 (range 0.8 – 1.4). Ages and mean growth rates in the first three years estimated by otolith increments ranged from 0+ to 21 years and 4.7 – 7.5 cm per year. Trout from the National Park Harz showed a slower growth compared to conspecifics from other low and high mountains in Germany. Possible reasons for the slow growth were discussed. The first males and females mature in the second summer with a body length of 100 – 120 mm. In the third summer and by a length of 150 mm, sex of all trout could clearly be determined. The food spectrum of the investigated individuals varied widely and covered, on average, six different food taxa per fish (range one to twelve taxa). In terms of number and biomass, food was dominated by insects and their larvae, followed by a large margin by spiders. Larger brown trout (over 30 cm body length) significantly preyed on vertebrates, such as various fishes, amphibians and mice. In two of the rivers the parasitic nematode *Cystidicoloides ephemeridarum* and living horsehair worms (*Gordius aquaticus*) were found in the digestive tract of the trout.

1. Einleitung

Der Harz ist das nördlichste deutsche Mittelgebirge. Er gehört zu den fließgewässerreichsten Naturräumen Mitteldeutschlands (Brückner et al. 2016). Der Nationalpark Harz umfasst mit 24.732 ha ungefähr 10 % der Gesamtfläche des Harzes. Er reicht von der kollinen (270 m ü. NHN) bis zur supramontanen Stufe (Brockengebiet mit 1.141 m ü. NHN) und deckt damit alle Mittelgebirgs-Höhenstufen ab.

Die im Nationalpark entspringenden Fließgewässer zeichnen sich durch niedrige Temperaturen, einen hohen Sauerstoffgehalt, eine hohe Fließgeschwindigkeit, grobes Sohlsubstrat (Felsblöcke, Schotter, Kies) und in den Oberläufen durch eine auf Moose,

Abb. 1: *Die Warme Bode ist ein typisches Fließgewässer im Nationalpark Harz.*
Foto: Otfried Wüstemann

Algen und Flechten reduzierte Wasservegetation aus. Die Bäche entspringen überwiegend in Moorgebieten oder in naturnahen Berg-Fichtenwäldern über basenarmem Granitgestein. Deshalb weisen sie natürlicherweise in den Quellbereichen und quellnahen Oberläufen niedrige pH-Werte, eine niedrige Gesamthärte und Nährstoffarmut auf (Wüstemann 2013). Typisch sind auch periodisch schwankende Huminsäureeinträge aus den Moorgebieten (Mehling et al. 2013). Die Bäche im Nationalpark gehören zu den grobmaterialreichen, silikatischen Mittelgebirgsbächen und entsprechen überwiegend dem Fließgewässertyp der Oberen Forellenregion (Epirhithral) (*Abb. 1*). Neben den Fließgewässern existieren im Nationalpark auch anthropogen entstandene Stillgewässer wie Talsperren, Teiche und andere Kleingewässer. Das größte mit Bachforellen besiedelte Standgewässer ist die Eckertalsperre mit einem Fassungsvermögen von 13,3 Mio. m^3 und 0,68 km^2 Staufläche. Sie existiert seit 1942 und dient der Trinkwassergewinnung (Wüstemann 2013).

Ein wesentlicher Bestandteil der wissenschaftlichen Nationalparkarbeit ist die Untersuchung und Dokumentation der langfristigen Entwicklung der Gewässerlebensräume mit deren Lebensgemeinschaften (Wüstemann 2018). Die Bachforelle (*Salmo trutta forma fario* L., *Abb. 2*) als Leitart der Oberen Forellenregion steht im Mittelpunkt des Gewässermonitorings. Außerdem hat sie als »Bioindikator« und Endglied der Nahrungskette eine besondere Aussagekraft für den Lebensraum. Genetische Untersuchungen haben gezeigt, dass es sich bei den Bachforellenbeständen im Nationalpark Harz um autochthone Fischbestände handelt (Schmidt et al. 2015). Aufgrund ihrer genetischen Differenzierung haben sie deutschlandweit Bedeutung für den Erhalt der Diversität autochthoner Bachforellenbestände, weshalb sie als besonders schützenswert einzustufen sind.

Anhand von Befischungsergebnissen konnten bisher keine konkreten Aussagen zur Altersstruktur der Bachforellenbestände in den jeweils untersuchten Fließgewässern getroffen werden. Die hier vorgestellten Altersanalysen sollen diese Lücke schließen.

Abb. 2: *Autochthone Bachforelle aus der Sieber* Foto: Otfried Wüstemann

Genaue Kenntnisse zu Alter und Wachstum sind der Schlüssel zum Verständnis wichtiger biologischer Fragestellungen wie z. B. Altersstruktur von Wildfischpopulationen, Lebensdauer der Fische und Alter sowie Größe bei Eintritt der Geschlechtsreife. Aufbauend auf Altersstrukturdaten lassen sich z. B. Wachstums- und Sterblichkeitsraten bestimmen. Sind Altersdaten von anderen Gewässern oder von früheren Untersuchungen im gleichen Gewässer verfügbar, können sie mit aktuell erhobenen Daten verglichen werden und erlauben somit Aussagen zu Trends und Entwicklungen von Fischbeständen. Darüber hinaus sind Kenntnisse zur Altersstruktur und zum Wachstum der Fischbestände eine zentrale Grundlage zur Modellierung der Dynamik von autochthonen Fischbeständen. Der Bestandsaufbau und die Altersstruktur der Bachforellenbestände im Nationalpark Harz kann so im Hinblick auf deren Vitalität besser beurteilt werden. Bei späteren Untersuchungen lassen sich damit Veränderungen besser identifizieren. Die Untersuchungen dienten außerdem der Überprüfung der These, dass die Bachforellen aus den Gewässern des Nationalparks Harz ein langsameres Wachstum als Artgenossen aus anderen Bächen aufweisen (Simon & Weichler 2016). Um Nahrungsmangel als Ursache für Wachstumsdepressionen ausschließen zu können und um festzustellen, ob größere Bachforellen Prädatoren für Kleinsäuger sind, wurde weiterhin die aufgenommene Nahrung der Bachforellen analysiert.

2. Material und Methoden

2.1 Probenahme

Der Fang der zu untersuchenden Bachforellen aus sieben Gewässern im Nationalpark Harz (*Abb. 3*) erfolgte in den Jahren 2016 und 2017 überwiegend im August (Tab. 1) mittels Elektrofischerei (Watfischerei). Bei den Befischungen kam ein fischschonendes batteriebetriebenes Elektrofischfanggerät (EFGI 650, Fa. Brettschneider) mit geglättetem Gleichstrom (Restwelligkeit unter 5 %) zur Anwendung.

Tab. 1: Übersicht über die Probenahmezeitpunkte und Stichprobenumfänge (N) der Bachforellen aus den einzelnen Nationalparkgewässern

Gewässer	Datum	N
Ecker	29. 8. 2017	20
Eckertalsperre	22. 4. 2017	8
Ilse	15. 8. 2016	10
	22. 8. 2017	10
Kalte Bode	12. 8. 2016	10
	21. 8. 2017	10
Sieber	28. 8. 2017	20
Warme Bode	23. 8. 2017	20
Wormke	31. 5. 2016	10
	10.08.2017	12

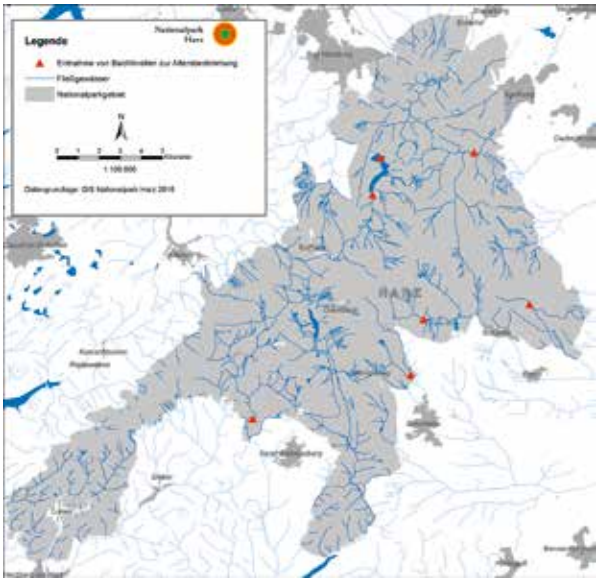

Abb. 3: Probepunkte zur Altersbestimmung im Nationalpark Harz

Aus den Fängen wurden pro Bach etwa 20 Bachforellen möglichst gleichmäßig über den gesamten gefangenen Größenbereich verteilt als zu untersuchende Probe entnommen, mit Tricaine Methansulfonat (MS 222, 0,015%ige Lösung) getötet und entweder noch am Fangtag gekühlt oder später tiefgefroren zum Labor transportiert. Die aus der Eckertalsperre stammenden Untersuchungsfische (Tab. 1) wurden mittels Angelfischerei im Rahmen einer Kontrollbefischung zur Fischbestandsentwicklung durch Mitarbeiter der Harzwasserwerke Hildesheim entnommen, Totallänge (Messgenauigkeit ±5 mm) und Stückmasse (Messgenauigkeit ±1 g) erfasst sowie deren Kopf und Magen eingefroren.

Frische tote Bachforellen wurden noch am gleichen Tag und tiefgefrorene Bachforellen nach der Lagerung bei –20 °C und dem Auftauen im Labor untersucht. Von jeder Bachforelle erfolgte die Bestimmung der Totallänge (Messgenauigkeit ±1 mm) und Stückmasse (Messgenauigkeit ±0,1 g). Anschließend wurden von 30 Bachforellen Schuppenproben und von allen Fischen die Otolithen entnommen. Dann erfolgten die Öffnung der Bauchhöhle und die Bestimmung des Geschlechtes der Bachforellen visuell anhand der Form der Gonaden, ggf. unter Zuhilfenahme eines Quetschpräparates von Gonadengewebe, unter dem Binokular. Bei den im Jahr 2017 gefangenen Bachforellen (100 Individuen) wurde weiterhin der Magen-Darm-Trakt heraus präpariert und zur weiteren Konservierung in 96%igen vergällten Alkohol überführt. Die Einschätzung des Magenfüllgrades erfolgte visuell in drei Kategorien: 1 = leer, 2 = halb gefüllt und 3 = voll gefüllt.

2.2 Altersbestimmung und Wachstumsrückberechnung

Für die Altersbestimmung anhand der Schuppen erfolgte die Schuppenentnahme an der Körperseite im Bereich oberhalb der Afterflosse. Pro Fisch wurden mit einer Pinzette mindestens 30 Schuppen aus diesem Bereich entnommen, da häufig Ersatzschuppen vertreten waren. Jede Schuppenprobe wurde zur Reinigung für 24 h in eine Glasschale

mit Wasser und Spülmittel überführt. Anschließend wurde jede Schuppenprobe auf einem Objektträger verteilt, mit einem weiteren Objektträger abgedeckt und unter einem Binokular (Leica MZ 125, Fa. Leica Microscopy Systems Ltd, Heerbrugg, Schweiz) bei 20facher Vergrößerung betrachtet.

Für die Altersbestimmung anhand der Otolithen wurden die Sagitta der Bachforellen entnommen und zum Entwässern in 96%igen vergällten Alkohol überführt. Die Otolithen wurden mit einem Skalpell transvers durch die Mitte halbiert, die Bruchstücke einzeln über einer Bunsenbrennerflamme gebrannt und abschließend mit der Bruchkante nach unten auf einem Objektträger in transparentes Silikon eingebettet. Das Auszählen der Jahresringe erfolgte unter dem Lichtmikroskop (LEITZ Laborlux S, Fa. Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Germany) bei 125facher Gesamtvergrößerung (*Abb. 4*). Die Altersgruppeneinteilung entspricht der in der Fischereibiologie üblichen Methodik (Petersen 1895).

Für die Längen- bzw. Wachstumsrückberechnung wurde der Abstand zwischen den einzelnen Winterringen der Otolithen unter dem Lichtmikroskop mit Hilfe eines Okularmikrometers (Fa. Ernst Leitz Wetzlar GmbH, Germany) bei 125-facher Vergrößerung vermessen (Messgenauigkeit ±11,11 µm). Die Längenrückberechnung erfolgt nach der Formel von Berg (1988): ln = (On : Og) x lg

wobei ln = die Fischgesamtlänge zur Zeit der Bildung des Winterrings n,
lg = die Fischgesamtlänge zum Zeitpunkt der Otolithenentnahme,
On = der Otolithenradius zum Winterring n in ventraler Ebene und
Og = der Otolithengesamtradius in ventraler Ebene ist.

Mit der Längenrückberechnung wurden die Altersangaben kalibriert und so die ermittelten Wachstumsverhältnisse präzisiert. Voraussetzung für die Längenrückberechnung ist ein linearer Zusammenhang zwischen der Körperlänge und dem Otolithenradius, welche das Untersuchungsmaterial aufwies (*Abb. 5*). Um die Streuung der rückberechneten Längenwerte zu minimieren, gingen diese nur bis zu der Altersgruppe in die Darstellung des rückberechneten Wachstums ein, wo das arithmetische Mittel von mindestens sechs Bachforellen eines Gewässers gebildet werden konnte.

Im Ergebnis der vorliegenden Altersuntersuchung konnte Lorenz (2018) den im Rahmen des Fischmonitorings in der Sieber ermittelten Längengruppen ein entsprechendes Alter zuordnen und so erste Rückschlüsse auf die Bestandssituation ziehen.

Abb. 4:
Fertig präparierter Otolith einer männlichen Bachforelle mit 24,5 cm Körperlänge (Alter 6+).
Foto: Janek Simon

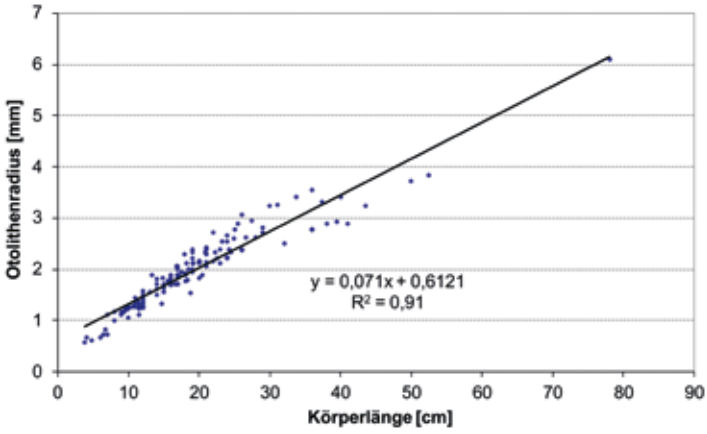

Abb. 5:
Zusammenhang zwischen der Körperlänge und dem Otolithenradius der Bachforellen (N = 130)

2.3 Nahrungsuntersuchungen

Für die Nahrungsuntersuchungen wurde der in Ethanol fixierte Verdauungstrakt abschnittsweise komplett geöffnet (1. Magen, 2. Darm) und jeweils alle Nahrungsbestandteile in einer Petrischale separiert. Alle im Magen befindlichen Nahrungsorganismen wurden unter dem Binokular (WILD M3Z, Fa. Heerbrugg) bei 10–60-facher Vergrößerung nach Organismengruppen bis zur Ordnung oder – sofern möglich – bis zur Gattung bzw. Art bestimmt und gezählt. Nicht bestimmbare Bestandteile (Pflanzen, Kies, Sand, Detritus usw.) wurden nicht erfasst. Für die Nahrungsreste im Darm wurde versucht, zumindest anhand bestimmbarer Körperteile das Nahrungsspektrum zu analysieren und zu vervollständigen. Eine numerische Analyse und vollständige Zuordnung war hier wegen der sehr unterschiedlichen Verdaulichkeit der Organismen-gruppen nicht mehr möglich.

Im Zuge der Nahrungsuntersuchungen konnten im Magen-Darm-Trakt auch Parasiten festgestellt werden. Diese wurden gezählt und später bestimmt.

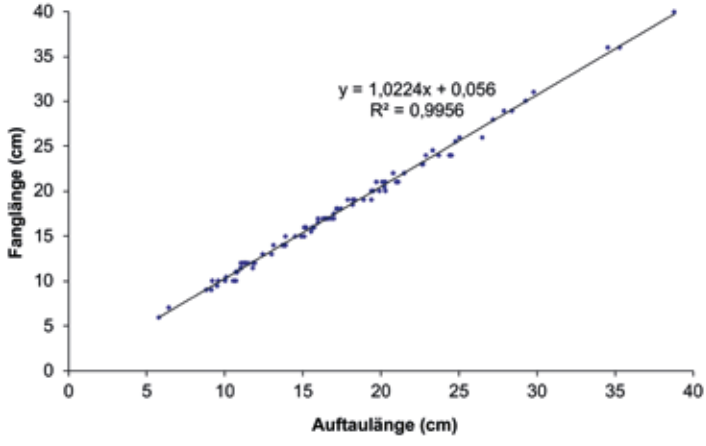

Abb. 6:
Zusammenhang zwischen Fanglänge und Auftaulänge der Bachforellen (N = 86)

2.4 Datenauswertung

Der Einfrier- und Auftauprozess führt bei Fischen zu einer Reduktion in der Körperlänge und Masse (z. B. Treasurer 1990, Simon 2013). Da keine Korrekturwerte für Bachforellen

bekannt waren und nicht für alle eingefrorenen Fische Fangdaten (Körperlänge, Masse) vorlagen, erfolgte bei den eingefrorenen Bachforellen ohne Fangdaten eine Korrektur der nach dem Auftauprozess gemessenen Körperlänge anhand eines in Anlehnung an Simon (2013) aus den vorliegenden Daten berechneten Korrekturfaktors (*Abb. 6*).

Das Wachstum männlicher und weiblicher Bachforellen kann sich voneinander unterscheiden (z. B. Arslan et al. 2007). Bei den vorliegenden Untersuchungen wurde deshalb in den Bächen, in denen mindestens acht Individuen beiderlei Geschlechts vertreten waren, statistisch geprüft, ob es Unterschiede im Wachstum zwischen beiden Geschlechtern gibt.
Die Berechnung des Korpulenzfaktors (K) der Bachforellen erfolgte nach Ricker (1975).
Die Statistischen Analysen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) Version 9.0.
Um eventuell vorhandene Wachstumsunterschiede zwischen den Gewässern prüfen zu können, wurde eine Längenrückberechnung durchgeführt. Einige dieser Daten wiesen keine Normalverteilung bzw. Varianzhomogenität auf. Deshalb wurde auf Unterschiede zwischen zwei Merkmalsgruppen (z. B. Weibchen versus Männchen) mittels Mann-Whitney-Test (U-Test) geprüft. Bei mehr als zwei Merkmalsgruppen (z. B. die verschiedenen Gewässer) erfolgte die Überprüfung auf Unterschiede zwischen den Gruppen mittels Kruskal-Wallis-Test (H-Test) und anschließender Ranganalyse (Rangtransformation) mittels Test nach Nemenyi. Bei allen Tests wurde ein Signifikanzniveau von $p < 0{,}05$ zugrunde gelegt. Da multiples Testen die Wahrscheinlichkeit einer Falschaussage erhöht (α-Fehler Inflation), wurde die Signifikanzschranke (p-Werte) nach der Benjamini-Hochberg-Prozedur (false discovery rate – FDR) adjustiert (Benjamini & Hochberg 1995).

3. Ergebnisse

3.1 Morphometrische Daten

Aus den sieben Gewässern des Nationalparks Harz wurden insgesamt 130 Bachforellen entnommen. Die untersuchten Bachforellen hatten eine Körperlänge von 3,8 – 78,0 cm und eine Stückmasse von 0,4 – 4.852 g. Bei den Fischen aus der Eckertalsperre (8 Bachforellen) waren ausschließlich Fische über 35 cm Körperlänge vertreten. Der Korpulenzfaktor betrug im Mittel 1,0 bei einer Spannweite von 0,8 – 1,4 (Tab. 2). In fast allen Proben dominierten die Männchen. Lediglich in der Probe von der Kalten Bode waren mehr Weibchen als Männchen vertreten.

Tab. 2: Mittlere (Spanne) Körperlänge, Stückmasse und Korpulenzfaktor (K) sowie Männchenanteil der untersuchten Bachforellen (n. b. nicht bestimmbar)

Gewässer	N	Körperlänge (cm)	Stückmasse (g)	K	Männchen-anteil (%)
Ecker	20	18,3 (4,6–36,0)	856 (0,7 – 391)	1,0 (0,8–1,2)	60
Eckertalsperre	8	47,3 (36,0–78,0)	1.213 (330–4.852)	0,8 (0,7–1,0)	n. b.
Ilse	20	17,1 (6,4–32,1)	75 (2,3–372)	1,1 (0,9–1,2)	40
Kalte Bode	20	18,2 (3,8–37,4)	96 (0,4–599)	1,1 (0,8–1,2)	40
Sieber	20	18,6 (6,0–40,0)	108 (2,0–645)	1,1 (1,0–1,3)	50
Warme Bode	20	16,7 (4,1–36,0)	82 (0,6–575)	1,1 (0,9–1,4)	50
Wormke	22	16,3 (4,8–33,8)	70 (0,9–462)	1,0 (0,8–1,3)	50

3.2 Altersbestimmung und Längenrückberechnung

Die Altersbestimmung anhand der Otolithen war bei drei Bachforellen (2,3 %) aufgrund von Defekten bei der Ausbildung der Otolithen nicht möglich. Bei den restlichen Bachforellen wurde anhand der Otolithen ein Alter von 0+ bis 21+ ermittelt (Tab. 3). Bei den zusätzlich zu Vergleichszwecken entnommenen 30 Schuppenproben wurde ein Alter von 0+ bis 8+ bestimmt. Auffällig war der sehr hohe Anteil an Ersatzschuppen in den Schuppenproben, der teilweise über 90 % lag.

Tab. 3: Vertretene Altersgruppen und rückberechnete Wachstumsdaten der untersuchten Bachforellen

Gewässer	N	Alters-gruppen	Mittlere Körperlänge (cm)			Jährlicher Zuwachs in den ersten 3 Jahren (cm)		
			Ende 1. Jahr	Ende 2. Jahr	Ende 3. Jahr	Min.	Mittel	Max.
Ecker	20	0+ – 7+	7,9	12,9	16,6	4,8	5,9	7,6
Eckertalsperre	8	7+ – 21+	9,4	16,6	22,6	6,2	7,5	8,1
Ilse	20	0+ – 11+	7,7	11,6	14,7	4,0	4,9	6,2
Kalte Bode	20	0+ – 10+	6,3	10,5	13,6	3,9	4,7	5,4
Sieber	18	0+ – 12+	7,8	12,2	15,8	4,8	5,3	6,5
Warme Bode	19	0+ – 12+	8,0	12,6	16,4	5,0	5,8	6,8
Wormke	22	0+ – 12+	7,3	10,9	14,7	4,2	5,0	5,9

Bei den untersuchten Bachforellen besteht eine hoch signifikante ($P < 0{,}001$), ausgeprägte, lineare Korrelation ($R^2 = 0{,}91$) zwischen der Körperlänge und dem Otolithenradius (*Abb. 5*).

In den Stichproben von der Kalten Bode waren die untersuchten Weibchen (N = 9) signifikant kleiner und jünger als die Männchen (N = 8) (*Abb. 7*, U-Test, d.f. = 1, $p < 0{,}05$). Zwischen den Weibchen (N = 9) und Männchen (N = 10) aus der Warmen Bode konnten dagegen keine solchen Unterschiede festgestellt werden (*Abb.* 8, U-Test, d.f. = 1, $p > 0{,}05$). In beiden Gewässern zeigten sich zwischen beiden Geschlechtern keine signifikanten Unterschiede im Korpulenzfaktor, den rückberechneten Längen und im jährlichen Zuwachs in den ersten vier Lebensjahren (U-Test, d.f. = 1, $p > 0{,}05$).

Nach den Ergebnissen der Längenrückberechnung betrug die durchschnittliche Körperlänge der Bachforellen in allen sieben Gewässern zum Ende des 1. Lebensjahres

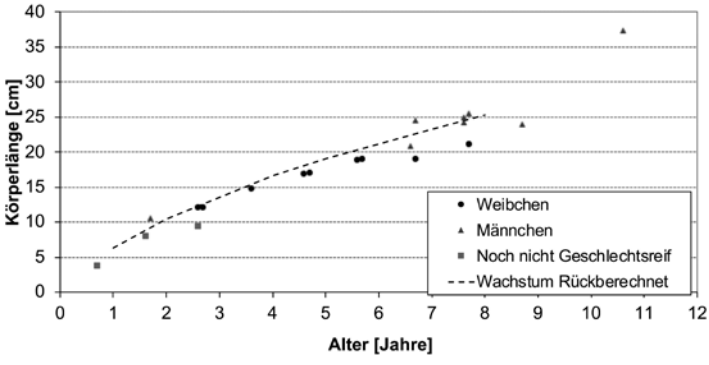

Abb. 7: *Alter-Längen-Verteilung und rückberechnetes Wachstum der Bachforellen in der Kalten Bode (N = 20)*

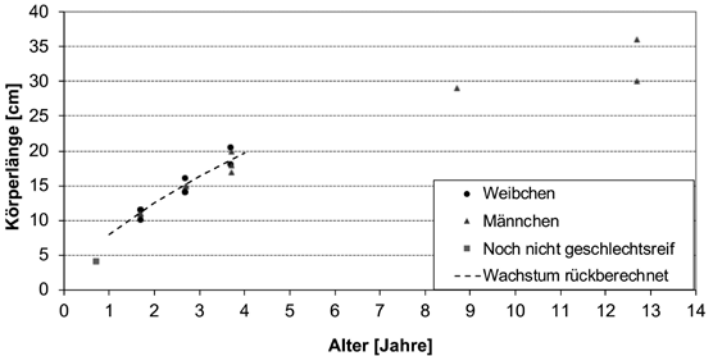

Abb. 8:
Alter-Längen-Verteilung und rückberechnetes Wachstum der Bachforellen in der Warmen Bode (N = 19)

6,3 – 9,4 cm und zum Ende des 3. Lebensjahres 13,6 – 22,6 cm (Tab. 3). Der rückberechnete jährliche Zuwachs in den ersten drei Lebensjahren schwankte sowohl zwischen den Gewässern als auch zwischen den untersuchten Bachforellen eines Gewässers und betrug im Mittel 4,7 – 7,5 cm pro Jahr bei einer Spanne von 3,9 – 8,1 cm pro Jahr.

Die Bachforellen aus der Eckertalsperre wiesen mit einem durchschnittlichen Zuwachs in den ersten drei Lebensjahren von 7,5 cm/Jahr das schnellste Wachstum auf (Tab. 3, *Abb. 11*). Das Wachstum dieser Fische war dabei signifikant besser (H-Test, d.f. 5, $p < 0{,}01$) als das der Bachforellen aus Ilse, Kalten Bode und Wormke. Den niedrigsten durchschnittlichen Jahreszuwachs in den ersten drei Lebensjahren hatten die Bachforellen aus der Kalten Bode mit 4,7 cm/Jahr. Weiterhin war das für die ersten drei Jahre rückberechnete Wachstum der Bachforellen aus der Ecker mit 5,9 cm/Jahr signifikant höher (H-Test, d.f. 5, $p < 0{,}05$) als das der Bachforellen aus der Kalten Bode mit 4,7 cm/Jahr. Zwischen den übrigen Bächen des Nationalparks Harz konnten keine signifikanten Unterschiede im Wachstum der Bachforellen festgestellt werden.

Die Altersgruppenzuordnung von im Rahmen des Fischmonitorings in der Sieber gefangenen 706 Bachforellen anhand der ermittelten Längengruppen zeigt, dass 77 % der Fische ein Alter von zwei bis vier Jahren hatten. Jüngere Fische waren hingegen mit rund 9 % deutlich unterrepräsentiert (Lorenz 2018).

3.3 Nahrungsuntersuchungen

Von den 2017 hinsichtlich ihres Nahrungsinhaltes untersuchten 100 Bachforellen wiesen 96 % einen vollen und 4 % einen leeren Magen-Darm-Trakt auf. Von den 96 Forellen, die Nahrung im Magen-Darm-Trakt hatten, wurden pro Fisch durchschnittlich 5,8 ± 2,1 (S.D.) verschiedene Taxa an Nahrungsorganismen identifiziert, bei einer Spanne von einer bis zwölf Taxa.

In der Nahrung dominierten Insekten und ihre Larven, die in 94 Bachforellenmägen nachgewiesen werden konnten (*Abb. 9*). Bei den sicher bestimmbaren Insektengruppen dominierten die Köcherfliegenlarven (*Trichoptera*), die bei 90 Bachforellen zum Nahrungsspektrum gehörten und die Larven der Zweiflügler (*Diptera*) (bei 71 Forellen). Mit deutlichem Abstand folgten Spinnentiere (bei 29 Forellen) und Wirbeltiere (bei 12 Forellen).

Auch hinsichtlich der durchschnittlichen Anzahl an Nährtieren pro Fisch waren die Insekten mit 33 Individuen je Fisch erwartungsgemäß bestimmend. Von den Insekten wurden zahlenmäßig am meisten Kriebelmücken (14 Individuen/Fisch) gefolgt von Köcherfliegen (12 Individuen/Fisch), Hautflüglern (5 Individuen/Fisch) und Eintagsfliegen

(4 Individuen/Fisch) gefressen. Als Nahrungsbestandteil bedeutsam waren auch Zuckmücken-Larven, Käfer und deren Larven. Darüber hinaus wurden Larven von Steinfliegen und Libellen sowie Ameisen, Wespen, Ohrwürmer, Wanzen und Wassermilben im Verdauungstrakt der Forellen gefunden. Einzelne Fische hatten bis zu 171 Köcherfliegen, 135 Kriebelmücken, 50 Zuckmücken, 24 Ameisen und 22 Süßwassermilben gefressen.

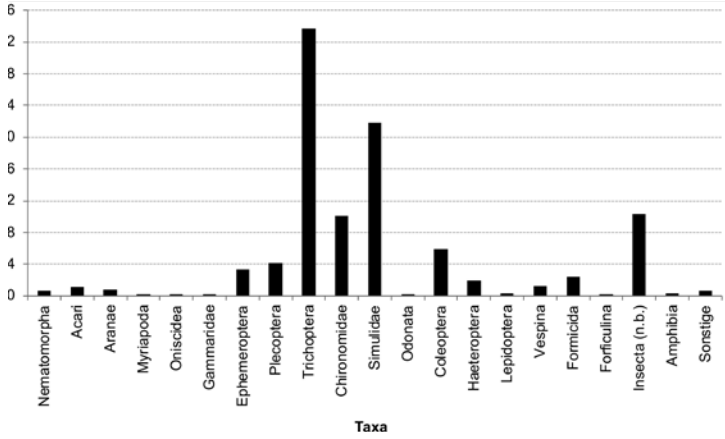

Abb. 9:
Relative Anteile der Organismengruppen in der Nahrung der Bachforellen anhand der ermittelten Individuenhäufigkeiten (Organismengruppen mit unter fünf nachgewiesenen Individuen sind unter Sonstige zusammen gefasst)

Bei größeren Bachforellen waren auch Wirbeltiere wie z. B. Fische, Amphibien und Mäuse in der Nahrung vertreten. Von 14 untersuchten Bachforellen ≥ 30 cm Körperlänge hatten drei (21 %) vier Gelbhalsmäuse gefressen. Weiterhin wurden drei Bachforellen, fünf Frösche, zwei Molche und eine Ringelnatter nachgewiesen. Mäuse als Nahrungsbestandteil konnten in drei Bächen (Ilse, Sieber, Warme Bode) ermittelt werden. Fische als Nahrung waren ausschließlich in der Sieber festzustellen. Amphibien (Frösche und Molche) bzw. Amphibienlaich (Erdkröte) waren nur in Fischen aus der Ecker und Eckertalsperre nachzuweisen. Die Ringelnatter stammt aus einem Forellenmagen aus der Warmen Bode (Höhe 670 m ü. NHN). Dieser Nachweis ist aktuell auch der höchstgelegene Fundpunkt dieser Reptilienart im Harz.

Von den hinsichtlich ihrer Nahrung untersuchten 100 Bachforellen wiesen 13 Exemplare einen Befall mit dem Fadenwurm (Nematode) *Cystidicoloides ephemeridarum* als Darmparasiten auf. Fadenwürmer wurden nur bei Forellen aus der Ilse und Sieber festgestellt. Dort traten Befallsraten von 30 % (Sieber) und 70 % (Ilse) auf. Die Befallsintensität war in beiden Flüssen mit einem bis 17 Parasiten pro Fisch individuell sehr unterschiedlich und entspricht einem geringen bis starken Befall. Weiterhin wurden in den Mägen der Bachforellen aus der Ilse und Sieber adulte Saitenwürmer (Nematomorpha) der Art *Gordius aquaticus* (*Abb. 10*) im Enddarm gefunden (bis zu 3 Individuen/Fisch).

4. Diskussion

4.1 Alter und Wachstum

Bei den 30 Forellen aus drei Bächen, bei denen Schuppenproben entnommen wurden, war der sehr hohe Anteil an Ersatzschuppen in den untersuchten Proben auffällig. Bei Bachforellen können über 70 % aller Schuppen erneuert sein (Schindowski & Tesch 1956). In der Wormke lag der Anteil an Ersatzschuppen mit 95 % noch deutlich darüber.

Bei den jüngsten Altersgruppen stimmte das nach den Schuppen und den Otolithen bestimmte Alter noch häufig überein. Mit zunehmendem Alter der Forellen stieg jedoch

Abb. 10: *Aus dem After einer Bachforelle ragender Saitenwurm (Gordius aquaticus)*
Foto: Janek Simon

die Differenz zwischen den Ergebnissen beider Altersbestimmungsmethoden an. Bei den ältesten Bachforellen wiesen die Otolithen um bis zu fünf Winterringe mehr auf als die Schuppen des gleichen Fisches. Über alle untersuchten Altersgruppen betrachtet, wird anhand der Schuppen das Alter der Bachforellen im Durchschnitt um zwei Jahre unterschätzt. Demnach scheinen Otolithen besser für die Altersbestimmung bei Bachforellen geeignet zu sein als Schuppen, was bereits Graynoth (1996) feststellte. Albrecht & Tesch (1961) beobachteten, dass der erste Winterring auf allen Schuppen, der 2. Jahresring auf fast allen Schuppen und der 3. Winterring nur schwer sichtbar ist. Jonsson (1976) fand, dass nach dem Eintritt der Geschlechtsreife auf den Schuppen teilweise keine Winterringe mehr ausgebildet wurden, während die Otolithen das korrekte Alter zeigten. Als Ursache für die fehlende Ringbildung auf den Schuppen geschlechtsreifer Bachforellen vermutet er das langsamere Wachstum der Schuppen. Weiterhin können Resorptionsprozesse an den Schuppen während der Ausbildung der Geschlechtsprodukte und in Hungerzeiten die Ursache für die fehlende Winterringbildung auf den Schuppen sein (Segerstråle 1933). Deshalb erfolgte die Altersbestimmung bei den Bachforellen in der vorliegenden Studie ausschließlich anhand der Otolithen.

Zwischen weiblichen und männlichen Bachforellen aus den Bächen des Nationalparks Harz konnten überwiegend keine signifikanten Unterschiede in der Alters-Längen-Verteilung bzw. im Wachstum festgestellt werden, weshalb sie mit den geschlechtlich noch nicht differenzierten Individuen zusammen ausgewertet wurden.

Die Längenrückberechnung anhand der Otolithen ergab das mit Abstand schnellste Wachstum für Bachforellen aus der Eckertalsperre. Da aus der Eckertalsperre nur große Individuen über 35 cm Körperlänge untersucht wurden, kann es jedoch sein, dass das ermittelte bessere Wachstum darauf zurück zu führen ist, dass nur schnellwüchsige große Fische selektiv gefangen und untersucht wurden. Das Wachstum der Bachforellen aus den untersuchten Fließgewässern unterschied sich hingegen nur wenig.

Die Altersgruppenzuordnung der im Rahmen des Fischmonitorings in der Sieber gefangenen Bachforellen zeigt, dass Jungfische unter 2 Jahren deutlich unterrepräsentiert waren. Auch wenn man davon ausgeht, dass aufgrund der schlechteren Fangbarkeit der Jungfische die Altersgruppe 0+ in der Fangstatistik höher einzustufen ist, lässt sich

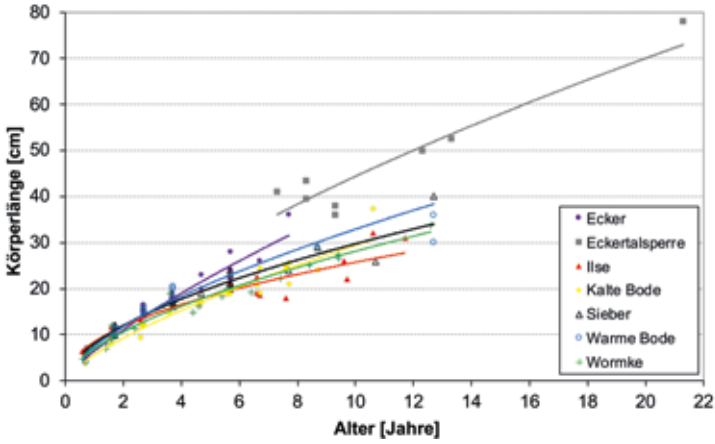

Abb. 11: Rückberechnetes Wachstum der untersuchten Bachforellen aus den Gewässern des Nationalparks Harz

schlussfolgern, dass die Reproduktion überwiegend in den Nebenbächen erfolgt und erst die größeren Jungfische in die Sieber einwandern.

Der Fisch mit dem höchsten nachgewiesenen Alter von 21+ (Körperlänge 78 cm) stammt aus der Eckertalsperre. In den Fließgewässern lag das Höchstalter der untersuchten Fische bei 12+ (Sieber, Warme Bode, Wormke). Da z. B. große Bachforellen in der Monitoringstrecke im Oberlauf der Wormke (durchschnittliche Breite ca. 1,5 Meter) über mehrere Jahre an fast der gleichen Stelle gefangen wurden, scheinen die großen Fische sehr standorttreu zu sein. Das bei der Untersuchung nachgewiesene Alter von 12+ ist sehr wahrscheinlich noch nicht das erreichbare Endalter in den Bächen, da der Oberlauf der Wormke erst seit 2008 wiederbesiedelt wurde (Wüstemann 2013, 2018). Auffällig war auch, dass alle Bachforellen aus Fließgewässern über 30 cm Körperlänge männlichen Geschlechts waren und ein Alter zwischen 10+ und 12+ aufwiesen. Die einzige Ausnahme war eine 36 cm lange Bachforelle aus der Ecker, die in die Altersgruppe 7+ fiel. Hierbei könnte es sich um einen »Aufsteiger« aus der Eckertalsperre handeln, da die Talsperrenfische eine höhere Wachstumsrate haben. In der Talsperre konnten auch weibliche Fische über 30 cm nachgewiesen werden.

Magen-Darm-Parasiten in Form von Fadenwürmern traten nur in Bachforellen aus der Ilse und der Sieber auf. Diese wiesen ein vergleichbares Wachstum wie die Bachforellen aus der Kalten Bode, Warmen Bode und Wormke auf (H-Test, d.f. 5, $p > 0{,}05$), die nicht mit diesen Parasiten befallen waren. Damit kann eine durch Parasitenbefall ausgelöste Wachstumsdepression weitgehend ausgeschlossen werden.

Alle Bachforellen aus der Eckertalsperre wurden im April und zehn Bachforellen aus der Wormke Ende Mai gefangen. Obwohl sie schon im Frühjahr weiter gewachsen sind, wurden sie für die grafische Darstellung noch der Altersgruppe des letzten abgeschlossenen Jahres zugeordnet (also ein 1+ Fisch der AG 1) und damit ihr Wachstum etwas überschätzt. Die übrigen Bachforellen wurden alle im August gefangen. Da sie schon über eine halbe Wachstumsperiode nach dem letzten Winter gewachsen waren, wurden sie bei der Altersgruppeneinteilung bereits der nächsten Altersgruppe (also ein 1+ Fisch der AG 2) zugeordnet und damit das Wachstum etwas unterschätzt.

Unter den untersuchten Bachforellen aus den sechs Harzbächen waren die ersten Männchen und Weibchen bereits im 2. Sommer mit einer Körperlänge von 10 – 12 cm geschlechtsreif. Ab dem 3. Sommer bzw. ab einer Körperlänge von 15 cm war bei allen Bachforellen das Geschlecht eindeutig festgelegt. Dies stimmt gut mit Literaturangaben

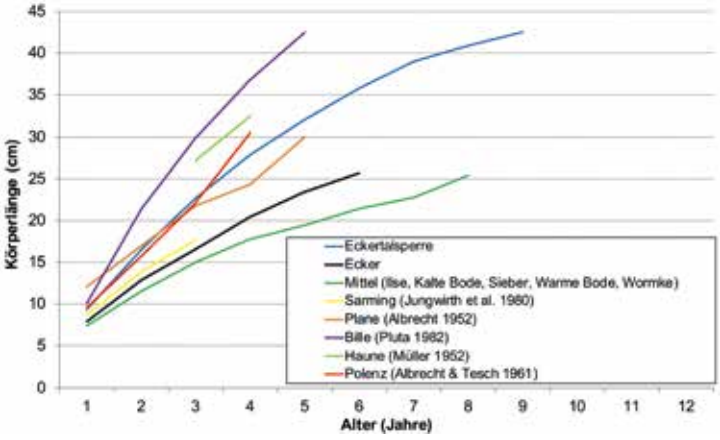

Abb. 12: *Vergleich des rückberechneten Wachstums der Bachforellen aus den Bächen des Nationalparks mit Werten aus der Literatur*

überein, nach denen die Männchen meist im 2. und die Weibchen meist im 3. Lebensjahr geschlechtsreif werden (z. B. Muus & Dahlström 1993). Nach Bauch (1954) tritt die Geschlechtsreife bei männlichen Bachforellen mit 20 – 25 cm Körperlänge bzw. mit 2 – 3 Jahren (selten mit einem Jahr) und bei weiblichen Tieren mit 25 – 30 cm Körperlänge bzw. mit 2 – 3 Jahren ein. In kalten Gebirgsgewässern werden nach Smolian (1920) weibliche Bachforellen frühestens mit 14 cm Körperlänge geschlechtsreif. Dass ein Teil der Bachforellen in den Gewässern des Nationalparks Harz die Geschlechtsreife schon mit 10 – 12 cm Körperlänge erreicht, könnte im Zusammenhang mit dem langsameren Wachstum der Fische stehen und eine genetische Anpassung an die vorherrschenden Umweltbedingungen sein.

Ein Vergleich der rückberechneten Wachstumsdaten der Bachforellen aus den Bächen des Nationalparks Harz mit dem aus anderen Fließgewässern Deutschlands ergibt ein differenziertes Bild (*Abb. 12*). Alle Bachforellen im Nationalpark Harz sind langsamer gewachsen als ihre Artgenossen in Flachlandbächen (Müller 1952, Pluta 1982). Die Bachforellen aus der Eckertalsperre wiesen ein vergleichbares Wachstum mit Bachforellen aus einem Hügellandbach auf (Albrecht 1952). In Hügellandbächen und Flachlandbächen wachsen Bachforellen aufgrund der längeren Vegetationsperiode und des reicheren Nahrungsangebotes besser als in kühlen nährstoffarmen Hoch- und Mittelgebirgsbächen. Die untersuchten Bachforellen aus der Eckertalsperre und Ecker wiesen ein besseres oder vergleichbares Wachstum wie bzw. als in anderen Gebirgsbächen auf (Albrecht & Tesch 1961, Jungwirth et al. 1980). Die Bachforellen aus den übrigen Bächen des Nationalparks Harz lagen aber vom Zuwachs her unter dem von Bachforellen aus anderen Gebirgsbächen, was an den extremen Umweltbedingungen oder einem zeitweise schlechteren Nahrungsangebot in den untersuchten Harzbächen liegen könnte.

4.2 Nahrungsuntersuchungen

Das Nahrungsspektrum der Bachforellen umfasste neben Insekten (Anflugnahrung), Insektenlarven und Fischen auch Milben, Krebse, Asseln, Amphibien und Kleinsäuger. Damit entsprach das Nahrungsspektrum der Bachforellen weitgehend dem, was auch in anderen Gewässern in Europa beobachtet wurde (z. B. Albrecht & Tesch 1961, Dauod et al. 1986, Fochetti et al. 2008). Dass Mäuse eine nicht unbedeutende Nahrung von größeren Bachforellen sein können, wurde bisher noch nicht beschrieben.

Es konnten keine speziellen Präferenzen bei der Nahrungsaufnahme festgestellt werden. Die Bachforellen fraßen als Nahrungsopportunisten das, was gerade verfügbar war und dies dann teilweise in Massen. Auffallend war lediglich, dass bei Bachforellen über 30 cm Körperlänge Wirbeltiere als Nahrung eine zunehmende Bedeutung haben. Bei vorangegangenen Nahrungsuntersuchungen wurden bei 12 Bachforellen über 30 cm aus der Eckertalsperre neben Köcherfliegenlarven, Wasserkäfern und Libellenlarven auch zwei Schermäuse, 21 Fadenmolche, acht Grasfrösche, drei Erdkröten und ein Bergmolch nachgewiesen. Eine Bachforelle von 45 cm Körperlänge hatte 12 Fadenmolche im Magen. Bis auf zwei der 2011 und 2016 untersuchten Bachforellen hatten alle Wirbeltiere gefressen. Es scheint so, dass sich die Bachforellen in den Gewässern des Nationalparks Harz, ab einer bestimmten Größe, zunehmend bei der Nahrungssuche auf Wirbeltiere spezialisieren. Bemerkenswert ist, dass Kannibalismus nur in einem der untersuchten Gewässer und nur in drei Fällen nachgewiesen werden konnte.

Das Vorkommen von adulten Saitenwürmern in Bachforellen des Nationalparks wurde bereits im Rahmen der Fischbestandserfassung in der Ilse und der Sieber bei der Elektrobefischung im Sommer (Juni/Juli) 2016 und 2017 festgestellt. Die Saitenwürmer verließen bei anliegendem Gleichstrom den Enddarm der Bachforellen und konnten auf dem Keschernetz abgesammelt werden. Meist handelte es sich um ein bis maximal 4 Tiere, die lebend aus dem After der Fische austraten.

Das Auftreten der adulten Saitenwürmer im Magen-Darm-Trakt der Bachforellen aus den beiden Bachsystemen kann zwei Ursachen haben. Die Larven der Saitenwürmer leben parasitisch in Wasserinsekten als Zwischenwirt (Schmidt-Rhaesa 2002). Werden diese nach ihrem Schlupf von räuberischen Landinsekten gefressen, hat der Parasit seinen Endwirt erreicht und wird geschlechtsreif. Die adulten Tiere fressen nach Erreichen der Geschlechtsreife nicht mehr und verlassen zur Paarung und Eiablage den Endwirt. Bei der Fortpflanzung können sie dann als Würmerknäuel besonders an Bächen gefunden werden. Entweder haben die Forellen die Parasiten mit gefressenen räuberischen Insekten aufgenommen oder als vermeintliche Nahrung direkt gefressen. Für das letztere spricht die Tatsache, dass bei Gewässeruntersuchungen in der Sieber und Bächen des Ilsesystems mehrmals adulte freischwimmende Saitenwürmer festgestellt werden konnten. Erstaunlich ist auch, dass die Saitenwürmer im Fischmagen überleben und sich anscheinend dort länger ohne Schädigung aufhalten können, was auch die Nachweise bei der Elektrofischerei zeigen. Auch werden die Fische augenscheinlich nicht durch die Anwesenheit der Saitenwürmer geschädigt. In der den Autoren vorliegenden Literatur gibt es keinen Hinweis auf das Vorkommen von lebenden Saitenwürmern in Bachforellen.

4.3. Mögliche Ursachen für die Wachstumsdepression der Nationalparkfische

Aufgrund des hohen Anteils an Fischen mit vollem Magen beim Fang (95 %) und des breiten aufgenommenen Nahrungsspektrums scheint Nahrungsmangel nicht die Ursache für das geringere Wachstum der Bachforellen im Vergleich zu anderen in der Literatur genannten, vergleichbaren Gewässern zu sein. Eventuell spielen hier besondere Umweltverhältnisse eine Rolle. In den Gewässern des Nationalparks Harz wurden in den letzten Jahren Bestandsdichten von 0,07 – 0,44 Bachforellen pro Quadratmeter Gewässerfläche festgestellt (Wüstemann 2013, Lorenz 2018). In der Literatur werden Bestandsdichten von 0,03 – 1,4 Bachforellen/m² genannt (Jungwirth et al. 1980, Blohm et al. 1994, Jenkins et al. 1999, Bohlin et al. 2002, Baer & Brinker 2008,). Blohm et al. (1994) gibt für gute Bachforellenbestände im Gebirge und Mittelgebirge Bestandsdichten von 0,3 – 0,5 Individuen/m² in kleinen Bächen und 0,1 Individuen/m² in Flüssen an. Ob die Bestandsdichte einen Einfluss auf das Wachstum der Bachforellen hat, ist in der Diskussion.

Einige Studien fanden keinen Einfluss (Bachman, 1984, Elliot 1994, Baer & Brinker 2008), andere dagegen schon (Jenkins et al. 1999, Bohlin et al. 2002).

Weiterhin wären die teilweise niedrigen pH-Werte und hohen Strömungsgeschwindigkeiten in den Gewässern und der damit verbundene höhere Energieverbrauch zur Kompensation des Stresses zu nennen. Im Rahmen des Fließgewässermonitorings im Nationalpark Harz wurde nachgewiesen, dass die pH-Werte in den Oberläufen der Fließgewässer während der Schneeschmelze und bei Starkregen zeitweise in für Fische lebensfeindliche Bereiche (pH-Werte zwischen 4 und 5) fallen können (Wüstemann 2013). Diese Bedingungen führen nachweislich nicht mehr zu Sterblichkeiten bei den Bachforellen, was vermutlich an den seit den 1990er Jahren verringerten Luftschadstofffrachten und der guten Anpassung der Bachforellen an ihr jeweiliges Heimatgewässer liegt. Es kann auch nicht ganz ausgeschlossen werden, dass der derzeit hohe Anteil an Huminstoffen ebenfalls einen positiven Einfluss auf die Gewässersituation hat. Denkbar ist z. B., dass fischtoxische Stoffe wie z. B. Schwermetalle in den Huminstoffkomplexen gebunden werden und so für Fische unschädlich sind (Wüstemann 2018). Trotzdem könnten diese zeitweise extremen Umweltbedingungen in den Gewässern des Nationalparks das Wachstum der Fische nachhaltig negativ beeinflussen.

DANKSAGUNG

Für hilfreiche Informationen und die Erarbeitung von Karten bedanken wir uns ganz herzlich bei folgenden Personen: Herrn Karste, Herrn Sebastian Barthold, Herrn Ralf Gebhardt (Nationalpark Harz). Dank gebührt auch Herrn Ritzmann, der aktiv bei den Probenahmen mitwirkte und einen Teil des Probentransportes übernahm, Herrn Steffen Zahn für die Unterstützung bei der Bestimmung der Nahrungsbestandteile und Herrn Ralf Brettfeld für die Nachbestimmung der Säugetiere bis zur Art.

5. LITERATUR

Albrecht, M.-L., 1952. Die Plane und andere Flämingbäche. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften Neue Folge, 1: 389 – 476

Albrecht, M.-L. und Tesch, F.W., 1961. Das Wachstum der Bachforelle (*Salmo trutta fario* L.) in der Polenz in Abhangigkeit von verschiedenen Umweltbedingungen. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften Neue Folge, 10: 253 – 273.

Arslan, M., Yildirim, A.; Bektafi, S. und Atasever, A., 2007. Growth and Mortality of the Brown Trout (*Salmo trutta* L.) Population from Upper Aksu Stream, Northeastern Anatolia, Turkey. Turkish Journal of Zoology, 31: 337 – 346.

Bachman, R.A., 1984. Foraging behavior of free-ranging wild and hatchery brown trout in a stream. Transactions of the American Fisheries Society, 113: 1 – 32.

Baer, J. und Brinker, A., 2008. Are growth and recapture of hatchery-reared and resident brown trout (*Salmo trutta* L.) density dependent after stocking? Ecology of Freshwater Fish, 17: 455 – 464.

Bauch, G., 1954. Die einheimischen Süßwasserfische. Neumann Verlag Radebeul und Berlin, 200 S.

Benjamini, Y. und Hochberg, Y., 1995. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. Journal of the Royal Statistical Society, B 57: 289 – 300.

Berg, R., 1988. Der Aal im Bodensee. Reihe: Ökologie & Landwirtschaft. Verlag J. Margraf, Gaimersheim, 246 S.

Blohm, H.-P., Gaumert, D. und Kämmereit, M., 1994. Leitfaden für die Wieder- und Neuansiedlung von Fischarten. Binnenfischerei in Niedersachsen, Heft 3, 90 S.

Bohlin, T., Sundström, L.F., Johnsson, J.I., Höjesjö, J. und Pettersson, J., 2002. Density-dependent growth in brown trout: effects of introducing wild and hatchery fish. Journal of Animal Ecology, 71: 683 – 692.

Brückner, J., Denecke, D., Porada, H. T. und Wegener U., 2016. Der Hochharz – vom Brocken bis in das nördliche Vorland – Eine landeskundliche Bestandsaufnahme im Raum Bad Harzburg, Wernigerode, Sankt Andreasberg, Braunlage und Elbingerode. Reihe: Landschaften in Deutschland. Böhlau Verlag, Köln Weimar Wien, Bd. 73, 420 S.

Dauod, H.A., Bolger, T. und Bracken, J.J., 1986. Age, Growth and Diet of the brown trout *Salmo Trutta* L. in the Roundwood Reservoir System. Irish Fisheries Investigations, Series A, 28: 2 – 21.

Elliot, J.M., 1994. Quantitative ecology and the brown trout. Oxford: Oxford University Press, 286 S.

Fochetti, R.; Argano, R. und Tierno de Figueroa, J.-M., 2008. Feeding ecology of various age-classes of brown trout in River Nera, Central Italy. Belgian Journal of Zoology, 138: 128 – 131.

Graynoth, E., 1996. Determination of the age of brown and rainbow trout in a range of New Zealand lakes. Marine and Freshwater Research, 47: 749 – 756.

ICES 2009. Report of the Workshop on Age Reading of European and American Eel (WKAREA), 20-24 April 2009, Bordeaux, France. ICES CM 2009\ACOM: 48, 66 S.

Jenkins, T.M., Diehl, S., Krartz, K.W. & Cooper, S.D. (1999): Effects of population density and individual growth of brown trout in streams. Ecology, 80: 941 – 956.

Jonsson, B. (1976): Comparison of scales and otoliths for age determination in brown trout, *Salmo trutta* L. Norwegian Journal of Zoology, 24: 295 – 301.

Jungwirth, M., Moog, O. & Winkler, H. (1980): Vergleichende Fischbestandsuntersuchungen an elf niederösterreichischen Fließgewässerstrecken. Österreichische Fischereigesellschaft, Festschrift 1880 – 1980, 81 – 104.

Lorenz, H., 2018. Entwicklung des Bestandes autochthoner Fischarten in ausgewählten Fließgewässern im Nationalpark Harz, Masterarbeit (in Bearbeitung), Hochschule Anhalt, FB Landwirtschaft, Ökotrophologie und Landschaftsentwicklung.

Mheling, A., Bludau, W. und Schnitzler M., 2013. Wasserqualität der Gewässer in der Moor- und Quellregion des Hochharzes. In: Zur Situation der Gewässer im Nationalpark Harz. Schriftenreihe aus dem Nationalpark Harz, Band 10: 10 – 22.

Müller, K., 1952. Über das Wachstum verschiedener Forellenpopulationen in Mittelgebirgsbächen. In: Berichte der Limnologischen Flußstation Freudenthal Außenstelle der Hydrobiologischen Anstalt der Max-Planck-Gesellschaft. Limnologische Flußstation Freudenthal (Ed.). Berichte der Limnologischen Flußstation Freudenthal, 3. http://hdl.handle.net/11858/00-001M-0000-000F-D10C-B

Muus, B.J. und Dahlström, P., 1993. Süßwasserfische Europas – Biologie, Fang, wirtschaftliche Bedeutung, 7. Auflage. BLV-Verlagsgesellschaft mbH München.

Petersen, C.G.Joh., 1895. Eine Methode zur Bestimmung des Alters und Wuchses der Fische. Mitteilungen des Deutschen Seefischereivereins, 11: 226 – 235.

Pluta, H.-J., 1982. Hydrobiologisch-fischereiliche Zonierung und bestandskundliche Untersuchungen in der Bille. Diplomarbeit, Universität Hamburg 106 S.

Ricker, W.E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. Bulletin of the Fisheries Research Board of Canada, 191: 67 – 70.

Schindowski, E. und Tesch F.W., 1956. Methodisches zur Wachstumsrückberechnung. Zeitschrift für Fischerei und deren Hilfswissenschaften, Neue Folge 5: 247 – 267.

Schmidt-Rhaesa, A., 2002. Die Saitenwürmer: Nematomorpha. Die Neue Brehm Bücherei, Bd. 632, Westarp Wissenschaften, Hohenwarsleben, 79 S.

Schmidt, T., Schrimpf, A., Wetjen M. und Schulz R., 2015. Erfassung und Dokumentation der genetischen Variabilität von Wildpopulationen der Bachforelle (*Salmo trutta fario*) aus verschiedenen Flusseinzugsgebieten Deutschlands. Abschlussbericht an die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Institut für Umweltwissenschaften, Universität Koblenz-Landau, Landau, Deutschland. 93 S.

Segerstråle, C., 1933. Über Scalimetrische Methoden zur Bestimmung des Linearen Wachstums bei Fischen. Acta Zoologica Fennica, 15: 168 S.

Simon, J. und Weichler, F., 2016. Altersbestimmung an Bachforellen aus ausgewählten Fließgewässern des Nationalparks Harz. Institut für Binnenfischerei e.V. Potsdam-Sacrow, Kurzbericht im Auftrag des Nationalparks Harz, Wernigerode, 13 S.

Simon, J., 2013. A correction factor for the shrinkage of total length and weight of European eels during freezing. Journal of Applied Ichthyology, 29: 909 – 911.

Smolian, K., 1920. Merkbuch der Binnenfischerei. Fischereiförderung GmbH, Berlin, Band 1, 449 S.

Treasurer, J. W., 1990. Length and weight changes in perch, *Perca fluviatilis* L., and *pike*, *Esox lucius* L, following freezing. Journal of Fish Biology, 37: 499 – 500.

Wüstemann, O., 2013. Die Rückkehr der Bachforelle (*Salmo trutta*) in die Hochlagen des Nationalparks Harz (Deutschland). Österreichs Fischerei, 66: 98 – 106.

Wüstemann, O., 2018. Wiederbesiedlung des Oberharzes durch die Bachforelle *Salmo trutta* – Erste Ergebnisse des 10jährigen Fischmonitorings im Nationalpark Harz. Abhandlungen und Berichte aus dem Museum Heineanum, 11: 117 – 128.

KONTAKT:
Otfried Wüstemann, Försterbergstraße 5 a, Stadt Oberharz / OT Sorge Tel. +49(0)39457/40 919
E-Mail: ow.forelle@gmx.de

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Österreichs Fischerei

Jahr/Year: 2019

Band/Volume: 72

Autor(en)/Author(s): Wüstemann Otfried, Simon Janek, Arlt Eva

Artikel/Article: Wissenschaft. Altersbestimmung und Nahrungsuntersuchungen an Bachforellen (Salmo trutta forma fario L.) aus ausgewählten Gewässern des Nationalparks Harz (Deutschland) 213-228