Mecklenburg Vorpommern

Landesforschungsanstalt
für Landwirtschaft und Fischerei

Abschlussbericht

Die Etablierung von Nutzfischmodellen am Standort Born zur Entwicklung robuster Zuchtlinien für die regionale Aquakultur am Beispiel des Schnäpels (*Coregonus maraena* (Bloch, 1779)) in Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2013 bis 2015

Forschungs-Nr.: **DRM 130**

Laufzeit: **01.06.2013 – 31.10.2015**

verantw. Themenbearbeiter: **Peter Luft**

Mitarbeiter:
Dr. Ralf Bochert
Theresa Horn
Carolin Schumacher
Karl Bissa
Stammpersonal

Oktober 2015

_____

Themenbearbeiter

_____

Institutsleiter

Institut für Fischerei

Südstraße 8
18375 Born a. Darß
www.lfamv.de

GLIEDERUNG Seite

1 Zusammenfassung ... 1
2 Einleitung ... 2
3 Allgemein ... 2
4 Arbeitspaket I – Schnäpeljungfischproduktion ... 3
4.1 Reproduktion ... 3
4.1.1 Laichgewinnung 3
4.1.2 Reproduktion von Wildfischen 5
4.1.3 Reproduktion von unter natürlichen Umweltbedingungen gehaltenen Fischen 6
4.1.4 Reproduktion von unter künstlichen Bedingungen gehaltenen Fischen 6
4.2 Erbrütung ... 9
4.2.1 Erbrütung von Wildfischlaich 9
4.2.2 Erbrütung von unter natürlichen Umweltbedingungen gehaltenen Schnäpeln 17
4.2.3 Erbrütung von unter künstlichen Bedingungen gehaltenen Schnäpeln 17
4.3 Anfütterung und Vorstreckung von Schnäpellarven ... 18
4.3.1 Test verschiedene Futtermittel in der Anfütterung von Schnäpellarven 20
4.3.2 Länge der Lebendfutterphase bei Schnäpellarven 23
4.3.3 Anfütterung und Vorstreckung 27
4.4 Untersuchung geeigneter Beckenformen ... 37
4.4.1 Untersuchungen kleiner Haltungssysteme 37
4.4.2 Untersuchungen mittelgroßer Haltungssysteme 44
4.5 Einfluss von simulierten Stresssituationen auf Ostseeschnäpel ... 47
4.5.1 Einfluss der Besatzdichte auf die Hälterung von Schnäpeln 47
4.5.2 Einfluss der Haltungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpellarven 54
4.6 Natürliche Stressoren ... 58
5 Arbeitspaket II – Schnäpelaufzucht und –mast ... 59
5.1 Generelle Erfassung der Aufzuchtparameter ... 59
5.1.1 Haltungssysteme 59
5.1.2 Einfluss der Futtersorte auf das Wachstum von Ostseeschnäpeln 60
5.1.3 Fütterungsdauer 62
5.1.4 Phänotypanalyse 65
6 Fazit ... 66
7 Überleitung ... 67

Tabellenverzeichnis **Seite**

Tabelle 1: Erste Erwärmungsphase für Schnäpel in einem künstlichen Jahreslauf. Die Schnäpel wurden in einem Klimaraum mit Kreislaufsystem und autonomer Licht- und Temperatursteuerung gehalten. 7

Tabelle 2: Zweite Abkühlungsphase für Schnäpel in einem künstlichen Jahreslauf. Die Schnäpel wurden in einem Klimaraum mit Kreislaufsystem und autonomer Licht- und Temperatursteuerung gehalten. 8

Tabelle 3: Mittlere Werte (± SD) für die gelösten Stickstoffverbindungen im Klimaraum (12.05.2015-19.10.2015) 9

Tabelle 4: Sauerstoffkonzentration (± SD) und pH-Wert (± SD) im Klimaraum während der Haltung von Laichschnäpeln in einem künstlichen Jahreslauf (12.05.2014-19.10.2015) 9

Tabelle 5: Vermehrung der unter einem künstlichen Jahreslauf gehaltenen Laichtiere im August 2015. Angegeben sind die individuelle Kennung der markierten Weibchen, die Anzahl der jeweils abgestreiften Männchen und Volumen und Masse des befruchteten Laichs nach Quellung. Weibchen 7A39 wurde am 24.08.2015 zweimal abgestreift. 9

Tabelle 6: Anzahl der Eier und geschlüpften Larven, wie sie im Temperaturversuch durch Auslitern und Auszählen bestimmt wurden. Hieraus wurde die Schlupfrate berechnet. Die Buchstaben a und b an der durchschnittlichen Schlupfrate geben Unterschiede auf dem Signifikanzniveau $p \leq 0,05$ an. (Daten nach Luft, 2014) 13

Tabelle 7: Übersicht über vier Versuchsgruppen zur Erbrütung von Schnäpeleiern (Triplikat). Die durchschnittliche Temperatur (± SD) bezieht sich auf den Zeitraum nach der Auftrennung der Gruppen. 16

Tabelle 8: Ergebnisse der vier verschiedenen Versuchsgruppen bei der Erbrütung von Schnäpeleiern im Jahre 2015. Angegeben sind die Daten und jeweiligen Tagesgrade bei denen Augenpunkte entwickelt wurden bzw. der Schlupf stattfand. Ergänzend dazu die Angabe der Anzahl geschlüpfter Larven und die Schlupfrate (± SD). Die Buchstaben bei der durchschnittlichen Schlupfrate geben signifikant unterschiedliche ($p \leq 0,05$) an. 17

Tabelle 9: Schema des Anfütterungsversuchs von Schnäpellarven im 1. Quartal 2014. Die ersten 4 Tage dienten der Temperaturanpassung, am 5. Tag wurden die Larven auf die Becken verteilt, ab dem 6. Tag wurde gefüttert. A-E 8 h Fütterung; F, 24 h Fütterung 21

Tabelle 10: Für die Untersuchung der Lebendfutterphase von Schnäpellarven gebildete Versuchsgruppen. Nach der angegebenen Fütterungsdauer mit Artemien erhielten alle Gruppen nur Trockenfutter. 24

Tabelle 11: Anfangs- und Endmasse (± SD), sowie die spezifische Wachstumsrate (± SD) von Jungschnäpeln unterschiedlicher Versuchsgruppen aus einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (vgl. 4.2.1) auf das Wachstum (2014) nach ca. 140 d. 31

Tabelle 12: Absoluter und relativer Anteil von Schnäpeln mit Missbildungen in den Untersuchungsgruppen nach ca. 140 d bei Auflösung eines Versuchs zum Einfluss der Erbrütungstemperatur. 34

Tabelle 13: Anteil der einzelnen Missbildungsarten bei einem Erbrütungstemperaturversuch mit *Coregonus maraena* (ca. 140 dph). 34

Tabelle 14: Mittlere Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentration (alle in mg/l) in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015. 46

Tabelle 15: Gruppeneinteilung bei einem Versuch zum Einfluss der Haltungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpellarven im Jahr 2015. Es kam jeweils ein Kleinkreislauf pro Temperatur zum Einsatz, innerhalb der Temperaturgruppen wurden jeweils drei Fütterungsregime durchgeführt. 54

Tabelle 16: Futtermittel, die in einem vergleichenden Versuch zum Einsatz kamen. Futter A und F waren als Schwimmfutter konfektioniert. 60

Tabelle 17: Mögliches Produktionsschema für Besatzschnäpel. Grüne Felder: Vermehrung und Vorstreckung von natürlich ablaichenden Ostseeschnäpeln (aus Haltung oder Wildfang), lila Felder: Vermehrung und Vortstrckung von Ostseeschnäpeln in einem Klimaraum zur Verlegung des Jahreslaufs (Off-Season). 66

Abbildungsverzeichnis **Seite**

Abbildung 1: *Coregonus maraena* wird nach der halbtrockenen Methode abgestreift. Hierbei wird der Laich ohne Wasser, aber mit der Ovarialflüssigkeit aufgefangen. Erst im Anschluss erfolgt die Zugabe von Sperma. (Foto: P. Luft) 4

Abbildung 2: Sperma wird den nach der halbtrockenen Methode gewonnenen Eiern des Ostseeschnäpels hinzugegeben. Es folgen, nach Zugabe von Wasser, das Quellen und das Spülen der Eier. (Foto: P. Luft) 4

Abbildung 3: Mit Zugergläsern ausgestatteter Erbrütungseinrichtung in der Anlage Born des IfF. Die kleinen Gläser (oben) dienen Einzelverpaarungsversuchen, die größeren Gläser dienen der standardmäßigen Erbrütung. (Foto: P. Luft) 5

Abbildung 4: Sich in der Entwicklung befindende Eier von *Coregonus maraena* (31.12.2013). Der Öltropfen hat sich noch nicht zusammen gelagert, der Embryo ist schon erkennbar. (Foto: S. Herper) 6

Abbildung 5: Ein erstmalig im Jahr 2014 genutztes mobiles Erbrütungsgestell mit Desinfektion (UV-Licht), McDonalds Erbrütungsgläsern und Kreislaufpumpe als Kleinkreislauf betrieben. (Foto: P. Luft) 10

Abbildung 6: Temperaturverlauf in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung beim Schnäpel im Jahr 2014 (blau: 4 °C-Gruppe, rot: 6 °C-Gruppe, grün: 10 °C-Gruppe). Die Kurven enden zum Schlupfzeitpunkt der jeweiligen Gruppe. 11

Abbildung 7: pH-Wert (blaue Rauten bzw. Balken) und Sauerstoffkonzentration (rote Quadrate bzw. Balken) für drei mobile Erbrütungskreisläufe bei einem Versuch zum Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Schnäpeleiern und -brut im Jahr 2014 12

Abbildung 8: Ammoniumkonz. (blaue Rauten bzw. Balken), Nitritkonz. (rote Quadrate bzw. Balken) und Nitratkonz. (grüne Dreiecke) für drei mobile Erbrütungskreisläufe bei einem Versuch zum Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Schnäpe-leiern und -brut im Jahr 2014 12

Abbildung 9: Augenpunkteier des Ostseeschnäpels, der Entwicklungsstand wurde am 19.01.15 dokumentiert. (P. Luft) 14

Abbildung 10: Nitrit- (NO2, blaue Linie), Nitrat- (NO3, rote Linie) und Ammoniumkonzentrationen (NH4, grüne Linie) für die 4 °C-Gruppe (links) und die 6 °C-Gruppe (rechts) während der Erbrütung in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung des Schnäpels im Jahr 2015. 15

Abbildung 11: Nitrit- (NO2, blaue Linie), Nitrat- (NO3, rote Linie) und Ammoniumkonzentrationen (NH4, grüne Linie) während der Erbrütung für die 9 °C-Gruppe in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung des Schnäpels im Jahr 2015. 15

Abbildung 12: Eientwicklung vom Schnäpel (Augenpunktstadium) am 25.09.2015. Das Ei entstammt der erstmaligen Off-Season-Vermehrung in der Versuchsanlage Born. (Foto: N. Moog) 18

Abbildung 13: Larven von *Coregonus maraena* nach der Fütterung mit frisch geschlüpften *Artemia salina*-Nauplien. (Foto: S. Herper) 19

Abbildung 14: Schnäpellarven konzentrierten sich bei der Fütterung unter dem Nassfutterautomaten. Alle Larven nahmen *A. salina* gut auf (Foto: S. Herper) 20

Abbildung 15: Wachstum von Schnäpellarven während eines Versuchs zum Einfluss verschiedener Futtermittel während der Anfütterung (A: LARVIVA, B: O. Range, C: Rotatorien & LARVIVA, D: Artemien & LARVIVA, E: Rotatorien, Fütterung über jeweils 8 h am Tag F: LARVIVA gefüttert über 24 h) 22

Abbildung 16: Endmassen in mg (± SD) von Schnäpellarven am Ende eines Anfütterungsversuchs. Die Gruppenbezeichnungen (A - F) geben

verschiedene Futtermittel und Futtermittelkombinationen an (vgl. Tabelle 9). Die Kleinbuchstaben und Farben geben die Zugehörigkeit zu homogenen Untergruppen (p ≤ 0,05) an (a: orange, b: hellgrün, c: dunkelblau). 23

Abbildung 17: Larvenmodul mit Schnäpeln besetzt. Das Modul verfügt über einen Biofilter, eine Rieselstrecke, eine UV-Desinfektion, Temperaturregelung und Sandfilter. 23

Abbildung 18: Temperaturverlauf während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10). 24

Abbildung 19: Sauerstoffkonzentration und pH-Wert während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10). 25

Abbildung 20: Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10). 25

Abbildung 21: Nitratkonzentration während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10). 25

Abbildung 22: In den Versuchsgruppen aufgetretene kumulative Verluste von Schnäpellarven während eines Versuchs zur Dauer der Lebendfutterphase. Die Gruppenbezeichnungen (A - F) geben verschiedene Dauern der Artemien- bzw. Trockefutteranfütterung an (vgl. Tabelle 10). Die Kleinbuchstaben und Farben (a: grün, b: blau) geben homogene Untergruppen an (p ≤ 0,05). 26

Abbildung 23: Die Entwicklung des mittleren Wachstums von Schnäpellarven während eines Versuchs zur Länge der Lebendfutterphase. Die Buchstaben bezeichnen die verschiedenen Versuchsgruppen (A: 10 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix, B: 13 d Artemien-Trockenfutter-Mix, C: Trockenfutter, D: 2 d Artemien, anschließend 2 d Artemien-Trockenfutter-Mix, E: 4 d Artemien, anschließend 4 d Artemien-Trockenfutter-Mix, F: 7 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix; im Anschluss O.Range-Linie von Ocean Nutrition). 26

Abbildung 24: Mittlere Endgewichte (± SD) von Schnäpellarven am Ende eines Versuchs zur Dauer der Artemienfütterung. Die Buchstaben bezeichnen die verschiedenen Versuchsgruppen (A: 10 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix, B: 13 d Artemien-Trockenfutter-Mix, C: Trockenfutter, D: 2 d Artemien, anschließend 2 d Artemien-Trockenfutter-Mix, E: 4 d Artemien, anschließend 4 d Artemien-Trockenfutter-Mix, F: 7 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix; im Anschluss O.Range-Linie von Ocean Nutrition). Die Kleinbuchstaben geben die homogenen Untergruppen (p ≤ 0,05) an. 27

Abbildung 25: Verlauf der Sauerstoffkonzentration [mg/l] vom Schlupftag bis 60 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 28

Abbildung 26: Verlauf des pH-Werts vom Schlupftag bis 60 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 28

Abbildung 27:Verlauf der Sauerstoffkonzentration [mg/l] von 60 dph bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 29
Abbildung 28: Verlauf des pH-Werts von 60 dph bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 29
Abbildung 29: Verlauf der Ammoniumkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 30
Abbildung 30: Verlauf der Nitritkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 30
Abbildung 31: Verlauf der Nitratkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014. 30
Abbildung 32: Wachstum von Schnäpeln aus dem Jahrgang 2014 bei verschiedenen Erbrütungstemperaturen (Raute: 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe) 32
Abbildung 33: Tägliche Verluste (Summe in den Versuchsgruppen) von Jungschnäpeln von Tag 9 bis zum 60. Tag (Raute 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe). 33
Abbildung 34: Verlauf der täglichen Verluste (Gruppensumme) von Jungschnäpeln in den einzelnen Gruppen eines Versuchs zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpeln von Tag 65 nach Schlupf bis Tag 140 nach Schlupf (Raute 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe). 33
Abbildung 35: Abgemagerter Schnäpel mit Mauldeformation (Foto: P. Luft) 34
Abbildung 36: Schnäpel mit seitlich eingedrücktem Maul, welches die individuelle Futteraufnahme erschwerte. (Foto: P. Luft) 35
Abbildung 37: Zwei Schnäpel mit getrübter Pupille. (Foto: P. Luft) 35
Abbildung 38: Fehlentwickeltes Auge beim Schnäpel, die Pupille weist kaum Pigmente auf, die Augenhöhle ist eingefallen. (Foto: P. Luft) 36
Abbildung 39: Jungschnäpel mit ausgeprägter Lordose. (Foto: P. Luft) 36
Abbildung 40: Schnäpel mit mutiplen Missbildungen (Mauldeformation, Lordose, verkürzter Kiemendeckel). (Foto: P. Luft) 37
Abbildung 41: Hälterung von Jungschnäpeln in runden Aquarien (V = 100 l), in denen aufgrund der hydrodynamischen Verhältnissen eine Kreisströmung herrschte. (Foto: P. Luft) 38
Abbildung 42: Hälterung von Jungschnäpeln in eckigen Aquarien. Es prägte sich eine Strömung äquivalent zu der in einer Langstromrinne aus. (Foto: P. Luft) 38
Abbildung 43: Mittlere Frischmassen (± SD) von Jungschnäpeln in verschieden geformten Becken bei Versuchsbeginn und –ende in 2014. 39
Abbildung 44: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und mittlerer pH-Wert während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten. 39
Abbildung 45: Mittlere Ammonium- und mittlere Nitritkonzentration [mg/l] während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von

Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten. 40
Abbildung 46: Mittlere Nitratkonzentration [mg/l] und mittlerer pH-Wert während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten. 40
Abbildung 47: Mittlere Massen (± SD) von Jungschnäpel in den verschieden geformten Becken im 14-tägigen Messintervall. 41
Abbildung 48: Sauerstoffkonzentration [mg/l], pH-Wert und Temperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform im Jahr 2015 (KK 1: Versuchskreislauf mit zwei eckigen und einem runden Becken, KK 2: Versuchskreislauf mit einem eckigen und zwei runden Becken). 42
Abbildung 49: Mittlere Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2015. Es wurden zwei Versuchskreisläufe verbunden um gleiche Bedingungen für die Versuchsgruppen zu schaffen. 42
Abbildung 50: Mittlere Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2015. Es wurden zwei Versuchskreisläufe verbunden um gleiche Bedingungen für die Versuchsgruppen zu schaffen. 43
Abbildung 51: Durchschnittliche Gesamtverluste (± SD) von Schnäpeln in einem Versuch in runden und eckigen Becken in einem Zeitraum von 2 Monaten in 2015. 43
Abbildung 52: Wachstumsverlauf von Schnäpeln in einem Versuch zur Beckenform über ca. zwei Monate (eckig: blaue Rauten, rund: rote Kreise). Angegeben sind die mittleren Massen [g] (± SD). 44
Abbildung 53: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und Temperatur [°C] in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015. 45
Abbildung 54: Mittlerer pH-Wert in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015. 45
Abbildung 55: Im Versuch zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Schnäpeln verwendete Langstromrinnen (grün), dahinter die verwendeten Rundbecken (blau). (Foto: P. Luft) 46
Abbildung 56: Mittlere Spezifische Wachstumsraten ± SD von *Coregonus maraena* in einem Versuch zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum nach drei Monaten Hälterung (26.05.2015 – 20.08.2015) in einer Durchflussanlage. 47
Abbildung 57: Aquarienwand bestückt mit zehn Aquarien (V = 300 l). In diesem Kreislaufsystem wurde ein Besatzdichteversuch mit Jungschnäpeln durchgeführt. (Foto: R. Bochert) 48
Abbildung 58: Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2013 in zwei Kleinkreisläufen (AQ 1, AQ 2), gemessen am Zulauf zu den Becken. 49
Abbildung 59: Temperaturverlauf während eines Versuchs zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2013 in zwei Kleinkreisläufen (AQ 1, AQ 2), gemessen am Zulauf zu den Becken. 49
Abbildung 60: Von Schnäpeln aufgewiesene durchschnittliche Massen [g] während eines Besatzdichteversuchs. Die Becken wurden mit einer Dichte von 18 $kg*m^{-3}$ (blau), 36 $kg*m^{-3}$ (rot) und 55 $kg*m^{-3}$(grün) besetzt. Die Kleinbuchstaben geben die signifikanten Mittelwertunterschiede ($p \leq 0,05$) an. 50

Abbildung 61: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Coregonus maraena im Jahr 2014. 51
Abbildung 62: Mittlere Temperatur [°C] während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Coregonus maraena im Jahr 2014. 51
Abbildung 63: Ammonium- und Nitritkonzentrationen während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2014. 51
Abbildung 64: Nitratkonzentrationen während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2014. 52
Abbildung 65: Hälterungsbecken (3 m^3) eines Großmoduls in dem Versuche zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum durchgeführt wurden. (Foto: R. Bochert) 52
Abbildung 66: Mittlere Anfangs- und Endfrischmasse (± SD) von Satzschnäpeln in einem Versuch zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum. 53
Abbildung 67: Mittlere spezifische Wachstumsraten (± SD) von Satzschnäpeln bei unterschiedlicher Besatzdichte (Gruppe A, hellblau: 10 $kg*m^{-3}$, Gruppe B, blau: 35 $kg*m^{-3}$, Gruppe C, dunkelblau: 60 $kg*m^{-3}$). 54
Abbildung 68: Sauerstoffkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 55
Abbildung 69: pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 55
Abbildung 70: Temperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 56
Abbildung 71: Ammoniumkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 56
Abbildung 72: Nitritkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 56
Abbildung 73: Nitratkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15). 57
Abbildung 74: Mittlere Frischmassen (± SD) von Schnäpellarven am Ende des Versuchs bei unterschiedlichen Haltungstemperaturen. Gruppe A, B, C wurden bei 18 °C, Gruppe G, H, I bei 16 °C und Gruppe K, L, M bei 20 °C gehältert. Gruppe A, G, K bekamen 10 d Artemien und 3 d Art.TF-Mix, Gruppe B, H, L erhielten 13 d eine Art.-TF-Mischung und Gruppe C, I, M bekamen nur Trockenfutter. Die Kleinbuchstaben geben homogene Untergruppen an (p=0,05). Die Farben sind den homogenen Untergruppen zugeordnet. 58
Abbildung 75: Temperatur- und Sauerstoffgehaltkonzentrationsverlauf, wie sie im Jahr 2014 in der Kaltwasserdurchflussanlage in Born auftraten. 59
Abbildung 76: Natürlich gestorbene Ostseeschnäpel wiesen oft ein solches Symptombild auf. (Foto: K. Bissa) 59

Abbildung 77: Abwachsleistung von Ostseeschnäpeln unter Brackwasserbedingungen im Warmwasserkreislaufsystem und im Durchflusssystem in den Jahren 2013-2014 gemästet. 60
Abbildung 78: Eine der Aquarienwände, mit zehn Aquarien, in der ein Versuch zur optimalen Futtersorte bei Ostseeschnäpeln stattfand. Die hier gezeigte Wand ist identisch mit der zweiten Aquarienwand, die im Versuch zum Einsatz kam. (Foto: P. Luft) 61
Abbildung 79: Schnäpelwachstum (Frischmasse in g ± SD) aufgewiesen bei einem Versuch zu unterschiedlichen Futtermitteln A-F (vgl. Tabelle 15) über einen Zeitraum von 45 d in einem Warmwasserkreislauf. 61
Abbildung 80: Diesen Anteil an der Frischmasse wiesen die Leber bzw. das Eingeweidefett bei von Schnäpeln bei unterschiedlichen Futtermitteln (vgl. Tabelle 15) nach einem Zeitraum von 45 d im Warmwasserkreislauf auf. 62
Abbildung 81: Großmodul ausgestattet mit zehn 3 m³-Becken am Standort Born. Das System ist eine Kreislaufanlage mit Feststoffseparation, Biofilter und UV-Desinfektion. (Foto: P. Luft) 62
Abbildung 82: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013. 63
Abbildung 83: Mittlere Tagestemperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013. 63
Abbildung 84: Ammonium- und Nitritkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013. 64
Abbildung 85: Nitratkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013. 64
Abbildung 86: Spezifische Wachstumsrate in %/d (± SD), die die einzelnen Gruppen nach 30 d aufwiesen. 64
Abbildung 87: Wachstumsverlauf der einzelnen Untergruppen, den Ostseeschnäpel in einem Fütterungsversuch aufwiesen. Angegeben sind Frischmasse in g (± SD), Fütterungsdauer in h und Anzahl der Fütterungen. 65

Abkürzungsverzeichnis

a	Jahr
A. salina	*Artemia salina*
AP	Arbeitspaket
Art.	Artemien
C. *maraena*	*Coregonus maraena*
cm	Zentimeter
d	Tag (day)
d°	Tagesgrade (Summe der durchschnittlichen täglichen Temperaturen in °C)
DDR	Deutsche Demokratische Republik
dph	Tage nach Schlupf (days post hatch)
EFF	europäischer Fischereifonds
F1-Generation	erste Filialgeneration
FM	Frischmasse
g	Gramm
h	Stunde
IfF	Institut für Fischerei der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
Jhd.	Jahrhundert
KK	Kleinkreislauf
KWA	Kaltwasserdurchflussanlage
l	Liter
LFA MV	Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern
max.	maximal
mg	Milligramm
min	Minuten
mind.	mindestens
ml	Milliliter
mm	Millimeter
M-V	Mecklenburg-Vorpommern
pers.	persönlich(e)
SD	Standardabweichung (Standard deviation)
SGR	spezifische Wachstumsrate (specific growth rate)
Stk.	Stück
t	Tonnen
Temp.	Temperatur
TF	Trockenfutter
UV	Ultraviolett

VA	Versuchsanlage
vgl.	vergleiche
WWA	Warmwasserkreislaufanlage
z. B.	zum Beispiel

1 Zusammenfassung

Das vorliegende Projekt beschäftigte sich mit Coregonus maraena (Bloch, 1779), er sich als Speisefisch wieder wachsender Beliebtheit erfreut. Aufgrund stagnierender bzw. teilweise zurückgehender Fangzahlen sollen Verfügbarkeit und Produktion stabilisiert werden. Dies ist nur durch die Aquakultur des Ostseeschnäpels zu gewährleisten. Die Erfahrungen mit Schnäpeln in der Aquakultur sind jedoch nur sehr beschränkt, so dass es notwendig war, im Rahmen eines Pilotprojektes erste Schritte zu einer robusten Zuchtlinie zu gehen

Hierfür wurde auf Wildlaich zurückgegriffen, der in allen drei Vermehrungssaisons erfolgreich erbrütet werden konnte. Bei der Erbrütung wurde erfolgreich geprüft, ob durch eine Erhöhung der Erbrütungstemperatur ein früherer möglich ist. Die Anfütterung der Larven wurde ebenfalls eingehend untersucht. So konnte ermittelt werden, dass eine kurze Lebendfutterphase förderlich für das Frühwachstum des Ostseeschnäpels ist, eine reine Trockenfutteranfütterung jedoch mit weniger Wachstum und Mortalität ebenfalls erfolgreich ist. Die Vorstreckung in Warmwassersystemen war neben dem frühen Schlupfzeitpunkt durch Erhöhung der Bruttemperatur ebenfalls ein wichtiger Faktor für ein schnelleres Wachstum gegenüber Systemen, die an die Umweltbedingungen gebunden waren.

Neben der Anzucht der Fische standen auch die Haltungsbedingungen im Fokus der Untersuchungen. So wurde die Besatzdichte mit dem Ergebnis untersucht, dass optimale Wachstumsergebnisse bis zu einer Dichte von 40 kg/m³ erreicht wurden, aber der Ostseeschnäpel bei Besatzdichten bis zu 82 kg/m³ zufriedenstellende Wachstumsleistungen zeigte. Aufgrund der anekdotischen Berichte, dass die Tiere in runden Becken schneller schwimmen als in Langstromrinnen, wurde der Einfluss der Beckenform eingehend betrachtet. Im Ergebnis zeigten sich bei den aufgenommenen Faktoren zur Performance der Schnäpel keine Anzeichen eines Unterschiedes, obwohl der rein optische Eindruck aus den Berichten bestätigt werden konnte.

Der Ostseeschnäpel wird immer wieder als empfindlich beschrieben. Diese Empfindlichkeit zeigte sich auch im Projekt. Ausgedrückt wurde sie durch eine hohe Mortalität und einer großen Anfälligkeit gegenüber Bakteriosen. Vor allem die Gattungen Aeromonas und Pseudomonas erwiesen sich hier als relevant.

Bei der vergleichenden Mast in Kaltwasserdurchflussanlagen und Warmwasserkreislaufanlagen zeigte sich ein Wachstumsvorteil in den Warmwasseranlagen. Da in den Warmwassersystemen über den gesamten Mastzeitraum die gleichen Bedingungen herrschten, konnte ein vermarktbarer Fisch nach etwa 240 d erzeugt werden. Bei Versuchen zur Futtersorte wurden, aufgrund des hohen Verwandtschaftsgrades zwischen Forellen und Coregoniden, kommerzielle Forellenfuttermittel genutzt. Diese lieferten alle gute Ergebnisse, jedoch scheint ein Futtermittel mit einem geringeren Fettanteil Vorteile zu bringen. Keine Unterschiede zeigten sich bei verschiedenen Fütterungsdauern und –intervallen. Nach den vorliegenden Ergebnissen kommt es mehr auf die Futtermenge als auf die Darreichungsform an.

Während des gesamten Projektzeitraums wurden Phänotypanalysen durchgeführt. Bis zum Projektende konnten keine Unterschiede zwischen den Populationen und zwischen Männchen und Weibchen festgestellt werden. Lediglich zur Laichzeit wiesen die Weibchen einen etwas größeren Bauch auf.

Im Rahmen des Projektes wurden jedes Jahr Laichtiere selektiert. Diese wurden separat gehalten. Ein Teil der Laichfische wurde in einen Klimaraum verbracht und konnte so in Temperatur und Licht gesteuert werden. Auf diese Weise war es möglich, diese Kohorte einem versetzten Jahresverlauf auszusetzen. Sowohl in einer Durchflussanlage als auch im Klimaraum konnte eine erfolgreiche Vermehrung im letzten Projektjahr durchgeführt werden. Dies ist Grundlage für eine erfolgreiche robuste Zuchtlinie in der Zukunft.

2 Einleitung

Der Ostseeschnäpel (*Coregonus maraena* (Bloch, 1779)), auch als Schnäpel bezeichnet, galt vor dem 20. Jhd. als Speisefisch für die ärmeren Bevölkerungsschichten. Durch die Erwähnung im Guide culinaire im Jahre 1903 wurde seine Bedeutung aufgewertet. In den 1920er und 1930er wurde er als „Steinlachs“ zu einer kulinarischen Spezialität an der Ostseeküste entwickelt. Durch den 2. Weltkrieg verlor der Schnäpel jedoch an Bedeutung. In der Küstenfischerei der DDR galt er als Beifang und wurde kaum verwertet (LMS, 2010). In den 1970er und 1980er Jahren gingen die Fänge dann stark zurück. So wurden 1970 noch 40 t Ostseeschnäpel in Mecklenburg-Vorpommern angelandet, während 15 Jahre später der Gesamtfang nur 15 t betrug. Anfang der 1990er wurden im Bundesland M-V sogar nur noch etwa 5 t gefangen (Schmidt *et. al.*, 2014). 1993 begannen Besatzaktivitäten in Mecklenburg-Vorpommern. Dies resultierte in einem kontinuierlichen Anstieg der Fangzahlen seit 1996. Die Anlandung im Jahr 2000 betrug wieder 46 t (Schulz, 2000). Jedoch schwanken die Fangzahlen, trotz gleichbleibendem jährlichen Besatz von 400.000 Stk. (pers. Mitteilung Thomas Lorenz), stark. So konnten 2012 38,5 t gefangen werden (BLE, 2013), im Jahre 2013 betrug die Menge an angelandeten Schnäpeln jedoch nur 20 t (BLE, 2015).

Da *Coregonus maraena* inzwischen wieder ein nachgefragter Speisefisch ist, ist es notwendig, die Verfügbarkeit des Produktes zu sichern. Hierzu gibt es Ansätze, den Ostseeschnäpel in Teichaquakultur zu züchten. Dies ermöglicht jedoch nur eine vergleichsweise kleine Produktion und wird erschwert durch die Abhängigkeit von den Umweltbedingungen im Jahreslauf (Arndt, 2015). Aus diesem Grunde soll eine Übertragung, der in der Teichwirtschaft gemachten Erfahrungen, in die intensive Aufzucht und Mast in Durchfluss- und Kreislaufanlagen erfolgen.

Das vorliegende Pilotprojekt soll bis zum Laufzeitende den Aquakulturbetrieben des Landes eine robuste F1-Generation zur Verfügung stellen. Aufbauend auf dieser ersten Filialgeneration sollen dann weitere Generationen herangezüchtet werden. Weiteres Ziel ist die Schaffung eines *in vivo* Modells zum Studium abiotischer Stressoren in der Aquakultur. Zusätzliches Augenmerk gilt der Erarbeitung neuer wissenschaftlicher Ergebnisse zur Biologie, Reproduktion, Aufzucht und Haltung des Ostseeschnäpels.

Das vorliegende Pilotprojekt lässt sich in zwei Arbeitspakete (AP) unterteilen. Das erste Arbeitspaket beschäftigt sich mit der Erprobung der technischen Durchführbarkeit zur Gewinnung von technischen und wirtschaftlichen Kenntnissen zur Produktion von Schnäpelsetzlingen unter kontrollierten Bedingungen. Das zweite Arbeitspaket beinhaltet die technische Durchführung zur Gewinnung von technischen und wirtschaftlichen Kenntnissen zur Schnäpelaufzucht und –mast unter Brackwasserbedingungen. Alle Forschungsarbeiten fanden am Institut für Fischerei in Born statt.

3 Allgemein

Die personelle Besetzung in diesem Projekt wechselte im betrachteten Zeitraum. So leitete Herr Dr. R. Bochert das Projekt vom 15.08.2013 bis zum 30.11.2013. Zwischen 01.12.2013 und 28.02.2014 leitete Herr Dr. R. Bochert das Projekt interim. Ab dem 01.03.2014 übernahm Frau M. Sc. Theresa Horn die Leitung des Projekts bis zu ihrem Übergang in den Mutterschutz am 01.02.2015. Ab hier übernahm Herr M. Sc. Peter Luft, seit 01.10.2014 wissenschaftlicher Angestellter im Projekt, die Projektleitung. Frau M. Sc. Naska Moog wurde ab dem 01.06.2015 bis zum Projektende als Schwangerschaftsvertretung für Frau M. Sc. Theresa Horn eingestellt.

Die ausgeschriebene Stelle einer Biologisch Technischen Angestellten wurde vom 01.12.2013 bis zum 28.02.2015 von Frau Carolin Schumacher besetzt. Seit 01.04.2015 ist Herr Karl Bissa technischer Angestellter.

In Anlehnung an die aktuell gültige taxonomische Nomenklatur wird der Ostseeschnäpel wissenschaftlich korrekt als *Coregonus maraena* (Bloch, 1779) bezeichnet.

4 Arbeitspaket I – Schnäpeljungfischproduktion

Im AP I wurden die Reproduktion und die Aufzucht von Ostseeschnäpeln unter standardisierten Haltungsbedingungen am Standort Born untersucht. Hierbei kamen zunächst bekannte Verfahren aus Vorversuchen und der Forellenreproduktion und –aufzucht zum Einsatz. Nach der ersten Vermehrung wurden die Lebendfutter- und Anfütterungsphase optimiert. Es fanden Versuche zum Einfluss der Erbrütungstemperatur, der Haltungstemperatur, der Anfütterung, der Vorstreckung und der Beckenform statt. Zum Projektabschluss liegt damit ein standardisiertes Verfahren zur Anfütterung und Vorstreckung von *C. maraena* vor.

4.1 Reproduktion

Im Rahmen des Projektes fanden mehrmals Reproduktionen statt. Zum Aufbau eines eigenen Schnäpelbestandes wurde auf kommerziell gefangene Fische aus dem Peenestrom/Achterwasser und dem Oderhaff zurückgegriffen. Die Erbrütung des Wildlaichs erfolgte im Projektzeitraum jährlich während der natürlichen Reproduktionsphase von *C. maraena*. Im letzten Jahr des Projektes (2015) konnte zusätzlich Laich von Tieren aus dem gehaltenen Bestand auch außerhalb der natürlichen Vermehrungszeit gewonnen werden.

4.1.1 Laichgewinnung

Laich vom Schnäpel wurde nach der halbtrockenen oder feuchten Methode gewonnen. Hierbei wird der Fisch an der Geschlechtsöffnung vorsichtig abgetupft, damit kein Wasser in den Laich gerät. Dann wird vorsichtig mit Daumen und Zeigefinger ab der Brustflosse über das Abdomen des Fisches gestrichen (Abbildung 1). Sind Milchner oder Rogner reif, erfolgt die Abgabe der Geschlechtsprodukte sehr leicht. Zunächst werden gewöhnlich die Rogner abgestrichen. Die Eier werden mit der Ovarialflüssigkeit in einer Schüssel aufgefangen (Abbildung 1). Es kann der Laich von mehreren Rognern gesammelt werden. Im Anschluss erfolgt die Zugabe der Spermien (Abbildung 2). Diese können auch bereits im Vorfeld gewonnen werden und dann in einer Nährlösung kalt aufbewahrt werden oder kryokonserviert (Stoss und Refstie, 1983) werden. Zumeist, wie auch im Projektzeitraum, wird die Milch jedoch frisch gewonnen. Mind. zwei Männchen pro Weibchen sollten zur Befruchtung abgestrichen werden. Nach der Vermischung von Eiern und Sperma mittels einer Feder wird das für eine Aktivierung notwendige Wasser hinzugegeben. Nach einer Wartezeit von 30-60 min, die dem Quellen und Aushärten der Eier dient, wird der Laich gespült und in vorbereitete Brutapparate (Zugergläser) überführt (Abbildung 3). Da der Laich direkt nach der Befruchtung transportfähig ist, kann er alternativ auch in entsprechende mit Wasser gefüllte und mit Luftblase versehene Transportsäcke verpackt, und zu den entsprechenden Erbrütungsstationen gebracht werden (Steffens, 1979).



Abbildung 1: *Coregonus maraena* wird nach der halbtrockenen Methode abgestreift. Hierbei wird der Laich ohne Wasser, aber mit der Ovarialflüssigkeit aufgefangen. Erst im Anschluss erfolgt die Zugabe von Sperma. (Foto: P. Luft)



Abbildung 2: Sperma wird den nach der halbtrockenen Methode gewonnenen Eiern des Ostseeschnäpels hinzugegeben. Es folgen, nach Zugabe von Wasser, das Quellen und das Spülen der Eier. (Foto: P. Luft)

4.1.2 Reproduktion von Wildfischen

Der Laich von Wildfischen wurde dem Institut für Fischerei vom Fisch und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern e. V. zur Verfügung gestellt. Der Laich wurde im Rahmen der jährlichen Laichfischfangkampagnen im Dezember des jeweiligen Jahres gewonnen.

Im Dezember 2012 wurden, zur Vorbereitung auf das Projekt, befruchtete Eier direkt nach Befruchtung vom Achterwasser in die Versuchsanlage Born verbracht. Hier wurde der Laich in Zugergläsern erfolgreich erbrütet (Abbildung 3).



Abbildung 3: Mit Zugergläsern ausgestatteter Erbrütungseinrichtung in der Anlage Born des IfF. Die kleinen Gläser (oben) dienen Einzelverpaarungsversuchen, die größeren Gläser dienen der standardmäßigen Erbrütung. (Foto: P. Luft)

Im Dezember 2013 wurde ebenfalls am gleichen Tag künstlich befruchteter Laich direkt vom Peenestrom/Achterwasser in die Anlage Born transportiert. Dieser Laich diente dann ersten Versuchen zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Eientwicklung von Ostseeschnäpeln (Luft, 2014). Aus einem weiteren Batch Eier, welche am 20.12.2013 aus dem Bruthaus in Boek in die Anlage Born gebracht wurden (Abbildung 4), wurden später Larven erbrütet, die Versuchen zur Anfütterung dienten und die Grundlage für den anlageneigenen Bestand bilden sollten.

2014 sollten zusätzlich Laichfische im Achterwasser in Zusammenarbeit mit Fischer Friedhelm Schmidt gefangen werden. Da die Schnäpelfänge in diesem Winter weitestgehend ausblieben, konnten nur 4 Tiere akquiriert werden. Im Ergebnis konnten 800 ml Laich gewonnen werden, dieser musste jedoch verworfen werden, da auf Grund der widrigen Außenbedingungen keine Befruchtung stattgefunden hatte. So wurden am 30.12.2014 erneut Eier aus dem Bruthaus in Boek geholt, welche bereits am 09.12.2014 im Peenestrom gewonnen wurden. In diesem Fall fand eine erfolgreiche Erbrütung in Born statt.

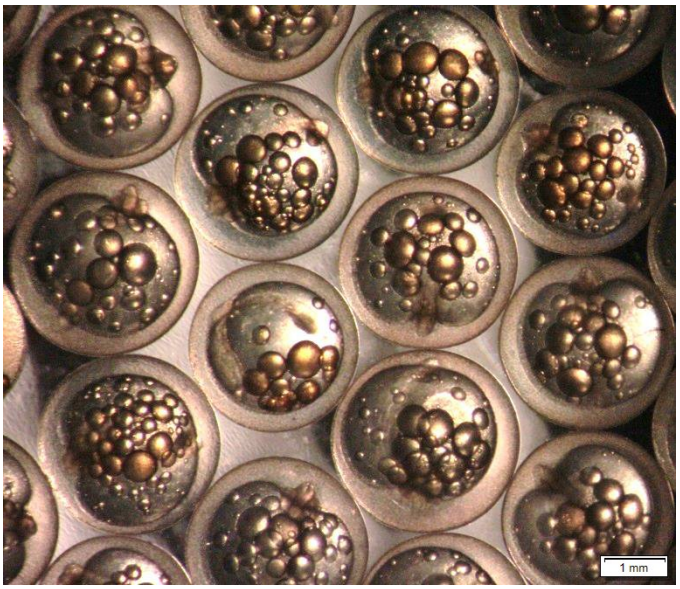


Abbildung 4: Sich in der Entwicklung befindende Eier von *Coregonus maraena* (31.12.2013). Der Öltropfen hat sich noch nicht zusammen gelagert, der Embryo ist schon erkennbar. (Foto: S. Herper)

4.1.3 Reproduktion von unter natürlichen Umweltbedingungen gehaltenen Fischen

In der Durchflussanlage des Praxispartners AQUA Fischzucht in Strasen konnten am 21.12. und 28.12.2014 ca. 1,1 l Laich gewonnen werden. Bei diesen Laichfischen handelte es sich um zweisömmrige Erstlaicher, was sich im Ergebnis in einer geringen Befruchtungsrate äußerte. Die Tiere stammten ursprünglich aus Born (Wildlaich aus 2012), wo sie im Vorfeld in der Warmwasserkreislaufanlage in Brackwasser (ca. 4 PSU) gehältert wurden. Diese Schnäpel dienten Versuchszwecken in der Süßwasserdurchflussanlage in Strasen.

4.1.4 Reproduktion von unter künstlichen Bedingungen gehaltenen Fischen

In der Anlage Born wurden in einem Laichraum, hier sind Temperatur und Lichtregime steuerbar, potenzielle Laichfische des Schlupfjahrgangs 2013 gehalten. Die Schnäpel wurden in einem Klimaraum einem künstlichen Jahreslauf zur Steuerung der Laichzeit ausgesetzt. Der Klimaraum verfügt über eine autonome Temperatur- und Lichtregelung. Der Klimaraum beinhaltet zwei 1,9 m³-Becken, einen Biofilter und eine Feststoffseparation in Form eines Sandfilters. Die Tiere kamen am 12.05.2014 in diese spezielle Hälterung. Zu diesem Zeitpunkt wiesen die Laichschnäpel ein mittleres Gewicht von 463 g auf. Pro Becken wurden 60 Tiere besetzt. Die Schnäpel wurden mit 0,5 % der Biomasse pro Tag gefüttert. Als Futtermittel wurde bis zum 06.02.2015 Troco Supreme der Firma Coppens (Protein: 46 %, Fett: 16 %, Rohfaser: 1,1 %, Asche: 7,4 %) in der Körnung 4,5 mm gewählt. Anschließend wurde Aller Arctic (Protein: 48 mm, Fett: 24 %, Rohfaser: 1 %, Rohasche: 7 %) in der Körnung 3 mm gefüttert. Bei einer Temperatur unter 6 °C wurde die Fütterung eingestellt. Im Modul werden viertelstündlich Sauerstoffgehalt, pH-Wert und Temperatur mittels eines festinstallierten SC1000-Messgerätes (Hach) gemessen. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden mind. einmal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Beginnend am 12.05.2014 wurde die Temperatur zweiwöchentlich um 1 °C verringert. Am 1.10.2014 war damit eine Temperatur von 6 °C erreicht. Eine weitere Abkühlung war in dieser Phase des Versuchs aus technischen Gründen nicht möglich. Die Lichtdauer wurde im gleichen Zeitraum zweimal wöchentlich um eine viertel Stunde reduziert, beginnend bei 18 h Licht und 6 h Dunkelheit und endend bei 8 h Licht und 16 h Dunkelheit.

Während der ersten Erwärmungsphase wurde das System zu Beginn halbwöchentlich um 1 °C erwärmt (6-11 °C), danach wurde das System einmal wöchentlich um 1 °C erwärmt. Die Lichtdauer wurde zweimal wöchentlich um 24 min verlängert (Tabelle 1).

Tabelle 1: Erste Erwärmungsphase für Schnäpel in einem künstlichen Jahreslauf. Die Schnäpel wurden in einem Klimaraum mit Kreislaufsystem und autonomer Licht- und Temperatursteuerung gehalten.

Datum	Temperatur [°C]	Licht an um	Licht aus um	Lichtdauer [h:min]
19.11.2014	6	09:00	17:00	08:00
24.11.2014	7	08:51	17:15	08:24
27.11.2014	8	08:42	17:30	08:48
01.12.2014	9	08:33	17:45	09:12
04.12.2014	10	08:24	18:00	09:36
08.12.2014	11	08:15	18:15	10:00
11.12.2014	12	08:06	18:30	10:24
15.12.2014	12	07:57	18:45	10:48
18.12.2014	13	07:48	19:00	11:12
22.12.2014	13	07:39	19:15	11:36
25.12.2014	14	07:30	19:30	12:00
29.12.2014	14	07:21	19:45	12:24
01.01.2015	15	07:12	20:00	12:48
05.12.2015	15	07:03	20:15	13:12
08.01.2015	16	06:54	20:30	13:36
12.01.2015	16	06:45	20:45	14:00
15.01.2015	17	06:36	21:00	14:24
19.01.2015	17	06:27	21:15	14:48
22.01.2015	18	06:18	21:30	15:12
26.01.2015	18	06:09	21:45	15:36
29.01.2015	19	06:00	22:00	16:00

Vom 29.01.2015 bis zum 16.04.2015 wurden die Fische bei 19 °C und 16 h Licht (Langtag) gehalten. Während der zweiten Abkühlungsphase wurde die Temperatur im Klimaraum um 1 °C pro Woche verringert. Die Lichtdauer wurde zweimal wöchentlich um 15 min verringert. Am 03.08.2015 waren 4 °C und eine Lichtdauer von 8 h erreicht (Tabelle 2).

Tabelle 2: Zweite Abkühlungsphase für Schnäpel in einem künstlichen Jahreslauf. Die Schnäpel wurden in einem Klimaraum mit Kreislaufsystem und autonomer Licht- und Temperatursteuerung gehalten.

Datum	Temperatur [°C]	Licht an um	Licht aus um	Lichtdauer [h:min]
13.04.2015	19	06:00	22:00	16:00
16.04.2015	19	06:03	21:48	15:45
20.04.2015	18	06:06	21:36	15:30
23.04.2015	18	06:09	21:24	15:15
27.04.2015	17	06:12	21:12	15:00
30.04.2015	17	06:15	21:00	14:45
04.05.2015	16	06:18	20:48	14:30
07.05.2015	16	06:21	20:36	14:15
11.05.2015	15	06:24	20:24	14:00
15.05.2015	15	06:27	20:12	13:45
18.05.2015	14	06:30	20:00	13:30
21.05.2015	14	06:33	19:48	13:15
25.05.2015	13	06:36	19:36	13:00
28.05.2015	13	06:39	19:24	12:45
01.06.2015	12	06:42	19:12	12:30
04.06.2015	12	06:45	19:00	12:15
08.06.2015	11	06:48	18:48	12:00
11.06.2015	11	06:51	18:36	11:45
15.06.2015	10	06:54	18:24	11:30
18.06.2015	10	06:57	18:12	11:15
22.06.2015	9	07:00	18:00	11:00
25.06.2015	9	07:03	17:48	10:45
29.06.2015	8	07:06	17:36	10:30
02.07.2015	8	07:09	17:24	10:15
06.07.2015	7	07:12	17:12	10:00
09.07.2015	7	07:15	17:00	09:45
13.07.2015	6	07:18	16:48	09:30
16.07.2015	6	07:21	16:36	09:15
20.07.2015	5	07:24	16:24	09:00
23.07.2015	5	07:27	16:12	08:45
27.07.2015	4	07:30	16:00	08:30
30.07.2015	4	07:33	15:48	08:15
03.08.2015	4	07:36	15:36	08:00

Die mittleren Werte für die gelösten Stickstoffverbindungen lagen im Mittel bei 0,194 mg/l für Ammonium, 0212 mg/l für Nitrit und bei 35,7 mg/l für Nitrat (Tabelle 3). Am 02.06.2014 wurde einmalig ein Nitritgehalt von 7,62 mg/l beobachtet, dieser Spitze wurde erfolgreich mit einem sofortigen Wasseraustausch im System begegnet und in der Folge zeigte sich der Wert auf dem gezeigten Niveau stabil. Beim gelösten Ammonium trat am 11.08.2014 in Folge einer Desinfektionsmaßnahme eine Spitze von 6,28 mg/l auf. Auch diesem Vorfall wurde mit einem sofortigen Wasserwechsel entgegengewirkt und der Wert zeigte sich in der Folge stabil. Die Sauerstoffkonzentration betrug im Mittel 12,47 (± 2,16) mg/l. Sie sank dabei zu keiner Zeit unter 8 mg/l. Der pH-Wert im Klimaraum lag über den gesamten Versuchszeitraum über 7 mit einem Mittel von 7,40 (± 0,27) (Tabelle 4).

Tabelle 3: Mittlere Werte (± SD) für die gelösten Stickstoffverbindungen im Klimaraum (12.05.2015-19.10.2015)

	Ammonium [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrat [mg/l]
Mittelwert	0,194	0,212	35,7
SD	0,575	0,747	33,1

Tabelle 4: Sauerstoffkonzentration (± SD) und pH-Wert (± SD) im Klimaraum während der Haltung von Laichschnäpeln in einem künstlichen Jahreslauf (12.05.2014-19.10.2015)

	Sauerstoffkonzentration [mg/l]	pH
Mittelwert	12,47	7,40
± SD	2,16	0,27

Im Ergebnis dieses Versuchs zeigte sich, dass nach dem ersten künstlichen Winter, vom September bis November 2014, bei einigen dann später verstorbenen Tieren zwar ein Laichansatz beobachtet werden konnte, jedoch zeigte sich keines dieser Weibchen bereits reif. Die verbliebenen Tiere wurden dann sukzessive wieder hochgewärmt und im Februar und März 2015 einem künstlichen Sommer ausgesetzt. Ab April wurde der Laichraum dann erneut schrittweise wieder auf einen künstlichen Winter eingestellt. Anfang August herrschten 4 °C und 8 h Licht (Kurztag). Ende August 2015 zeigten sich die verbliebenen acht Tiere nach mehreren Kontrollen laichreif, und es wurden am 24.08. und 26.08.2015 zwei Weibchen abgestrichen. Die Schnäpel wiesen ein Gewicht von 1,2 kg bzw. 1,9 kg auf. Hierbei wurden insgesamt 1,1 l Laich gewonnen (Tabelle 5). Da es sich um Erstlaicher handelte, musste ein Teil des Laichs, trotz guter Befruchtungsrate, leider am 07.09. und am 16.09.2015 verworfen werden. Es fand keine erkennbare Entwicklung der Eier statt und eine zunehmende Verpilzung war zu beobachten.

Tabelle 5: Vermehrung der unter einem künstlichen Jahreslauf gehaltenen Laichtiere im August 2015. Angegeben sind die individuelle Kennung der markierten Weibchen, die Anzahl der jeweils abgestreiften Männchen und Volumen und Masse des befruchteten Laichs nach Quellung. Weibchen 7A39 wurde am 24.08.2015 zweimal abgestreift.

Datum	Kennung des Weibchens	Anzahl männliche Tiere	Menge Laich [ml]	Menge Laich [g]
24.08.2015	7A39	4	566	448
24.08.2015	42D4	2	74	100,4
26.08.2015	42D4	3	530	434,5

4.2 Erbrütung

Im Projektzeitraum wurde unter verschiedenen Bedingungen und mit Schnäpeln von unterschiedlichen Herkünften erfolgreich Laich erbrütet. Bei den verschiedenen Ansätzen zeigte sich dabei im Untersuchungsverlauf, dass die Laichqualität ein entscheidender Faktor ist. Die Erbrütung des Wildlaichs war im Schnitt erfolgreicher als die Erbrütung von Schnäpellaich aus artifizieller Haltung.

4.2.1 Erbrütung von Wildfischlaich

Der am 04.12.2012 in die Anlage gekommene Laich von Wildfischen wurde in Zugergläsern in der Versuchsanlage Born erbrütet. Augenpunkte, als markantes Entwicklungsstadium in der

Oogenese, traten am 05.01.2013 bei 100 d° auf. Die ersten Schnäpellarven aus dieser Erbrütung schlüpften am 30.03.2013 nach 367 d°.

In der Vermehrungssaison 2013/14 wurden drei verschiedene Kohorten erbrütet. Zum einen wurde ein Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Eientwicklung durchgeführt. Die nicht in diesen Versuchsgruppen befindlichen Eier wurden in Zugergläsern bei ca. 4 °C erbrütet. Sie entwickelten um den 10.01.2014 Augenpunkte nach ca. 100 d° und schlüpften ab dem 10.03.2014 nach etwa 370 d°. Eine weitere Gruppe wurde zur Sicherung des Bestandes erbrütet. Hier kamen, wie oben erwähnt, am 20.12.2013 Eier in die Einrichtung. Diese Eier entwickelten am 02.01.2014 nach 149 d° Augenpunkte und schlüpften ab dem 28.02.2014 nach 370 d°.

In dieser Vermehrungssaison (2013/14) fand zudem ein umfangreicher Versuch, als Masterarbeit, zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Schlupfrate bei *Coregonus maraena* statt (Luft, 2014). Es wurden drei Gruppen im Triplikat gebildet, die bei 4 °C, 6 °C und 10 °C inkubiert wurden. Die Gruppen sind im Folgenden entsprechend ihrer Erbrütungstemperatur mit 4 °C-, 6 °C- und 10 °C-Gruppe benannt. Die Erbrütung der einzelnen Gruppen fand in, eigens für diesen Versuch gebauten, Kleinkreisläufen statt (Abbildung 5). Diese waren mit einem Grundbecken, einer Kreislaufpumpe, einer UV-Desinfektion und jeweils drei McDonalds Erbrütungsgläsern ausgestattet. Die Installation als autonome Kreisläufe ermöglichte eine individuelle Temperatursteuerung.

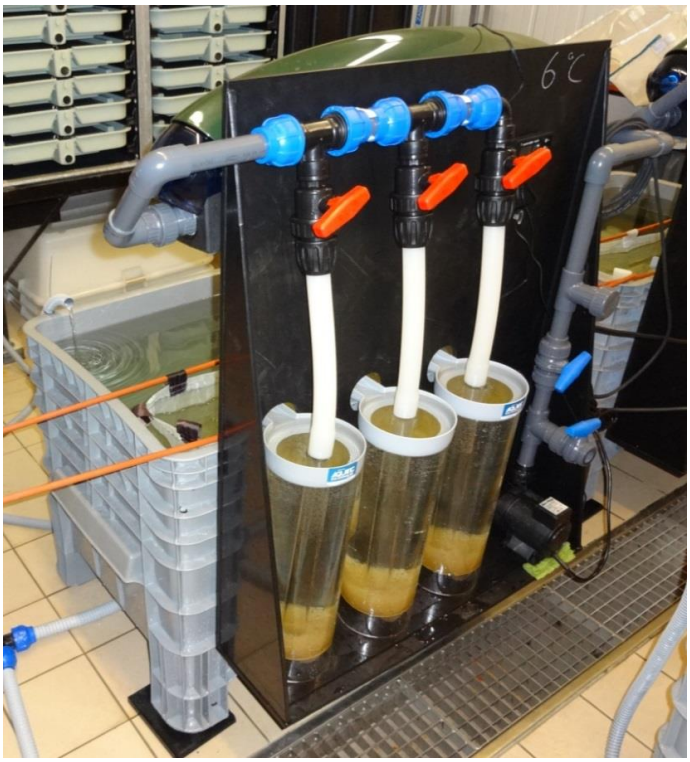


Abbildung 5: Ein erstmalig im Jahr 2014 genutztes mobiles Erbrütungsgestell mit Desinfektion (UV-Licht), McDonalds Erbrütungsgläsern und Kreislaufpumpe als Kleinkreislauf betrieben. (Foto: P. Luft)

Die Temperatur wurde mittels eines Alkoholthermometers zweimal am Tag gemessen. In der Erbrütungseinheit der Anlage Born herrschte eine Raumtemperatur von ca. 4 °C. Die einzelnen Erbrütungseinheiten wurden mit 200 W-Aquarienheizstäben der Firma Eheim temperiert. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden nach Bedarf mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Die mittleren Temperaturen betrugen 4,3 °C (± 0,3 °C), 6,3 °C (± 0,5 °C) und 10,1 °C (± 1,2 °C) (Abbildung 6).

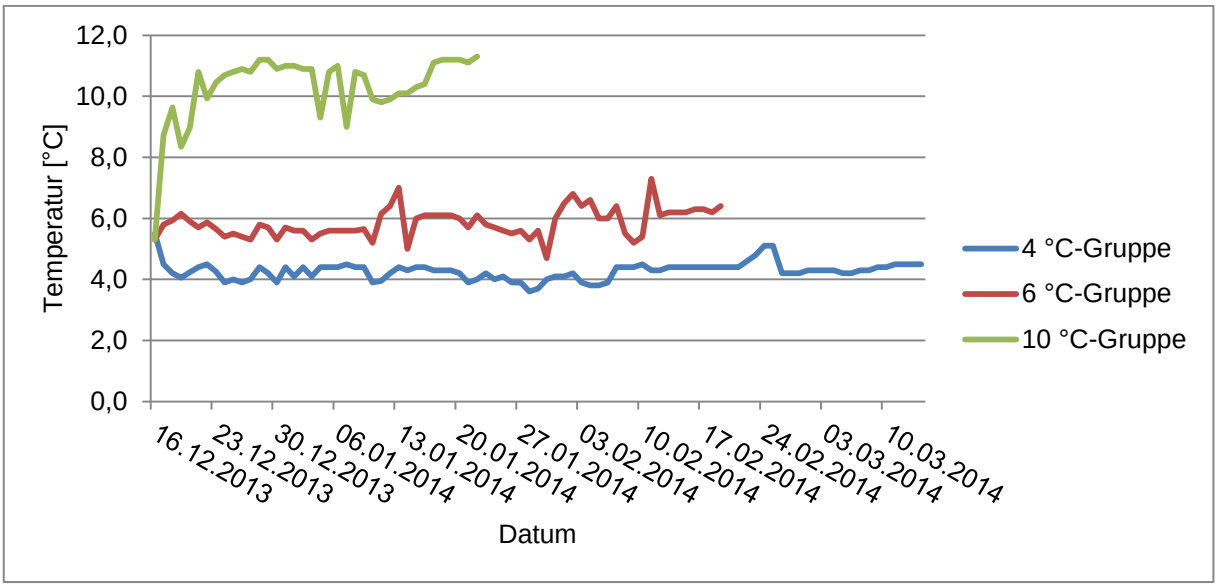


Abbildung 6: Temperaturverlauf in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung beim Schnäpel im Jahr 2014 (blau: 4 °C-Gruppe, rot: 6 °C-Gruppe, grün: 10 °C-Gruppe). Die Kurven enden zum Schlupfzeitpunkt der jeweiligen Gruppe.

Sauerstoffkonzentration und pH-Wert waren in einem fischsicheren Bereich. Der pH-Wert betrug konstant ca. 8. Die Sauerstoffkonzentration war nie geringer als 8 mg/l (Abbildung 7). Der Verlauf der Konzentrationen der gelösten Nährstoffe war sehr unterschiedlich. So erreichte der Nitratwert nie eine höhere Konzentration als 3,74 mg/l. Dieser Wert war als nicht kritisch anzusehen. Der Nitritwert überstieg nie die Grenze von 0,21 mg/l und war damit ebenfalls als nicht kritisch anzusehen. Der Ammoniumwert erreichte in der 10 °C-Gruppe jedoch 5,88 mg/l. Dies war bedingt durch einen geringen Wassertausch während des Schlupfes. Die Larven waren dieser Nährstoffkonzentration nur maximal einen halben Tag ausgesetzt, da sie zweimal am Tag ausgezählt wurden. Nach der Messung des hohen Ammoniumwertes wurde diesem sofort mit dem Zulauf von warmem Leitungswasser entgegengewirkt. Auch in der 4 °C- und 6 °C-Gruppe kam es während des Schlupfes zu einem Anstieg des Ammoniumwertes. In diesen beiden Versuchsgruppen konnte diesem Anstieg rechtzeitig durch Wassertausch entgegengewirkt werden. So erreichte die Ammoniumkonzentration in der 6 °C-Gruppe 1,24 mg/l und in der 4 °C-Gruppe 2,18 mg/l (Abbildung 8).

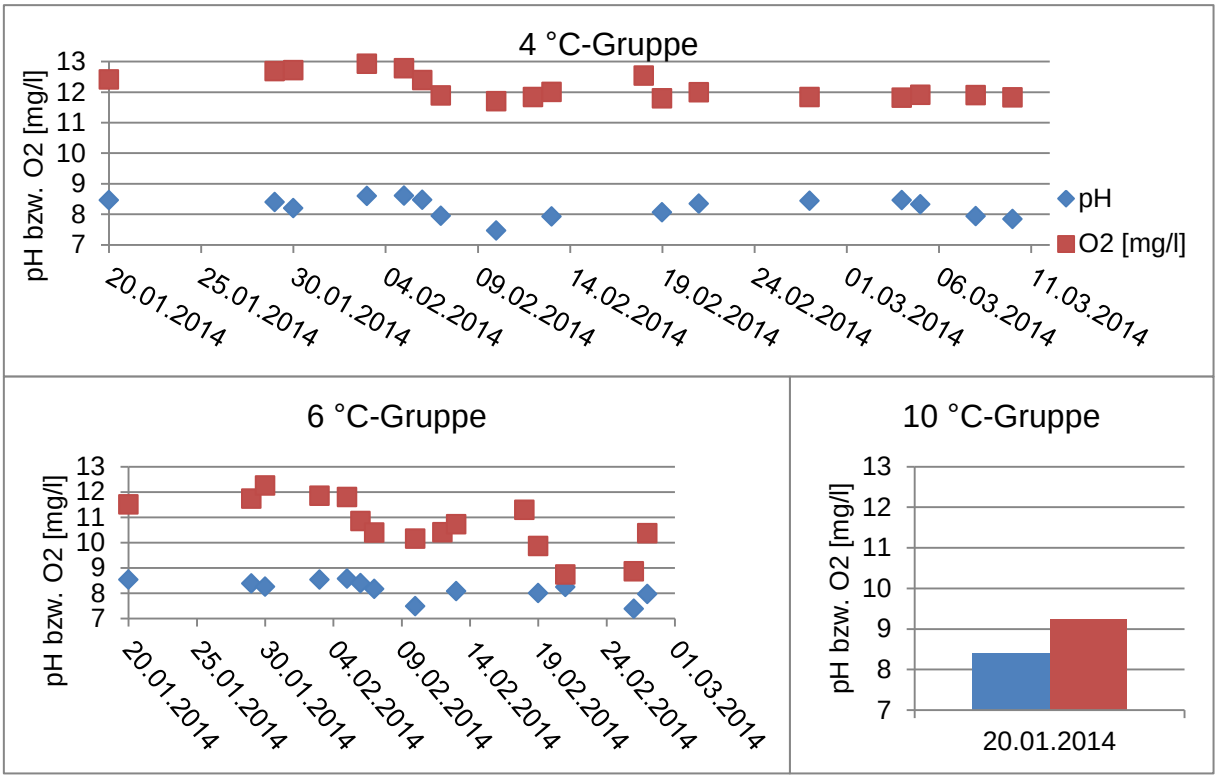


Abbildung 7: pH-Wert (blaue Rauten bzw. Balken) und Sauerstoffkonzentration (rote Quadrate bzw. Balken) für drei mobile Erbrütungskreisläufe bei einem Versuch zum Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Schnäpe-leiern und -brut im Jahr 2014

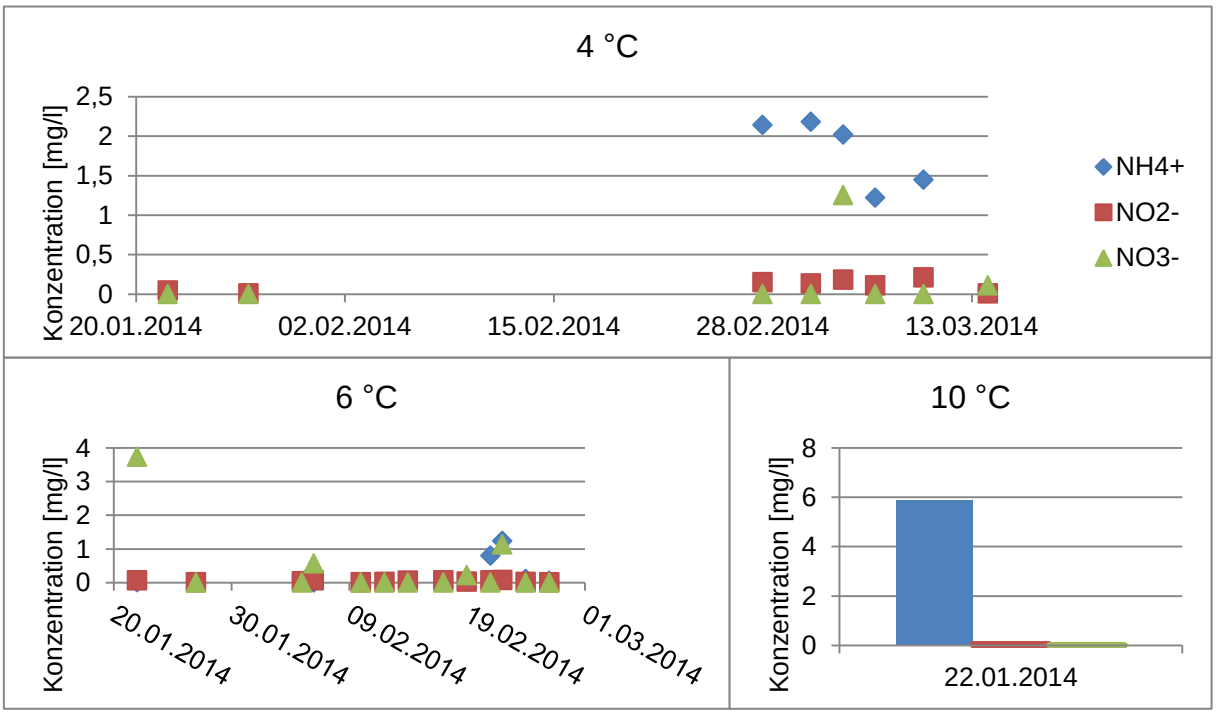


Abbildung 8: Ammoniumkonz. (blaue Rauten bzw. Balken), Nitritkonz. (rote Quadrate bzw. Balken) und Nitratkonz. (grüne Dreiecke) für drei mobile Erbrütungskreisläufe bei einem Versuch zum Einfluss der Temperatur auf die Entwicklung von Schnäpe-leiern und -brut im Jahr 2014

Zu Beginn des Versuches wurden 10,5 ml des befruchteten Laichs dreimal ausgezählt (470 Eier), somit ergab sich eine Eizahl von 44,8 Eier/ml. Es wurden pro Untergruppe 400 ml erbrütet, Ausnahme bildete eine Untergruppe der 4 °C-Gruppe, hier wurden 405 ml in das McDonalds Erbrütungsglas gefüllt. Die Eier wiesen einen mittleren Durchmesser von 3,0 mm ± 0,09 mm auf (n = 117).

Während des Schlupfes im Frühjahr 2014 waren am Auslauf der McDonalds Erbrütungsgläser jeweils drei Gazekäfige aufgespannt, so dass die Larven jeder Untergruppe ausgezählt werden konnten. Mit dem Ergebnis der Zählung wurde die Schlupfrate für jede Untergruppe bestimmt (Tabelle 6). Die 4 °C- und 6 °C-Gruppe wiesen im Ergebnis eine Schlupfrate von 76 % und 72 % auf und unterschieden sich damit signifikant ($p \leq 0,05$) von der 10 °C-Gruppe, die eine Schlupfrate von nur 28 % zeigte. Diese niedrige Schlupfrate war wahrscheinlich durch einen starken Anstieg der Ammoniumkonzentration während des Schlupfes begründet, welcher nur bedingt durch einen Wasseraustausch zu regulieren war (Luft, 2014). Der Versuch wurde im Jahr 2015 wiederholt (siehe unten).

Tabelle 6: Anzahl der Eier und geschlüpften Larven, wie sie im Temperaturversuch durch Auslitern und Auszählen bestimmt wurden. Hieraus wurde die Schlupfrate berechnet. Die Buchstaben a und b an der durchschnittlichen Schlupfrate geben Unterschiede auf dem Signifikanzniveau $p \leq 0,05$ an. (Daten nach Luft, 2014)

Gruppe	Untergruppe	Anzahl Eier	Anzahl Larven	Schlupfrate	durch-schnittliche Schlupfrate	± SD
4 °C	1	17905	13619	76 %	76 %[a]	2,3 %
	2	17905	13218	74 %		
	3	18129	14415	80 %		
6 °C	1	17905	13084	73 %	72 %[a]	3,9 %
	2	17905	12072	67 %		
	3	17905	13759	77 %		
10 °C	1	17905	4131	23 %	28 %[b]	3,4 %
	2	17905	5328	30 %		
	3	17905	5471	31 %		

Im Winter 2014 wurde, wie unter 4.1.2 beschrieben, von mehreren Orten Laich besorgt. Der Laich von Ostseeschnäpeln aus dem Achterwasser musste komplett verworfen werden, da hier offensichtlich keine Entwicklung der Eier stattfand. Um den Bestand für zukünftige Versuche zu sichern und einen weiteren Versuch zur Erbrütungstemperatur durchführen zu können, wurde erneut auf Laich vom Verein Fisch und Umwelt M-V zurückgegriffen, abgestrichen am 09.12.2015. Die am 30.12.2014 in die Versuchsanlage Born gekommenen Eier entwickelten am 08.01.2015 Augenpunkte nach 128 d°(Abbildung 9: Augenpunkteier des Ostseeschnäpels, der Entwicklungsstand wurde am 19.01.15 dokumentiert. (P. Luft)). Am 13.02.2015 erfolgte der Schlupf nach 358 d°. Die Schlupfrate betrug geschätzt 40 %.

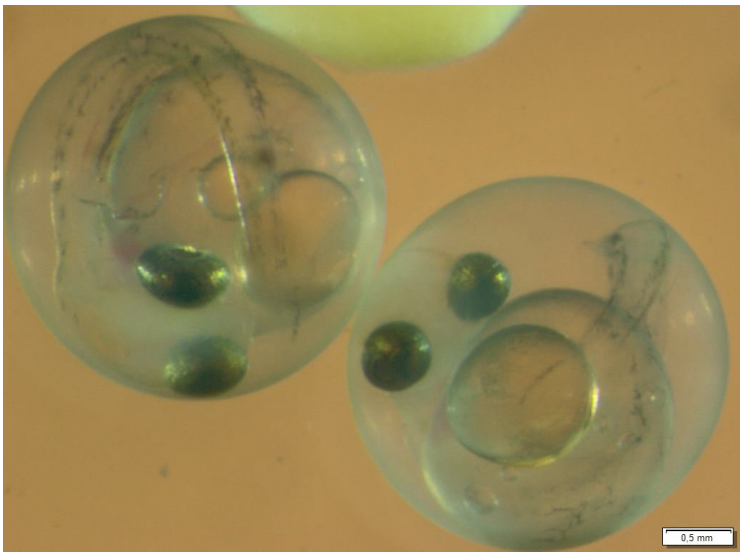


Abbildung 9: Augenpunkteier des Ostseeschnäpels, der Entwicklungsstand wurde am 19.01.15 dokumentiert. (P. Luft)

Im Untersuchungsjahr 2015 wurde der Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur aus dem Jahr 2014 wiederholt. Die Eier für die Versuchsgruppen (abgestrichen am 09.12.2015) wurden am 30.12.2014 von der restlichen Charge getrennt. So wurden vier Gruppen gebildet, die dann bei unterschiedlichen Temperaturen in Trinkwasser bzw. in einem weiteren Ansatz in Boddenwasser erbrütet wurden (Tabelle 7). Die Temperatur wurde mithilfe eines HOBO Datenloggers viertelstündlich geloggt. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden nach Bedarf mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen. Es wurden die Gruppen 4 °C-, 6 °C-, 9 °C- und Boddenwasser jeweils im Triplikat gebildet. Die 4 °C-, 9 °C- und Boddengruppe wurden, wie im Jahr 2014, in den drei vorhandenen mobilen Kleinsystemen mit McDonalds Erbrütungsgläsern gehältert. Die 6 °C-Gruppe wurde dagegen bis zum 30.01.15 in Zugergläsern der Anlage Born in einem größeren Kreislauf (vgl. Abbildung 3) erbrütet. Am 30.01.15 wurde die Versuchsgruppe in ein nun freies Kleinsystem überführt und verblieb bis zum Schlupf dort.

Die gelösten Nährstoffe waren während der Erbrütung in einem fischsicheren Bereich. In der 4 °C-Gruppe wurde eine Nitrit- bzw. Nitratkonzentration 0,35 mg/l bzw. 4,12 mg/l nicht überschritten. Der Ammoniumwert betrug im Maximum 0,393 mg/l. In der 6 °C-Gruppe erreichte die Ammoniumkonzentration ein Maximum von 0,20 mg/l, die Nitrit- bzw. Nitratgehalte waren mit 0,05 mg/l bzw. 3,88 mg/l maximal (Abbildung 10). In der 9 °C-Gruppe wurden höchstens 0,03 mg/l (Nitrit), 4,4 mg/l (Nitrat) und 0,09 mg/l (Ammonium) gemessen (Abbildung 11). Die ermittelten durchschnittlichen Temperaturen betrugen 4,6 °C (4 °C-Gruppe), 5,8 °C (6°C-Gruppe), 9,4 °C (9 °C-Gruppe) und 5,4 °C (Boddengruppe) (Tabelle 7).

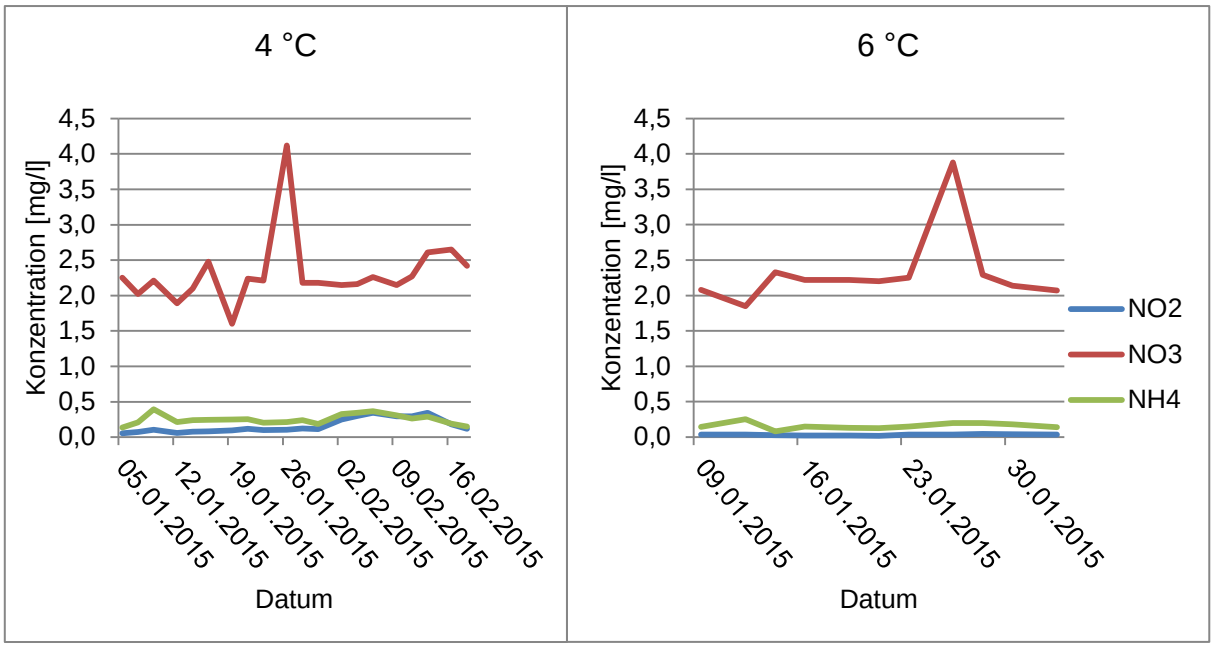


Abbildung 10: Nitrit- (NO2, blaue Linie), Nitrat- (NO3, rote Linie) und Ammoniumkonzentrationen (NH4, grüne Linie) für die 4 °C-Gruppe (links) und die 6 °C-Gruppe (rechts) während der Erbrütung in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung des Schnäpels im Jahr 2015.

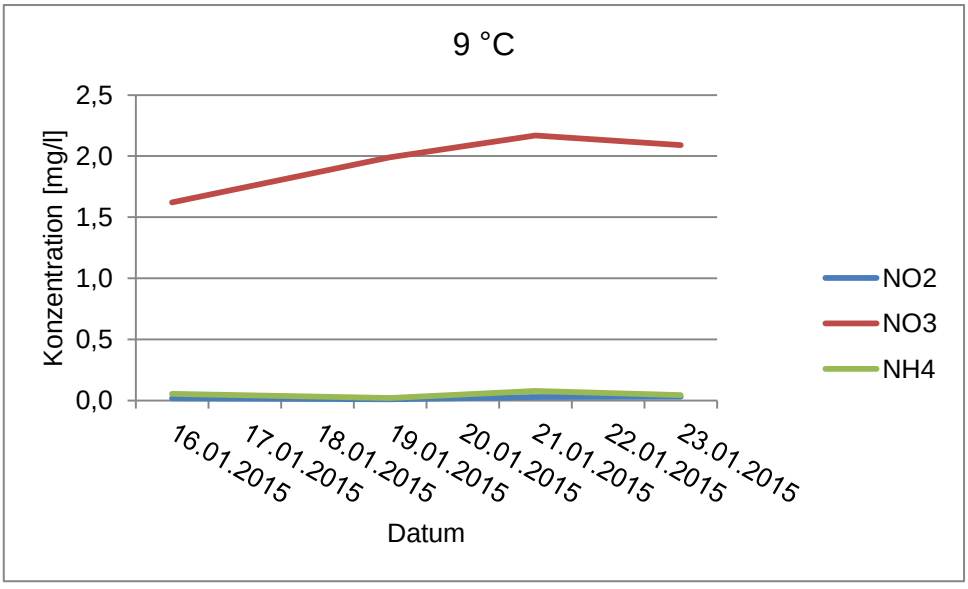


Abbildung 11: Nitrit- (NO2, blaue Linie), Nitrat- (NO3, rote Linie) und Ammoniumkonzentrationen (NH4, grüne Linie) während der Erbrütung für die 9 °C-Gruppe in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf die Entwicklung des Schnäpels im Jahr 2015.

Tabelle 7: Übersicht über vier Versuchsgruppen zur Erbrütung von Schnäpeleiern (Triplikat). Die durchschnittliche Temperatur (± SD) bezieht sich auf den Zeitraum nach der Auftrennung der Gruppen.

abgestrichen am	Versuchs-beginn	Gruppe	durch-schnittliche Temperatur (± SD)	Laich-Volumen [ml]	Errechnete mittlere Eizahl
09.12.2014	30.12.2014	4 °C	4,6 °C (± 0,50 °C)	je 200	je 8514
		6 °C	5,8 °C (± 0,70 °C)		
		9 °C	9,4 °C (± 1,00 °C)		
		Bodden	5,4 °C (± 1,11 °C)		

Die Entwicklung der Augenpunkte fand bei drei Untersuchungsgruppen zu einem ähnlichen Zeitpunkt statt (124 - 138 d°). Lediglich die 4 °C-Gruppe wies hier eine längere Entwicklungsdauer auf (178 d°). Dies korreliert ebenfalls mit der Entwicklungszeit (Tagesgrade) bis zum Schlupf der jeweiligen Gruppe. Auch hier benötigte die 4 °C-Gruppe mit 364 d° die höchste Dauer. Die anderen Gruppen wiesen bei Schlupfbeginn 322 - 352 d° auf. Die Schlupfraten waren insgesamt sehr ähnlich. Die 4 °C-, 6 °C- und die Boddengruppe zeigten eine durchschnittliche Schlupfrate von 70,1 %, 74,7 % und 74,1 %. Der Unterschied zwischen den Gruppen war hier auf einem Niveau von $p \leq 0,05$ nicht signifikant. Die 9 °C-Gruppe unterschied sich jedoch signifikant zu der 6 °C- und Boddenprobe mit einer durchschnittlichen Schlupfrate von nur 66,8 %. Dieses Ergebnis bei den Schlupfraten bestätigt grundsätzlich die Versuche aus dem Jahr 2014. Lediglich bei der 9 °C-Gruppe zeigte sich in 2015 eine deutlich bessere Schlupfrate als 2014, jedoch konnten im Jahr 2015 durch deutlich bessere Überwachung der Wasserwerte und einen rechtzeitig vorgenommenen Wassertausch keine Anomalitäten bei den Stickstoffverbindungen, insbesondere beim Ammonium, festgestellt werden (Tabelle 8).

Tabelle 8: Ergebnisse der vier verschiedenen Versuchsgruppen bei der Erbrütung von Schnäpeleiern im Jahre 2015. Angegeben sind die Daten und jeweiligen Tagesgrade bei denen Augenpunkte entwickelt wurden bzw. der Schlupf stattfand. Ergänzend dazu die Angabe der Anzahl geschlüpfter Larven und die Schlupfrate (± SD). Die Buchstaben bei der durchschnittlichen Schlupfrate geben signifikant unterschiedliche (p ≤ 0,05) an.

Gruppe	Unter-ter-grup-pe	Augen-punkte am	Augen-gen-punkte [d°]	Schlupf-beginn am	Schlupf-beginn [d°]	Anzahl Larven	Schlupf-rate	durch-schnitt-liche Schlupf-rate	± SD
4 °C	1	19.01.15	178	01.03.15	364	5819	68,3 %	70,1 %[a, b]	1,4 %
	2					5999	70,5 %		
	3					6098	71,6 %		
6 °C	1	08.01.15	124	03.02.15	346	6581	77,3 %	74,7 %[b]	2,4 %
	2					6400	75,2 %		
	3					6095	71,6 %		
9 °C	1	05.01.15	138	21.01.15	322	5769	67,8 %	66,8 %[a]	1,5 %
	2					5509	64,7 %		
	3					5792	68,0 %		
Bodden	1	06.01.15	128	18.02.15	352	6076	71,4 %	74,1 %[b]	2,1 %
	2					6507	76,4 %		
	3					6344	74,5 %		

4.2.2 Erbrütung von unter natürlichen Umweltbedingungen gehaltenen Schnäpeln

Die am 21./28.12.2014 abgestrichenen 1,1 l Laich entsprachen etwa 58.127 Eiern. Hiervon schlüpften nur rund 6 % (3414 Larven). Die geringe Schlupfrate war bedingt durch das geringe Alter der Elterntiere und dass diese sich in ihrer ersten Vermehrungssaison befanden. Hinzu kam die Tatsache, dass die Tiere einige Tage zu spät abgestrichen wurden und ein erheblicher Anteil überreif war. Die Laichtiere wirkten zudem sehr schlank. Die wenigen entwickelten Embryonen erreichten nach 146 d° das Augenpunktstadium und schlüpften nach 307 d°. Dies entsprach der in der Anlage Born beobachteten üblichen Spannweite der Entwicklung. Die durchschnittliche Temperatur während der Erbrütung betrug 5,7 °C ± 1,31 °C. Bis zum 10.02.2015 wurden die Eier dabei in der Erbrütungsanlage gehalten und wurden dann in ein mobiles Erbrütungsgestell überführt. Hierin fand auch der Schlupf statt. Das beobachtete Schlupfverhalten war gleich dem des Wildlaichs.

4.2.3 Erbrütung von unter künstlichen Bedingungen gehaltenen Schnäpeln

Der Laich, der in einen künstlichen Jahreslauf verlegten Laichfische schlüpfte am 26.10.2015 nach 377 d°. Die durchschnittliche Erbrütungstemperatur betrug 5,9 °C ± 1,02 °C. Die Eier entwickelten am 25.09.15 Augenpunkte nach 167 d° (Abbildung 12).

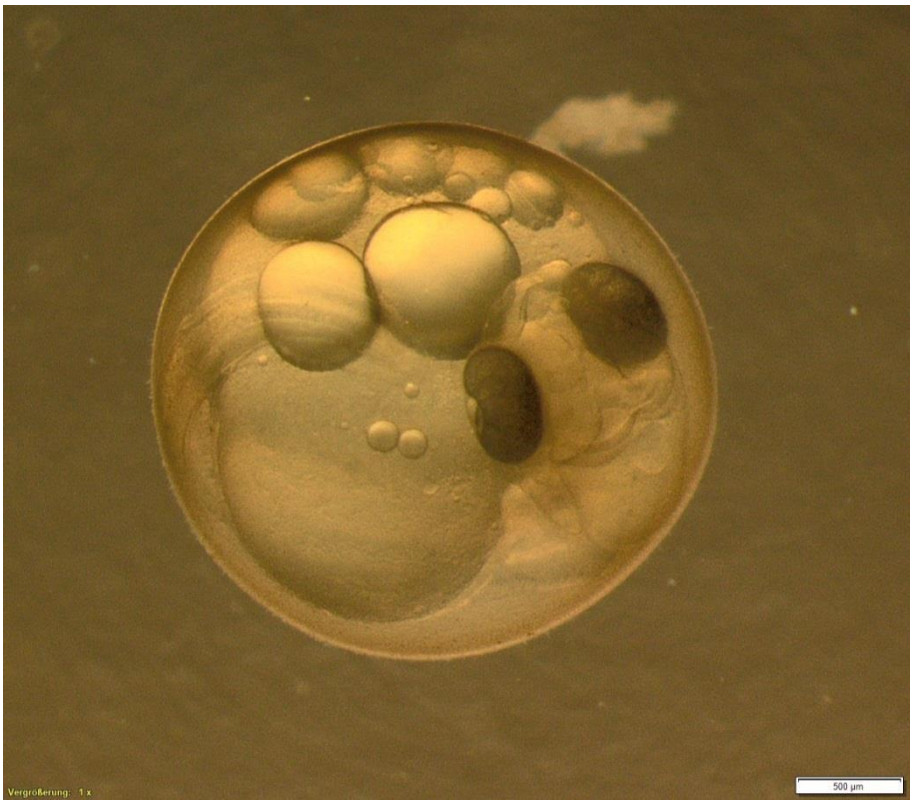


Abbildung 12: Eientwicklung vom Schnäpel (Augenpunktstadium) am 25.09.2015. Das Ei entstammt der erstmaligen Off-Season-Vermehrung in der Versuchsanlage Born. (Foto: N. Moog)

4.3 Anfütterung und Vorstreckung von Schnäpellarven

Die Ende März 2013 geschlüpften Larven wurden mit *Artemia salina* erfolgreich angefüttert (Abbildung 13). Nach dieser kurzen Phase wurden die Larven auf kommerzielles Trockenfutter (Aller Futura MP Ex: Rohprotein 60 %, Rohfett 17 %, Rohfaser 0,5 %, Rohasche 10,5 %)) umgestellt. Es handelte sich hierbei um handelsübliches Forellenbrutfutter mit einer Partikelgröße von 0,2 – 3 mm. Im Juni 2013 erreichten die Ostseeschnäpel ein Gewicht von ca. 1,5 g und wurden für eine parallele Hälterung in einer Durchflussanlage und einer Kreislaufanlage in zwei Gruppen aufgeteilt. Die Fütterungsmenge wurde auf das Fressverhalten der Schnäpel in der entsprechenden Wachstumsphase angepasst. Im Mai 2013 wurde mit 6 % der Körperfrischmasse (mittleres Gewicht: ca. 0,5 g) gefüttert. Diese Ration wurde im Juni auf 4 % der Biomasse bei einem Durchschnittsgewicht von ca. 0,7 g, im Sommer auf 3,5 (Ø-Masse: ca. 2,2 g) – 2,6 % (Ø-Masse: ca. 4 g) und schließlich im September auf 2,0 (Ø-Masse: ca. 25 g)– 1,7 % (Ø-Masse: ca. 30 g) reduziert.



Abbildung 13: Larven von *Coregonus maraena* nach der Fütterung mit frisch geschlüpften *Artemia salina*-Nauplien. (Foto: S. Herper)

Die Anfütterung der Schnäpellarven für den Aufbau eines anlageneigenen Bestandes erfolgte in den Jahren 2014 und 2015 ähnlich der Anfütterung im Jahr 2013. Die Larven wurden etwa 3 Tage nach Schlupf mit frisch geschlüpften Nauplien von *Artemia salina* gefüttert (Abbildung 14). Nach einer reinen Fütterung mit *A. salina* über 4 - 7 Tage erfolgte eine Zugabe von Brutfutter (O.Range Nurse: Rohprotein 55 %, Rohfett 13 %, Rohfaser 1 %, Rohasche 13,5 %). Dieser Mix wurde für weitere 5 - 7 Tage verfüttert. Beginnend mit einer Partikelgröße von 100 - 200 µm (FM: ca. 35 mg) in 2014 und 2015 wurde das Futter in seiner Größe an den Entwicklungsstand angepasst. Die Fütterung der Larven im ersten Entwicklungsmonat erfolgte *ad libitum*. Bei ca. 0,17 g wurde die Partikelgröße auf 300 – 500 µm erhöht. Im Anschluss wurden 8 % der Biomasse am Tag (2013 6 %) und einer Körnung von 0,5 – 0,8 mm bei einer mittleren Frischmasse von 0,75 g gefüttert. Ab einer mittleren Frischmasse von ca. 1,5 g wurde die Futtermenge auf 5 % der Biomasse pro Tag reduziert. Eine Körnung von 0,8 – 1,2 mm kam ab ca. 4 g zum Einsatz, welche bei einer Frischmasse von ca. 12 g auf 1,5 mm erhöht wurde zusammen mit einer Reduktion der Futterration auf 3 % der Biomasse pro Tag. Bei ca. 19 g wurde die Futtermenge weiter auf 2 % der Biomasse pro Tag verringert (Ende Juli). Diese Futtermenge wurde in Abhängigkeit vom Fressverhalten und eventuellem Verbleiben von Futter im Becken auf bis zu 1 % reduziert.

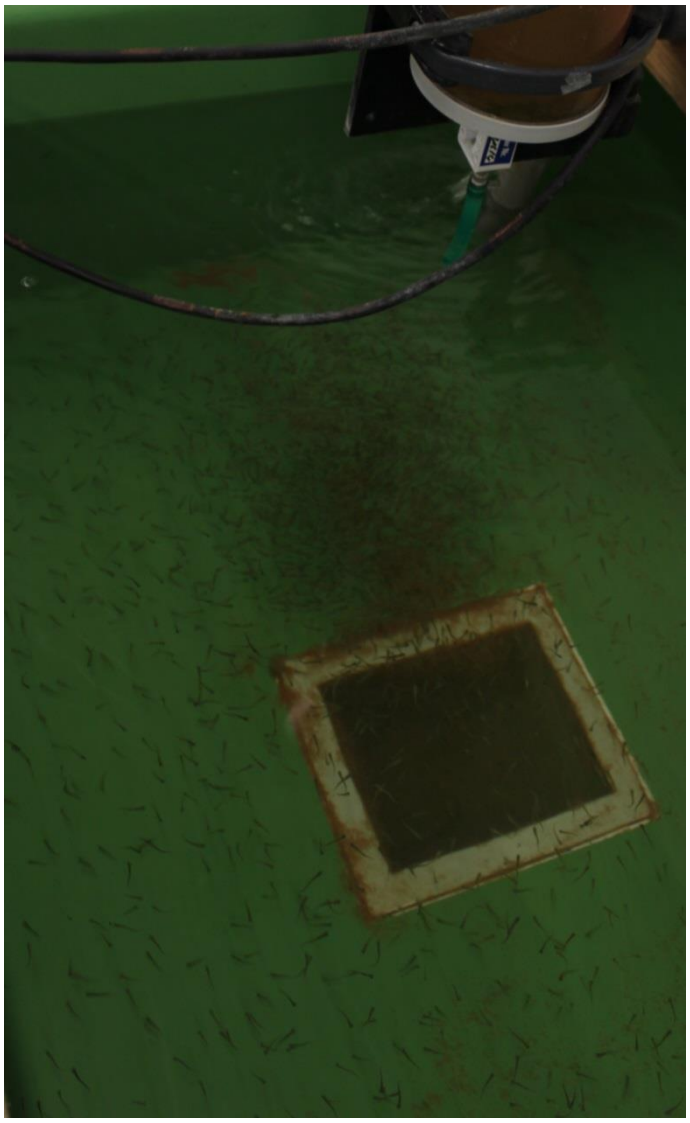


Abbildung 14: Schnäpellarven konzentrierten sich bei der Fütterung unter dem Nassfutterautomaten. Alle Larven nahmen *A. salina* gut auf (Foto: S. Herper)

4.3.1 Test verschiedene Futtermittel in der Anfütterung von Schnäpellarven

Neben der Anfütterung und Vorstreckung aus Erfahrungen bei Regenbogenforellen, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792), und den jeweils bereits durchgeführten erfolgreichen Anfütterungen beim Schnäpel wurden im Projektzeitraum weitere Versuche zur Optimierung der Larvenaufzucht bei *Coregonus maraena* durchgeführt.

Der erste dieser Versuche fand im 1. Quartal 2014 statt. Hierzu wurden 6 Gruppen gebildet. Jede Gruppe wurde im Triplikat angesetzt. Erprobt wurden die reine Trockenfutteranfütterung mit zwei verschiedenen Trockenfuttern (TF), die Mischung aus Frostfutter (Rotatorien) und Trockenfutter, die Mischung aus Lebendfutter (*A. salina*) und Trockenfutter, die reine Frostfutteranfütterung (alles über 8 h von 7:00 – 15:00 Uhr) und eine 24-h-TF-Fütterung. Die eingesetzten Futtermittel waren LARVIVA ProWean von Biomar (Rohprotein 58 %, Rohfett 12 %, Rohfaser 0,4 %, Rohasche 11,7 %) und ON Breeder Line OF von Ocean Nutrition (Rohprotein 59 %, Rohfett 13 %, Rohfaser 0,7 %, Rohasche 9,3 %). Die sechs Versuchsgruppen entstammten einer Schlupfgruppe, welche über vier Tage an die Temperatur des Versuchssystems angepasst wurden. Am fünften Tag folgte die Einzählung in die Versuchsaquarien. Es wurde jedes

Becken mit 200 Schnäpellarven besetzt, die eine mittlere Frischmasse von 0,008 g ± 0,001 g besaßen. Die Versuchsgruppen, die nur eine Futtersorte bekamen, wurden vom sechsten bis zum 16. Tag mit dem entsprechenden Futter gefüttert. Die Rotatorien-Trockenfutter- und die Artemien-Trockenfutter-Gruppe bekam von Tag 6-11 nur Rotatorien bzw. Artemien, danach wurde beiden jeweils im Verhältnis 1:1 Trockenfutter bis zum 16. Tag beigemischt (Tabelle 9).

Tabelle 9: Schema des Anfütterungsversuchs von Schnäpellarven im 1. Quartal 2014. Die ersten 4 Tage dienten der Temperaturanpassung, am 5. Tag wurden die Larven auf die Becken verteilt, ab dem 6. Tag wurde gefüttert. A-E 8 h Fütterung; F, 24 h Fütterung

<table>
<tr><th></th><th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th></tr>
<tr><td>Tag/Futter</td><td>TF LARVIVA</td><td>ON Breeder Line</td><td>Rotatorien (frost)- TF LARVIVA</td><td>Artemien- TF LARVIVA</td><td>Rotatorien (frost)</td><td>24 h TF LARVIVA</td></tr>
<tr><td>0 - 4</td><td colspan="6">Schlupf und Temperaturerhöhung: 1,5-2 °C/Tag</td></tr>
<tr><td>5</td><td colspan="6">Einsetzen</td></tr>
<tr><td>6 - 11</td><td rowspan="2">LARVIVA</td><td rowspan="2">ON Breeder Line</td><td>Rotatorien (frost)</td><td>Artemien</td><td rowspan="2">Rotatorien (frost)</td><td rowspan="2">LARVIVA</td></tr>
<tr><td>12 - 16</td><td>Rotatorien/TF 50:50</td><td>Artemien/TF 50:50</td></tr>
</table>

Im Ergebnis dieses Versuchs zeigte sich, dass die Gruppen, die mit Lebendfutter gefüttert wurden, am besten gewachsen sind. Ein nur mittelmäßiges Wachstum ergab sich die den beiden nur mit Trockenfutter angefütterten Gruppen, wobei die Futtersorte LARVIVA hier tendenziell etwas bessere Ergebnisse aufwies als die Futtersorte ON Breeder Line. Am schlechtesten schnitten die Gruppen mit Frostfutter ab (Abbildung 15). Dies ist vielleicht damit zu begründen, dass beim Einfrieren der Futterorganismen wichtige Enzyme zerstört werden, denen im Allgemeinen der Vorteil von Futtertieren zugesprochen wird. Ein weiteres Problem bei Frostfutter könnte das Einfrieren im Haltungswasser sein. Das Frostfutter wurde nach dem Auftauen gründlich gespült, jedoch ist nicht auszuschließen, dass das Gewebe selbst mit gelösten Nährstoffen belastet war. Die beste Entwicklung zeigte die Gruppe, die mit frischgeschlüpften Artemien und Trockenfutter gefüttert wurde, eine Kombination aus sich bewegenden Futtertieren und artifiziellem Futter. Die Futtertiere können hier wichtige Enzyme liefern und das Trockenfutter ist sehr energiereich. Die Gruppe (F) mit einer kontinuierlichen Fütterung über 24 h war ebenfalls gut versorgt, es befanden sich hier, mit kurzen Pausen zwischen den Fütterungen, immer Trockenfutterpartikel in der Wassersäule. Im Gegensatz dazu befand sich bei den Gruppen mit reiner Trockenfutterdiät während der Nacht kein Futter im Becken. Dies führte zu einer regelmäßigen aber nicht gefährlichen Hungerphase bei den Larven. Dadurch zeigte diese Gruppe ein verringertes Wachstum gegenüber den beiden Gruppen mit Artemien- und 24 h-Fütterung.

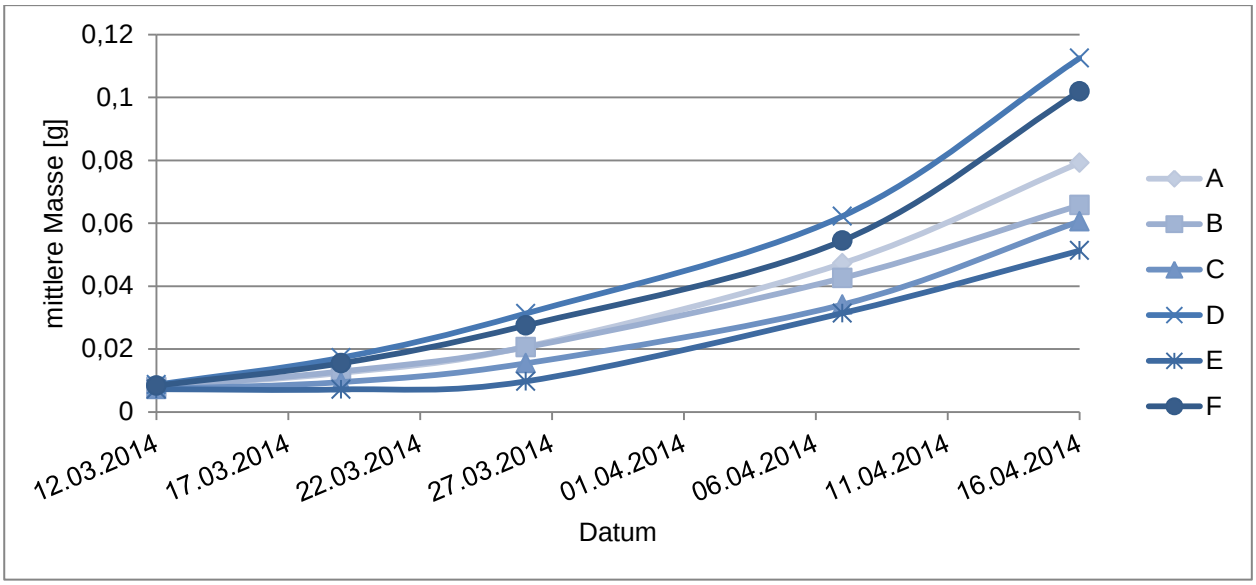


Abbildung 15: Wachstum von Schnäpellarven während eines Versuchs zum Einfluss verschiedener Futtermittel während der Anfütterung (A: LARVIVA, B: O. Range, C: Rotatorien & LARVIVA, D: Artemien & LARVIVA, E: Rotatorien, Fütterung über jeweils 8 h am Tag F: LARVIVA gefüttert über 24 h)

Die Versuchsgruppen A, D und F bildeten hierbei eine homogene Untergruppe mit signifikant ($p \leq 0,05$) besserem Wachstum als die anderen drei Gruppen. Hieraus ließ sich ableiten, dass sowohl die Fütterungsdauer, die Wahl des Trockenfutters, als auch die Nutzung von Lebendfutter einen Vorteil beim Wachstum in den ersten Lebenswochen bot. Die Zugehörigkeit von A, B, C und E zu einer homogenen Untergruppe deutete ferner darauf hin, dass die reine Verwendung von Trockenfutter, als auch die Nutzung von Frostfutter einen Nachteil beim Wachstum brachte (Abbildung 16). In der Konsequenz sollte demnach eine optimale Anfütterung von Schnäpellarven mit einer Kombination aus Lebendfutter und Trockenfutter durchgeführt werden. Weiterhin wiesen die Ergebnisse zur Massezunahme eine hohe Standardabweichung auf. Die Larven wuchsen relativ stark auseinander. Rein optisch ergab sich im Projekt für die Fische daraus kein Nachteil. Eine genaue Untersuchung zu den daraus resultierenden Effekten konnte aus Zeitgründen nicht mehr durchgeführt werden. Für die Praxis bedeutet dies, dass gerade während der Anfütterung zu jeder Zeit Futter zur Verfügung stehen sollte. Des Weiteren spielt die Wahl des Trockenfutters eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Allerdings besteht hier für die Coregonen im Allgemeinen und für *Coregonus maraena* im Besonderen noch erheblicher Forschungsbedarf. Kommerzielle Brutfutter, ausgelegt für marine Fischarten und Salmoniden, waren in allen getesteten Fällen aber den zum Einsatz gekommenen gefrorenen Rotatorien überlegen. Hier war die Qualität und die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe wahrscheinlich nicht ausreichend, um ein gutes bis sehr gutes Wachstum zu erreichen. Selbst die anschließende Fütterung mit dem im Versuch besseren Brutfutter konnte diesen Mangel nicht mehr ausgleichen.

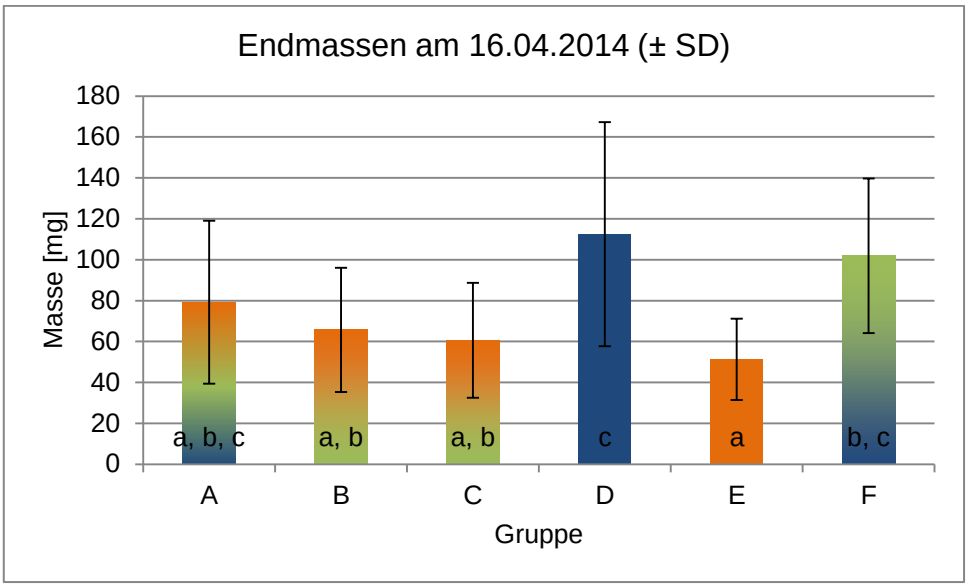


Abbildung 16: Endmassen in mg (± SD) von Schnäpellarven am Ende eines Anfütterungsversuchs. Die Gruppenbezeichnungen (A - F) geben verschiedene Futtermittel und Futtermittelkombinationen an (vgl. Tabelle 9). Die Kleinbuchstaben und Farben geben die Zugehörigkeit zu homogenen Untergruppen (p ≤ 0,05) an (a: orange, b: hellgrün, c: dunkelblau).

4.3.2 Länge der Lebendfutterphase bei Schnäpellarven

Im Jahr 2015 wurde ein Versuch zur Länge der Lebendfutter- bzw. Artemienphase durchgeführt. Hierzu wurden in zwei Larvenmodulen (Abbildung 17) insgesamt sechs Gruppen, jeweils im Triplikat, gebildet. In jedem Modul befanden sich neun 30 l Aquarien, die mit jeweils 500 Larven besetzt wurden. Die Haltungstemperatur betrug 18 °C.

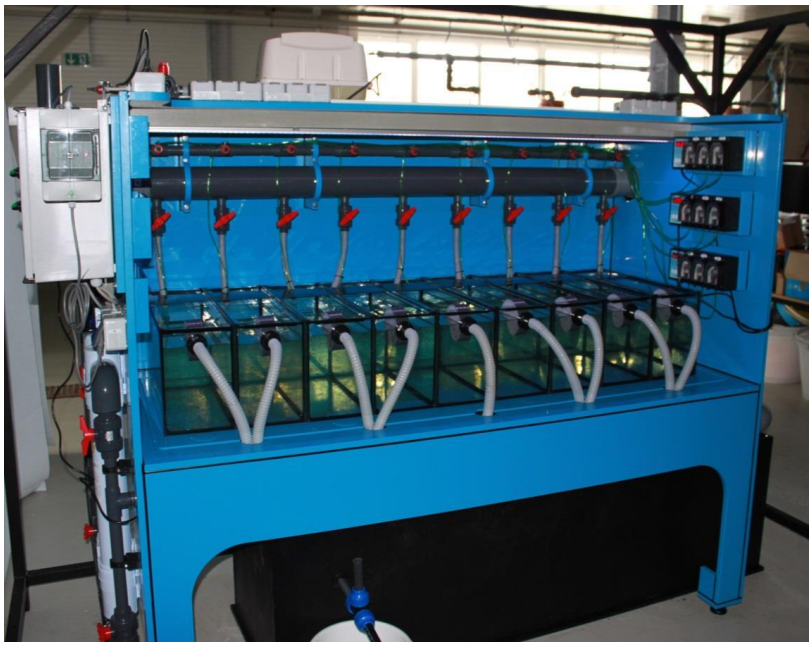


Abbildung 17: Larvenmodul mit Schnäpeln besetzt. Das Modul verfügt über einen Biofilter, eine Rieselstrecke, eine UV-Desinfektion, Temperaturregelung und Sandfilter.

Während des Versuchs wurde den Larven das entsprechende Futter (Tabelle 10) *ad libitum* mittels eines Automaten zur Verfügung gestellt. Die Beleuchtung erfolgte über 18 h von 4:30 Uhr bis 22:30 Uhr. Die Dämmerungsphase dauerte jeweils 1,5 h und 3 h herrschte Dunkelheit. Gruppe A erhielt für 10 d *Artemia salina*-Nauplien und anschließend für 3 d einen Artemien-Trockenfutter-Mix. Gruppe B bekam für 13 d einen Artemien-TF-Mix. Gruppe C bekam von Beginn an eine reine Trockenfutterdiät. Die Gruppen D (je 2 d) und E (je 4 d) erhielten anfänglich Nauplien von *A. salina* und anschließend für den gleichen Zeitraum eine Mischung aus Artemien und Trockenfutter. Gruppe F wurde 7 d lang nur Artemien zur Verfügung gestellt und danach für 3 d eine Mischung aus Artemien und Trockenfutter (Tabelle 10). Nach der jeweiligen Fütterung mit Artemien erhielten alle Gruppen nur Trockenfutter. Das verwendete Trockenfutter war die O. Range-Linie der Firma Ocean Nutrition (Rohprotein 55 %, Rohfett 13 %, Rohfaser 1 %, Rohasche 13,5 %) in der dem Entwicklungsstand und Fressverhalten angepassten Größe (vgl. 4.3). Der Versuch dauerte vom 17.02.15 bis 23.03.15.

Tabelle 10: Für die Untersuchung der Lebendfutterphase von Schnäpellarven gebildete Versuchsgruppen. Nach der angegebenen Fütterungsdauer mit Artemien erhielten alle Gruppen nur Trockenfutter.

Gruppen	A	B	C	D	E	F
Fütterung	10 d Art 3 d Art-TF-Mix	13 d Art-TF-Mix	TF	2 d Art 2 d Art-TF-Mix	4 d Art 4 d Art-TF-Mix	7 d Art 3 d Art-TF-Mix

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH, Temperatur) wurden über den gesamten Versuchszeitraum täglich mit einem HQ 40d-Handmessgerät (Hach) im jeweiligen Kleinkreislauf gemessen. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Vom ersten auf den zweiten Versuchstag wurden die Schnäpellarven von 15,7 °C auf 17,8 °C temperiert. Diese Erwärmung wurde notwendig, weil in der Erbrütungseinheit eine Temperierung auf ca. 18 °C nicht möglich war. Im weiteren Verlauf (18.02. – 23.03.2015) betrug die Temperatur 17,4 °C bis 18,3 °C. Der 14.03.2015 stellte hierbei für die Gruppen in einem Versuchskreislauf (A, B, C) eine Ausnahme dar. Die Temperatur sank hier temporär auf 16,8 °C (Abbildung 18).

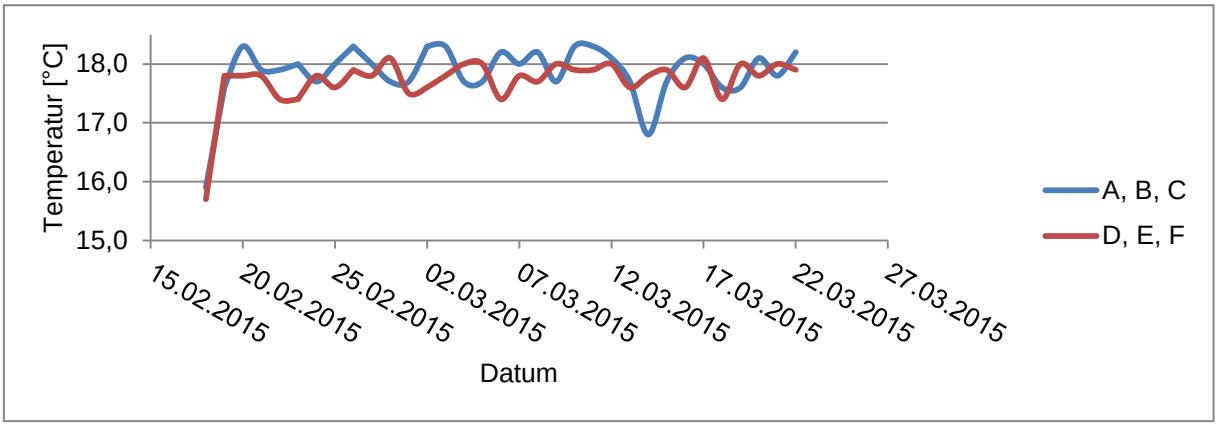


Abbildung 18: Temperaturverlauf während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10).

Sauerstoffkonzentration und pH-Wert waren über die gesamte Versuchsdauer stabil. Der pH-Wert betrug 7,9 – 8,4 in beiden Versuchskreisläufen. Die Sauerstoffkonzentration lag zwischen 9,3 mg/l und 10,5 mg/l in einem Kleinkreislauf (A, B, C) und zwischen 8,8 mg/l und 9,4 mg/l im anderen Versuchskreislauf (D, E, F)(Abbildung 19). Ammonium- und Nitritkonzentration über-

schritten im gesamten Versuch nicht die Grenze von 0,09 mg/l in beiden Versuchskreisläufen (Abbildung 20). Die Nitratkonzentration in beiden Kreisläufen betrug immer unter 16,9 mg/l (Abbildung 21).

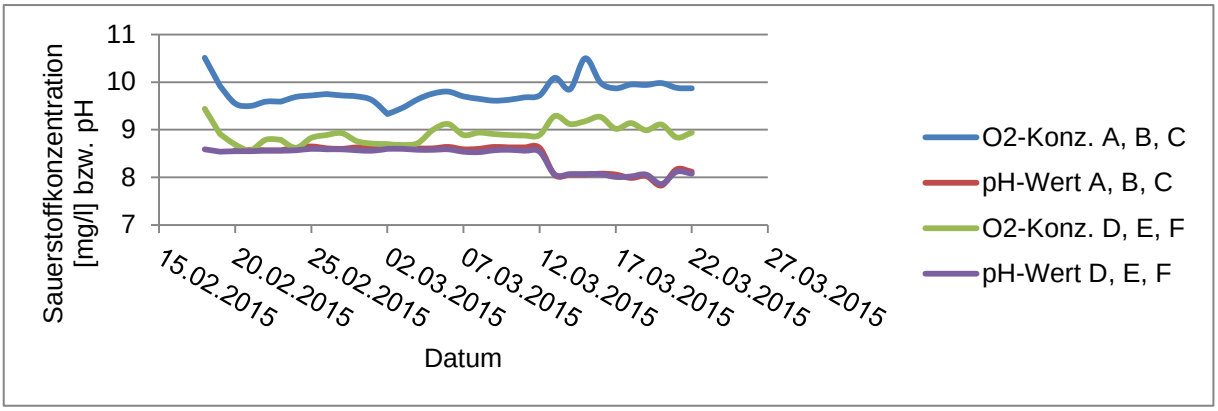


Abbildung 19: Sauerstoffkonzentration und pH-Wert während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10).

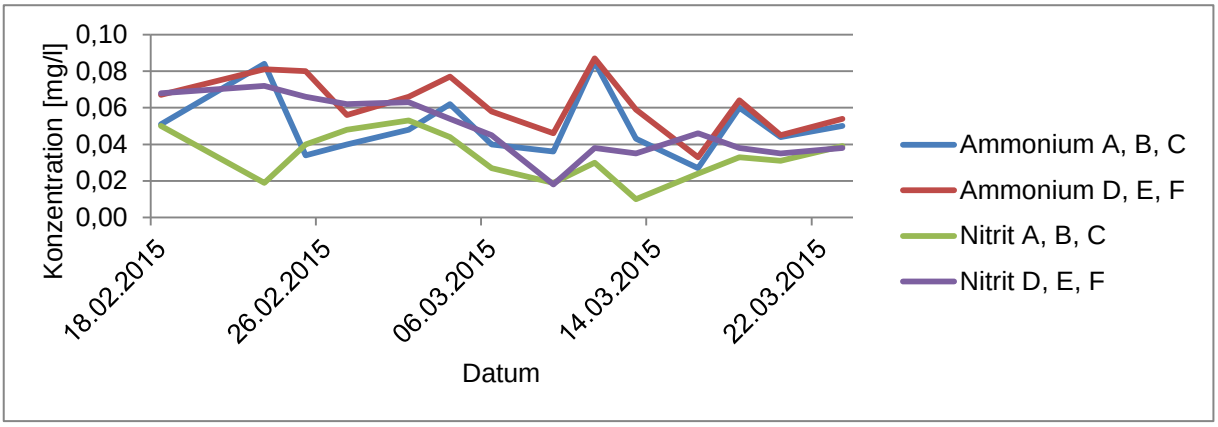


Abbildung 20: Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10).

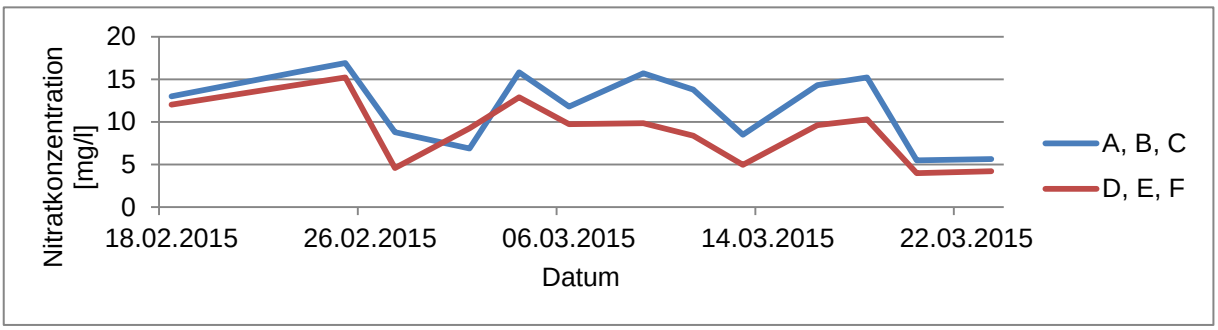


Abbildung 21: Nitratkonzentration während eines Versuchs zur Länge der Artemienphase bei der Anfütterung von Schnäpellarven im Jahr 2015. Die 6 Gruppen Versuchsgruppen wurden in zwei Kleinkreisläufen (I: A, B, C; II: D, E, F) gehalten (Gruppenzuordnung vgl. Tabelle 10).

Im Ergebnis zeigte sich, dass die kumulativen Verluste in den einzelnen Becken mit 31,4-83 % relativ hoch waren und zudem sehr different. So bewegte sich der Unterschied bei den Verlusten im Mittel in den Gruppen von 173 Tieren (Gruppe C) bis zu 330 Tieren (Gruppe D). Gruppen A, D und F wiesen somit signifikant höhere Verlustzahlen auf als Gruppe C (Abbildung 22). Die Wachstumskurven der 6 Versuchsgruppen (A – F) verliefen ähnlich und unterschieden sich nur in Steilheit (Abbildung 23). Die Larven schlüpften am 11.02.2015 und 6 dph (17.02.15) begann der Versuch und damit die Fütterung der Larven. Die mittlere Frischmasse betrug 5,67 mg ± 0,93 mg (17.02.2015).

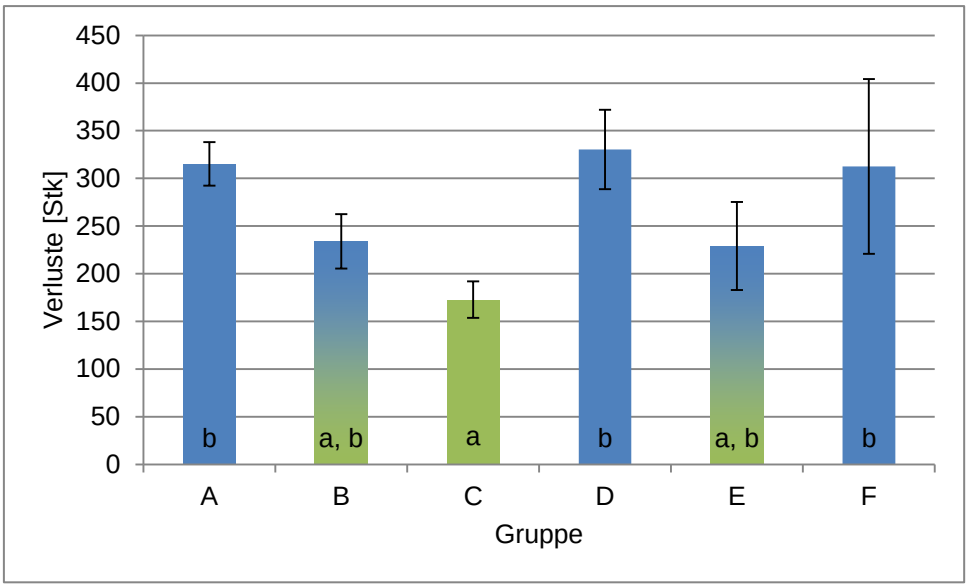


Abbildung 22: In den Versuchsgruppen aufgetretene kumulative Verluste von Schnäpellarven während eines Versuchs zur Dauer der Lebendfutterphase. Die Gruppenbezeichnungen (A - F) geben verschiedene Dauern der Artemien- bzw. Trockenfutteranfütterung an (vgl. Tabelle 10). Die Kleinbuchstaben und Farben (a: grün, b: blau) geben homogene Untergruppen an (p ≤ 0,05).

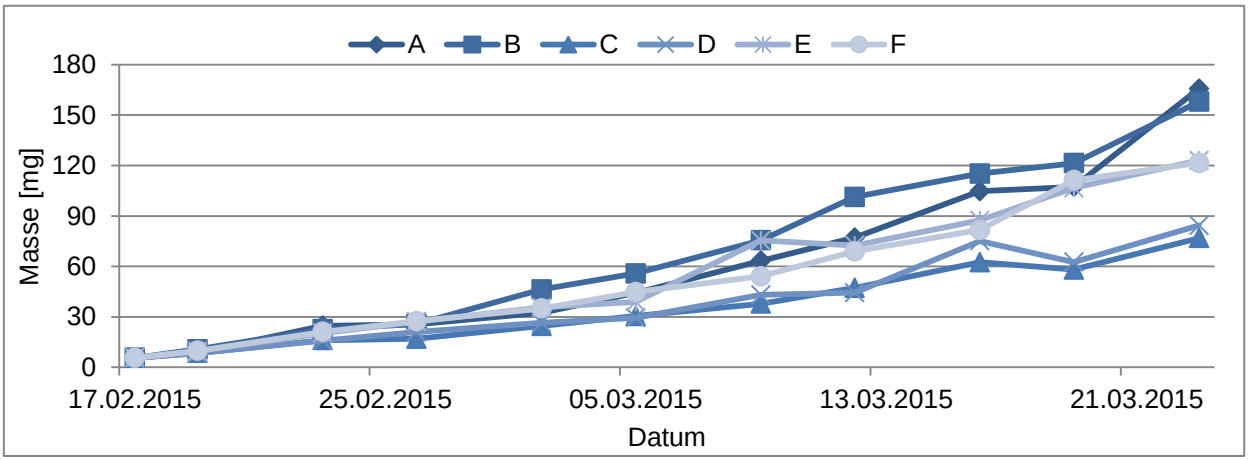


Abbildung 23: Die Entwicklung des mittleren Wachstums von Schnäpellarven während eines Versuchs zur Länge der Lebendfutterphase. Die Buchstaben bezeichnen die verschiedenen Versuchsgruppen (A: 10 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix, B: 13 d Artemien-Trockenfutter-Mix, C: Trockenfutter, D: 2 d Artemien, anschließend 2 d Artemien-Trockenfutter-Mix, E: 4 d Artemien, anschließend 4 d Artemien-Trockenfutter-Mix, F: 7 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix; im Anschluss O.Range-Linie von Ocean Nutrition).

Die mittleren Endgewichte im Versuch wiesen signifikante ($p \leq 0,05$) Unterschiede auf. So zeigten die Versuchsgruppen A und B das stärkste Wachstum mit 166 mg bzw. 158 mg am Ende des Versuchs. Gruppe C und D wiesen mit 77 mg und 84 mg die geringsten Endgewichte auf (Abbildung 24). Auffällig war weiterhin, dass die Larven der Gruppe C mit dem geringsten Wachstum gleichzeitig aber die geringste Mortalität zeigten. Bei Gruppe D korrelierte das geringe Wachstum jedoch mit einer hohen Sterberate. Gruppe A zeigte ein entgegengesetztes Verhalten zu Gruppe C. Hier war die Gewichtszunahme am stärksten ausgeprägt, die Mortalität war jedoch ebenfalls sehr hoch. Gruppen B und E zeigten bei einem guten bzw. mittleren Wachstum nur eine mäßige Verlustrate. Hieraus ließ sich schließen, dass das Wachstum mit einer langen Artemienphase zwar gut ist, die Mortalität aus bisher unbekannten Gründen jedoch auch höher lag. Eine reine Trockenfutterdiät ab Beginn der externen Nahrungsaufnahme bei Schnäpellarven resultierte zwar in einer geringen Mortalität, jedoch war das Wachstum unzufrieden stellend. Eine Mischung aus Trockenfutter und Artemien von Beginn (6 dph) bis zum 13. Tag erbrachte eine sehr gute Wachstumsrate bei relativ geringen Verlusten. Auch eine Anfütterung mit einer reinen *A. salina*-Diät über vier Tage und einem Artemien-TF-Mix für weitere vier Tage zeigte sowohl ein mittleres Wachstum sowie auch eine moderate Verlustrate. Beide letztgenannten Varianten sind somit für den Züchter zu empfehlen.

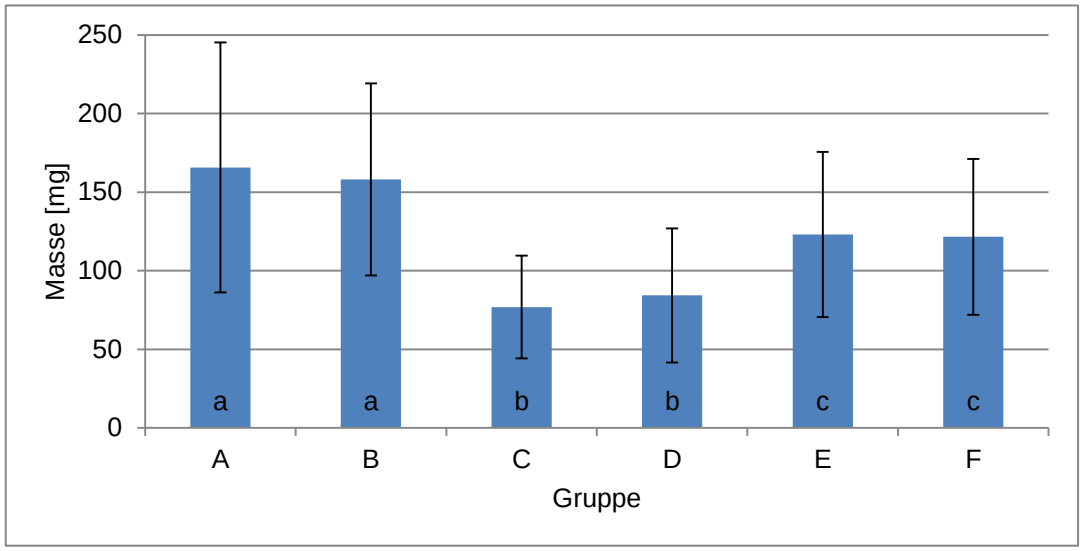


Abbildung 24: Mittlere Endgewichte (± SD) von Schnäpellarven am Ende eines Versuchs zur Dauer der Artemienfütterung. Die Buchstaben bezeichnen die verschiedenen Versuchsgruppen (A: 10 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix, B: 13 d Artemien-Trockenfutter-Mix, C: Trockenfutter, D: 2 d Artemien, anschließend 2 d Artemien-Trockenfutter-Mix, E: 4 d Artemien, anschließend 4 d Artemien-Trockenfutter-Mix, F: 7 d Artemien, anschließend 3 d Artemien-Trockenfutter-Mix; im Anschluss O.Range-Linie von Ocean Nutrition). Die Kleinbuchstaben geben die homogenen Untergruppen ($p \leq 0,05$) an.

4.3.3 Anfütterung und Vorstreckung

Die im Jahr 2014 durchgeführte Untersuchung zur Erbrütung von *Coregonus maraena*-Larven bei verschiedenen Temperaturen hatte ebenfalls zum Inhalt, das Wachstum, die Mortalität und die Missbildungsrate nach dem Schlupf nach unterschiedlicher Erbrütungstemperatur zu verfolgen. Diese Daten wurden erfolgreich bis ca. 140 Tage nach Schlupf in den einzelnen Versuchsgruppen aufgenommen. Die Daten im gesamten Unterpunkt 4.3.3 sind Luft (2014) entnommen. Die gebildeten Versuchsgruppen sind im Abschnitt 4.2.1 in Tabelle 6 bereits benannt. Die geschlüpften Larven bekamen ab dem fünften Tag frisch geschlüpfte Nauplien von *Artemia*

salina für eine Woche. Im Anschluss wurden sie durch eine 1:1-Mischung von *A. salina* und Trockenfutter (Körnung: 100 µm) über 10 Tage an TF gewöhnt. In den folgenden 14 Tagen betrug die tägliche Fütterungsquote dann 30 % der Biomasse. Diese wurde nach den zwei folgenden Wochen auf 10 % reduziert. In den anschließenden neun Wochen wurde die Quote weiter auf 5 % reduziert bis dann eine Fütterung von 3 % und eine Woche später 2 % verabreicht wurde. Die Menge an Futter wurde dem Fressverhalten und dem im Becken verbliebenden Futter angepasst. Die Futtergröße wurde ebenfalls nach optischem Eindruck geändert (vgl. 4.3).

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH) wurden bis ca. 60 dph zweimal täglich mit einem HQ 40d-Handmessgerät (Hach) im jeweiligen Haltungsbecken gemessen. Ab ca. 60 dph wurden Sauerstoffgehalt mit einem SC 1000-Messgerät (Hach) viertelstündlich am Auslauf der jeweiligen Becken geloggt. Der pH-Wert wurde mit einem SC 1000-Messgerät am zentralen Zulauf zu den Becken viertelstündlich geloggt. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Während der ersten 60 Tage nach Schlupf betrug die Sauerstoffkonzentration zumeist zwischen 7,4 mg/l– 10,4 mg/l. Bei der 6 °C-Gruppe wurden 35 dph 7,1 mg/l und 61 dph 6,7 mg/l gemessen. 62 dph betrug die Sauerstoffkonzentration bei der 10 °C-Gruppe 6,5 mg/l (Abbildung 25). Der pH-Wert betrug von Tag 0 – 60 nach Schlupf 6,7 – 8,5 (Abbildung 26). Bei pH-Werten unter 7 wurde dem Wasser zur Anhebung des pH-Werts Natriumbicarbonat zugegeben.

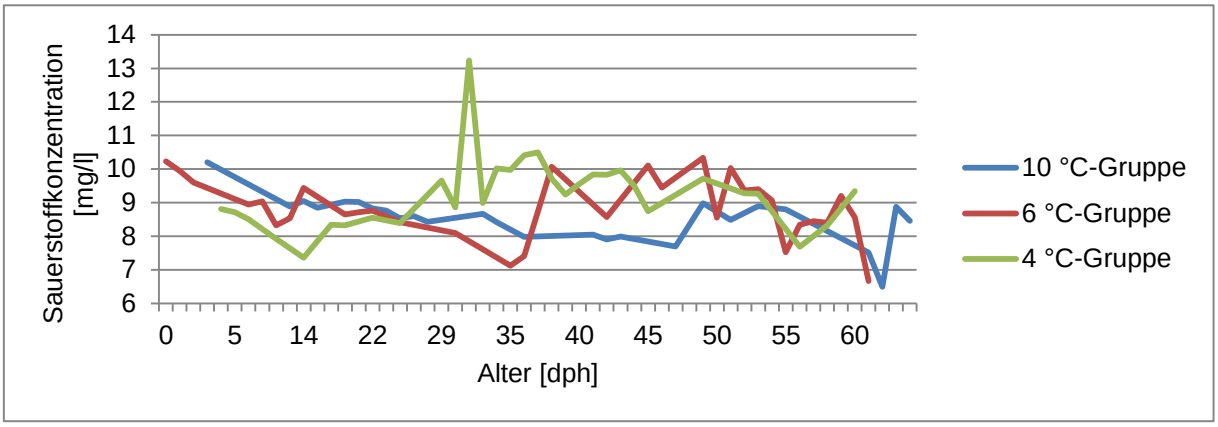


Abbildung 25: Verlauf der Sauerstoffkonzentration [mg/l] vom Schlupftag bis 60 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

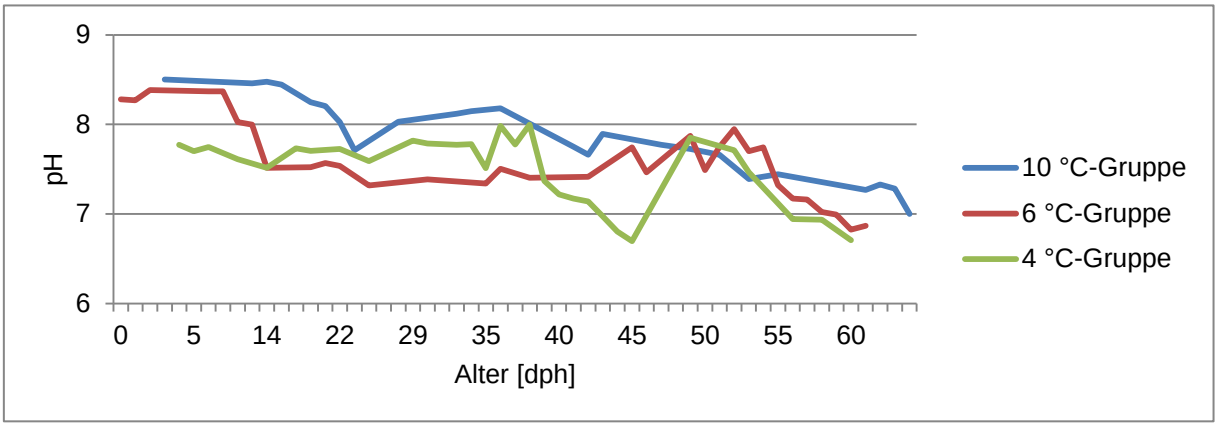


Abbildung 26: Verlauf des pH-Werts vom Schlupftag bis 60 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

Von 60 – 140 dph lag die Sauerstoffkonzentration immer über 7,7 mg/l (Abbildung 27). Der pH-Wert betrug in der 10 °C-Gruppe durchgehend zwischen 7,6 und 8,4. Bis 114 dph befand sich der pH-Wert in der 4 °C-Gruppe zwischen 7,8 und 8,4. Danach (bis 140 dph) sank der pH auf 7 - 7,5. Zwischen 7,9 – 8,5 betrug der pH-Wert in der 6 °C-Gruppe bis 131 dph, danach sank er bis zum Versuchsende auf 7,1 – 7,5 (Abbildung 28).

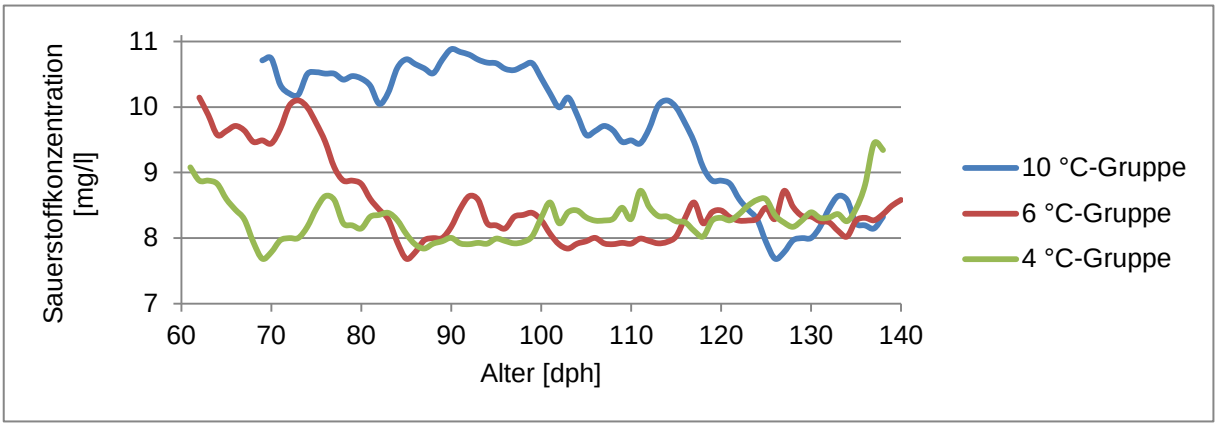


Abbildung 27: Verlauf der Sauerstoffkonzentration [mg/l] von 60 dph bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

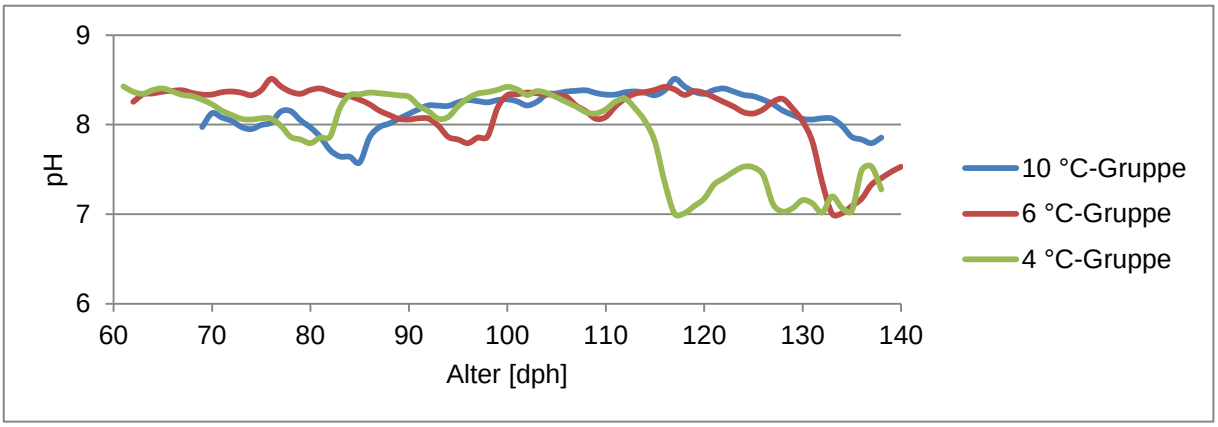


Abbildung 28: Verlauf des pH-Werts von 60 dph bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

In der 10 °C-Gruppe betrug die Ammoniumkonzentration immer unter 0,35 mg/l und lag damit in einem fischsicheren Bereich. Bei der 6 °C-Gruppe wurden 44 dph 2,54 mg/l und 61 dph 6,56 mg/l gemessen, sonst lag der Wert unter 0,7 mg/l. 28 dph (2,54 mg/l), 45 dph (6,56 mg/l) und 59 dph (1,53 mg/l) wurden, abweichend vom Normalwert (< 0,9 mg/l), bei der 4 °C-Gruppe gemessen (Abbildung 29). Der Nitritwert lag bei allen Gruppen bis auf eine Messung (6 °C: 1,7 mg/l) unter 0,45 mg/l (Abbildung 30). Der Nitratwert lag über die gesamte Versuchsdauer stets unter 162 mg/l (Abbildung 31). Die mittlere Haltungstemperatur betrug 21,4 °C ± 1,39 °C.

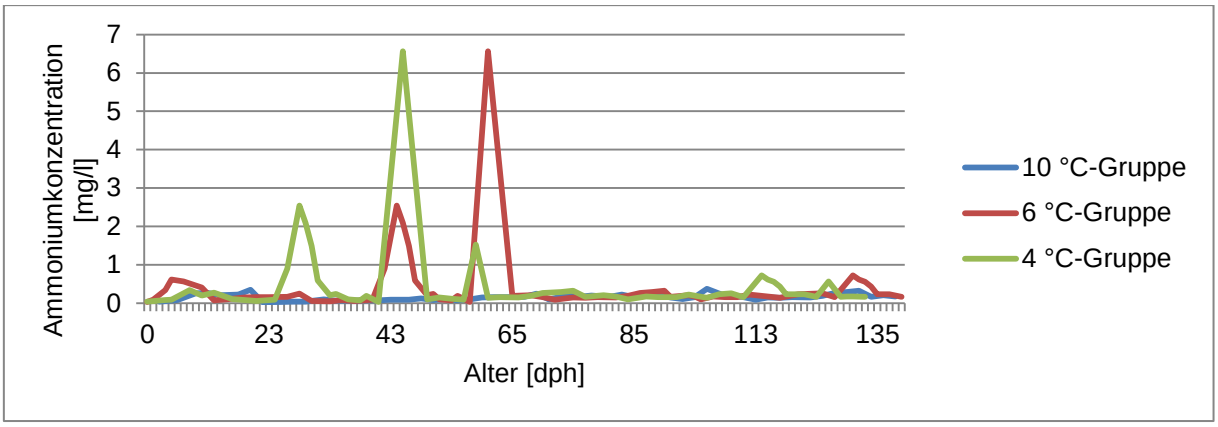


Abbildung 29: Verlauf der Ammoniumkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

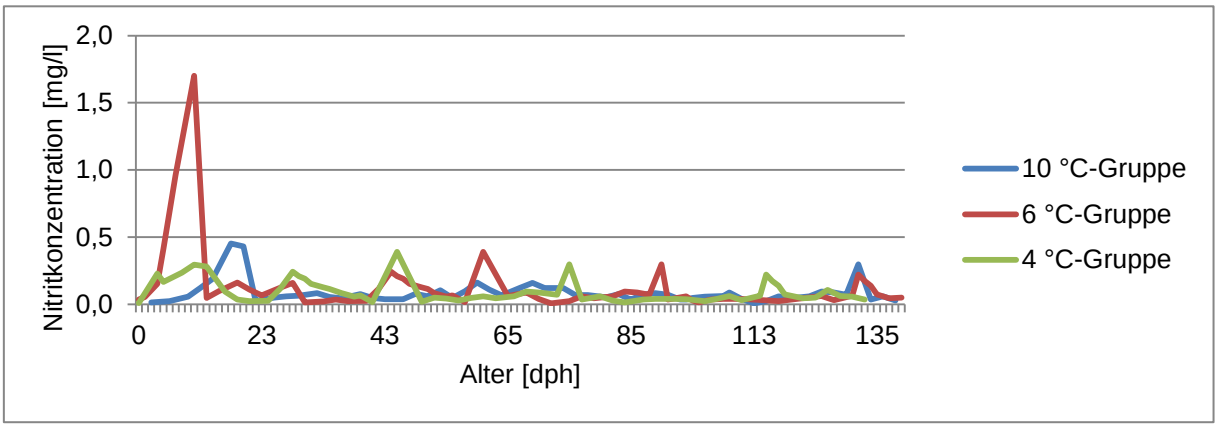


Abbildung 30: Verlauf der Nitritkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

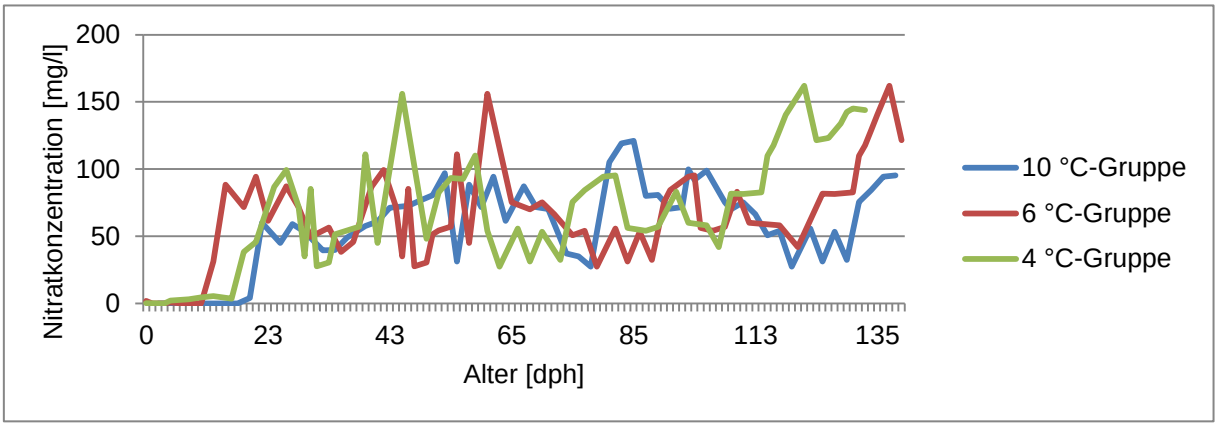


Abbildung 31: Verlauf der Nitratkonzentration [mg/l] vom Schlupf bis 140 dph in den Versuchsgruppen in einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstempera-tur (grün: 4 °C, rot: 6 °C, blau: 10 °C) auf das Wachstum von Schnäpeln im Jahr 2014.

4.3.3.1 Wachstum von Jungschnäpeln in der Vorstreckphase

Aufgrund der unterschiedlichen mittleren Frischmassen zu Beginn des Versuchs, konnten die absoluten Massezunahmen nicht direkt miteinander verglichen werden. Für den Vergleich der Wachstumsleistung wurde deshalb auf die Spezifische Wachstumsrate (SGR) zurückgegriffen, welche sich wie folgt berechnete:

Formel 1

$$SGR = \frac{\ln(m_2) - \ln(m_1)}{\Delta t} * 100$$

SGR: spezifische Wachstumsrate (specific growth rate)
m_1: Anfangsmasse
m_2: Endmasse
Δt: Zeitdauer von m_1 bis m_2 in Tagen

Alle Gruppen im Versuch wuchsen mit einer SGR von fast 6 %/d (

Tabelle 11). Die resultierenden Endmassen betrugen 16,6 g für die 4 °C-Gruppe, 21,6 g für die 6 °C-Gruppe und 24,6 g für die 10 °C-Gruppe. Im Wachstumsverlauf unterschieden sich die drei Gruppen ebenfalls. So wuchs die 10 °C-Gruppe am Beginn etwas langsamer und zeigte am Ende des Versuchs ein etwas stärkeres Wachstum. Die beiden anderen Gruppen wuchsen gleichmäßiger ab (Abbildung 32). Hier bleibt zu bemerken, dass alle Gruppen bei der Haltung in einem Warmwasserkreislauf gute Wachstumsergebnisse aufwiesen. Dient diese Phase der Vorstreckung von Setzlingen, könnte die Produktionszeit für ein Produkt von mind. 100 g auch im Teich auf ein Jahr reduziert werden. In der WWA könnten auf diese Weise sogar Fische von bis zu 400 g in etwa einem Jahr produziert werden (siehe 5.1.1).

Tabelle 11: Anfangs- und Endmasse (± SD), sowie die spezifische Wachstumsrate (± SD) von Jungschnäpeln unterschiedlicher Versuchsgruppen aus einem Versuch zum Einfluss der Erbrütungstemperatur (vgl. 4.2.1) auf das Wachstum (2014) nach ca. 140 d.

Gruppe	Anfangsmasse [mg]	Endmasse [g]	SGR [%/d]
4 °C	6,6 ± 0,50	17,8 ± 5,88	5,8 ± 0,11
6 °C	7,1 ± 0,31	22,1 ± 7,15	5,7 ± 0,01
10 °C	7,2 ± 0,58	24,9 ± 8,00	5,9 ± 0,09

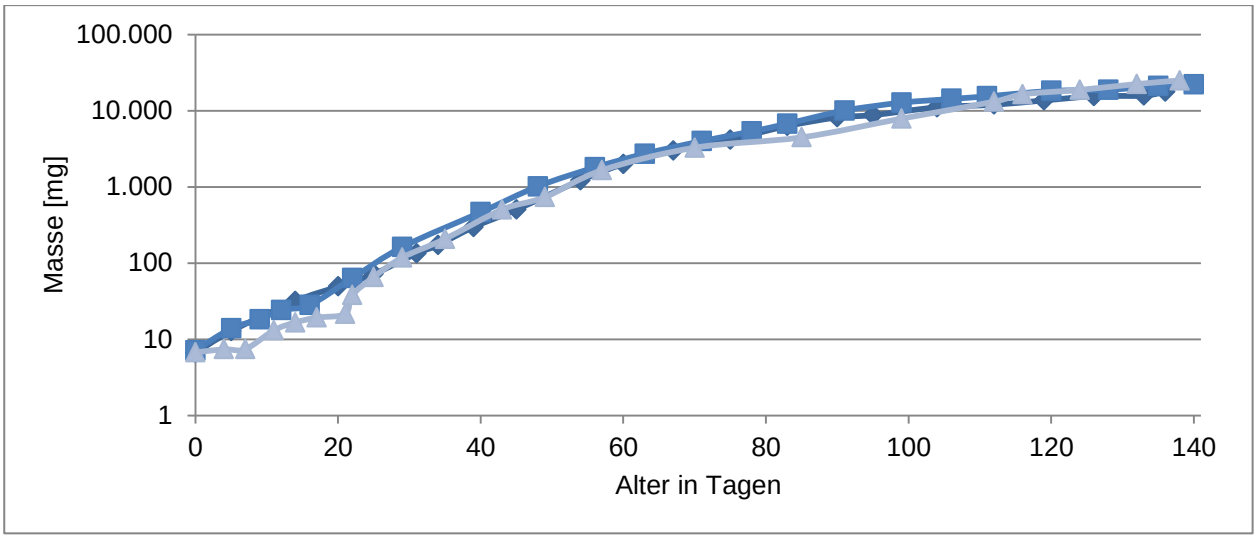


Abbildung 32: Wachstum von Schnäpeln aus dem Jahrgang 2014 bei verschiedenen Erbrütungstemperaturen (Raute: 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe)

4.3.3.2 Mortalität von Jungschnäpeln

Um in Zukunft eine Einschätzung der Wirtschaftlichkeit einer Produktion von Ostseeschnäpeln in intensiver Aquakultur durchführen zu können, ist es unerlässlich den Verlauf der Mortalität zu kennen. Im Ergebnis des durchgeführten Versuchs 2014 zeigte sich bei der Sterblichkeit ein sehr unterschiedlicher Verlauf. In den ersten 60 Tagen zeigte die 6 °C-Gruppe den stabilsten Verlauf (Abbildung 33). Die täglichen Verluste betrugen selten über 100 Tiere in allen drei Untergruppen zusammen. In der 4 °C-Gruppe war insgesamt eine ähnliche Entwicklung zu erkennen. Jedoch zeigte diese Gruppe in den ersten Tagen eine etwas höhere Verlustrate (ca. einhundert Tiere/d) und ebenfalls von Tag 27 bis 37. Die höheren Verluste in den späteren Tagen waren jedoch auf multiple Schwierigkeiten zurückzuführen. So war in diesen Tagen der Sauerstoffwert niedrig und die Konzentration der Stickstoffverbindungen war leicht erhöht (Abbildung 25, Abbildung 29, Abbildung 30). In dieser Kombination führte dies zu einer erhöhten Verlustrate in den Becken. Nach Optimierung aller Parameter gingen die Verluste sofort zurück und stabilisierten sich auf einem niedrigen Wert. In der 10 °C-Gruppe zeigten sich in den ersten 17 Tagen und von Tag 25 bis 30 stark erhöhte Verlustzahlen. Diese waren auf erhöhte Ammoniumwerte beim Schlupf dieser Gruppe zurückzuführen (vgl. Abbildung 8). Durch diese Belastung in den ersten Lebensstunden, zeigte diese Gruppe im weiteren Entwicklungsverlauf immer wieder Reaktionen in Form von erhöhten Mortalitäten.

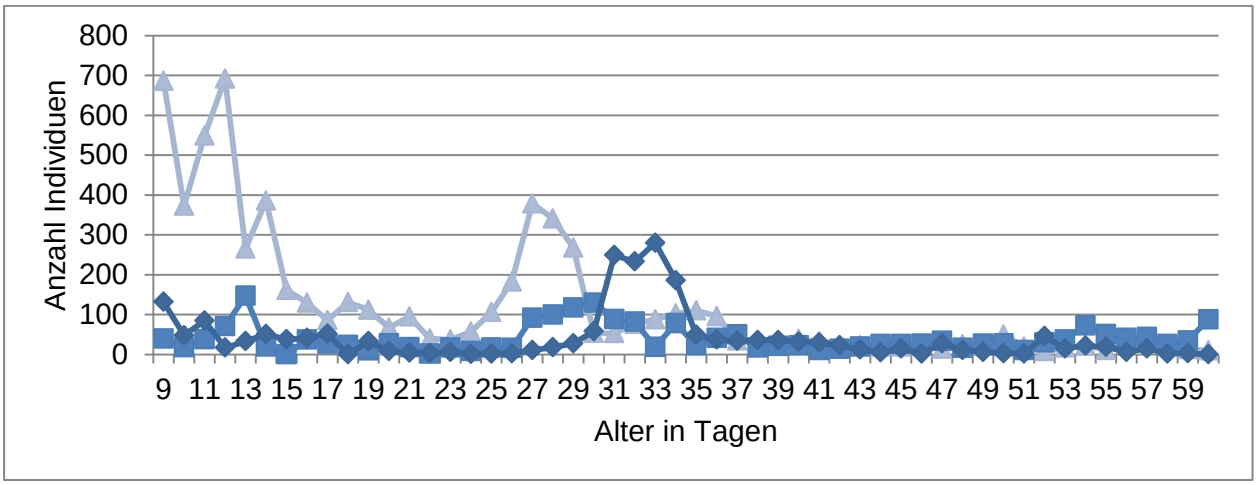


Abbildung 33: Tägliche Verluste (Summe in den Versuchsgruppen) von Jungschnäpeln von Tag 9 bis zum 60. Tag (Raute 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe).

In der zweiten Phase des Versuchs (Tag 65 bis Tag 130 nach Schlupf) zeigte sich im Jahr 2014 ein ähnliches Muster zwischen den Gruppen, wie in der zuvor betrachteten Phase (Abbildung 34). Die 4 °C- und die 6 °C-Gruppe zeigten ein stabil niedrige tägliche Verlustrate. Lediglich in der 4 °C-Gruppe fielen zwei Tage mit jeweils ca. 20 Toten auf. Dies war aber auf die an den vorhergehenden Tagen statt gefundenen Messungen zurückzuführen. Von Tag 65 bis Tag 82 wies die 10 °C-Gruppe wieder eine stark erhöhte Mortalität auf. Nach dieser letzten Phase der erhöhten Mortalität zeigte sich auch hier eine Stabilisierung auf geringem Niveau. Anzumerken ist aber die zu diesem Zeitpunkt bereits stark reduzierte Bestandszahl der Fische.

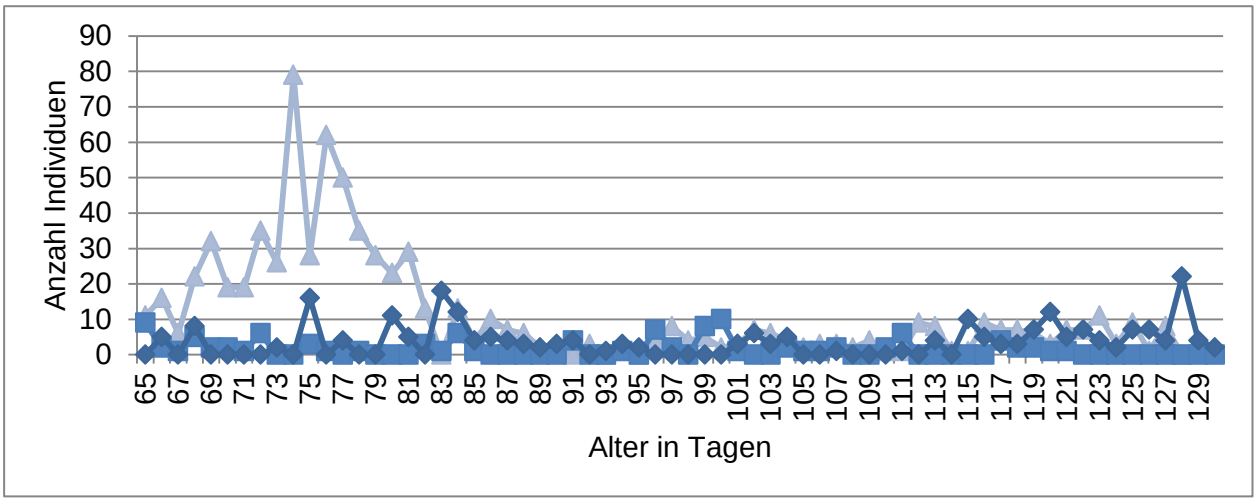


Abbildung 34: Verlauf der täglichen Verluste (Gruppensumme) von Jungschnäpeln in den einzelnen Gruppen eines Versuchs zum Einfluss der Erbrütungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpeln von Tag 65 nach Schlupf bis Tag 140 nach Schlupf (Raute 4 °C-Gruppe, Quadrat: 6 °C-Gruppe, Dreieck: 10 °C-Gruppe).

4.3.3.3 Missbildungen

Bei Abschluss des Versuchs nach etwa 140 d wurden alle Tiere auf ihren Gesundheitszustand untersucht. Im Rahmen dieser Untersuchung erfolgte auch eine Aufnahme der Missbildungen (Tabelle 12). Bei der 10 °C-Gruppe zeigte dabei sich ein erhöhter Anteil an Missbildungen (70 % ± 0,1). Die 6 °C-Gruppe zeigte mit 48 % ± 0,1 ebenso wie die 4 °C-Gruppe mit 45 % ± 0,02

eine deutlich niedrigere Rate. Die 10 °C-Gruppe zeigte bei dieser Betrachtung erneut eine Reaktion auf die ungünstigen Wasserwerte während des Schlupfes.

Tabelle 12: Absoluter und relativer Anteil von Schnäpeln mit Missbildungen in den Untersuchungsgruppen nach ca. 140 d bei Auflösung eines Versuchs zum Einfluss der Erbrütungstemperatur.

Gruppe	Datum	Anzahl Tiere	Anzahl Tiere		Anteil der Tiere	
			mit Missbildung	ohne Missbildung	mit Missbildung	ohne Missbildung
10 °C	03./04.06.2014	1022	931	91	91 %	9 %
		1244	721	523	58 %	42 %
		722	437	285	61 %	39 %
6 °C	16./17.07.2014	1494	533	961	36 %	64 %
		1956	1111	845	57 %	43 %
		2164	1091	1073	50 %	50 %
4 °C	28./29.07.2014	1920	909	1011	47 %	53 %
		1930	901	1029	47 %	53 %
		1869	781	1088	42 %	58 %

Die Art der erfassten Missbildungen verteilten sich dabei sehr unterschiedlich (Tabelle 13). So zeigte sich vor allem in der 10 °C-Gruppe ein deutlich erhöhter Anteil an Missbildungen des Mauls und des Auges. In der 4 °C-Gruppe waren zudem 21 % der Kiemendeckel deformiert bzw. verkürzt. Der Anteil an Lordosen (Wirbelsäulenverkrümmungen) war in allen Gruppen gering. Zusammenfassend kann hier festgestellt werden, dass die aufgetretenen Missbildungen vor allem am Kopf zu finden waren. Nur ein geringer Anteil der Schnäpel wies eine Lordose auf. Da Fische auch ohne Kopf und Innereien bzw. als Filet vermarktet werden, sind Schnäpel mit Missbildungen am Kopf vermarktungsfähig. Tiere mit Lordose sollten frühzeitig aussortiert werden, da diese nicht oder nur schwer filetiert werden können.

Tabelle 13: Anteil der einzelnen Missbildungsarten bei einem Erbrütungstemperaturversuch mit *Coregonus maraena* (ca. 140 dph).

Gruppe	Datum	Missbildung			
		def. Maul	def. Kiemendeckel	Lordose	Augenmissbildung
10 °C	03./04.06.2014	59,8 %	5,9 %	5,9 %	24,3 %
6 °C	16./17.07.2014	22,1 %	9,3 %	0,5 %	2,1 %
4 °C	28./29.07.2014	23,6 %	21,3 %	0,8 %	2,8 %

Als eine der häufigsten Missbildungen trat eine Mauldeformation auf (Abbildung 35). Solche Fehlentwicklungen erschwerten die Futteraufnahme, da die Futtergröße im Haltungsbecken stets auf die sich normalentwickelten Schnäpel angepasst wurde. Dies führte zwangsläufig zu einem Zurückbleiben im Wachstum dieser Schnäpel. Als Resultat waren diese oft mangelernährt.



Abbildung 35: Abgemagerter Schnäpel mit Mauldeformation (Foto: P. Luft)

Ein seitlich eingedrücktes Maul war die am häufigsten beobachtete Form der Mauldeformation (Abbildung 36). Durch die Verkleinerung des Mauldurchmessers trat somit bei einer sonst normalen Größenentwicklung die Schwierigkeit auf, Futter in der entsprechend der Fischgröße angepassten Größe aufzunehmen. Die betroffenen Fische waren in der Lage, das Maul in der Länge normalweit zu öffnen, jedoch spannte sich die Mundspalte nicht auf.

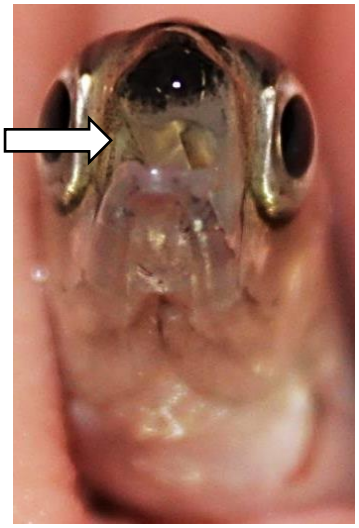


Abbildung 36: Schnäpel mit seitlich eingedrücktem Maul, welches die individuelle Futteraufnahme erschwerte. (Foto: P. Luft)

Eine weitere häufig festgestellte Beeinträchtigung bei den Schnäpeln war eine getrübte Linse (Abbildung 37). Diese trat ab einem sehr frühen Lebensstadium auf und erschwerte durch eine eingeschränkte optische Wahrnehmung ebenfalls die Futteraufnahme. Die dadurch resultierende Einschränkung war jedoch nicht so stark, dass die betroffenen Tiere Mangelerscheinungen aufwiesen. Zumeist war auch nur ein Auge betroffen.



Abbildung 37: Zwei Schnäpel mit getrübter Pupille. (Foto: P. Luft)

Eine weitere Fehlentwicklung war die Verkümmerung des Auges (Abbildung 38). Bei dieser Form der Entwicklungsstörung war die Pupille nahezu pigmentlos, die Augenhöhle war eingefallen und das Auge wirkte verkleinert. Diese Form trat meist ebenfalls nur einseitig auf, so dass die Fische zwar in ihrem Sehvermögen beeinträchtigt waren, jedoch nach Augenschein durch das zweite, intakte Auge voll in der Lage waren diesen Mangel zu kompensieren.



Abbildung 38: Fehlentwickeltes Auge beim Schnäpel, die Pupille weist kaum Pigmente auf, die Augenhöhle ist eingefallen. (Foto: P. Luft)

Weniger häufig festgestellt wurde dagegen die Ausbildung einer Lordose bei den Schnäpeln (Abbildung 39). Die betroffenen Fische zeigten keine Beeinträchtigung im Massewachstum. Auch das Schwimmverhalten war meist nicht anders als bei nicht beeinträchtigten Fischen. Durch die Krümmung der Wirbelsäule sind solche Fische jedoch nur schwer zu verarbeiten und zu vermarkten. In einem wirtschaftlichen Fischzuchtbetrieb sollten diese Fische in aller Regel früh aussortiert werden, da eine Begradigung der Wirbelsäule im Verlauf des Wachstums nicht zu erwarten ist.



Abbildung 39: Jungschnäpel mit ausgeprägter Lordose. (Foto: P. Luft)

Nur wenige Fische wiesen multiple Missbildungen auf (Abbildung 40). Hierbei kam es zu verschiedenen Kombinationen von verkürzten Kiemendeckeln, fehlentwickelten Augen, missgebildeten Mäulern und Lordosen. Die betroffenen Fische zeigten eine starke Unterentwicklung. Das Schwimmverhalten war meist gestört und diese Fische gehörten im Versuchsverlauf oft zu den täglichen Verlusten.



Abbildung 40: Schnäpel mit mutiplen Missbildungen (Mauldeformation, Lordose, verkürzter Kiemendeckel). (Foto: P. Luft)

4.3.3.4 Fazit

Der durchgeführte Versuch zeigte klar auf, dass eine Störung in einer frühen Lebensphase, hier während des Schlupfes, erheblichen Einfluss auf das weitere Leben des Organismus hatte. Die 10 °C-Gruppe zeigte eine höhere Mortalität und mehr Missbildungen als die beiden anderen Gruppen. Die 4 °C- und 6 °C-Gruppe wiesen aber auch eine Missbildungsrate von ca. 50 % auf. Dieser hohe Anteil war jedoch bestimmt durch Deformationen des Mauls und der Kiemendeckel. Die Fische wären also ohne Kopf noch vermarktungsfähig. Herauszuheben ist das gute Wachstum über die ersten 140 Tage im Versuch. Eine spezifische Wachstumsrate von ~6 %*d^{-1} deutet ein hohes Potential für die Schnäpelmast an.

4.4 Untersuchung geeigneter Beckenformen

Da der Schnäpel ein Schwarmfisch ist, der in der Strömung schwimmt, könnte es einen Einfluss der Beckenform auf das Wachstum geben. Die Beckenform beeinflusst wesentlich die Ausbildung von Strömungen. So bildet sich in einem Rundbecken eine Kreisströmung (Abbildung 41). In einer Rinne hingegen bildet sich eine gleichmäßige Strömung vom Einfluss zum Ablauf aus (Abbildung 42). Hierzu wurden mehrere Versuche durchgeführt. Es wurden jeweils drei Rundbecken gegen drei Rinnen getestet.

4.4.1 Untersuchungen kleiner Haltungssysteme

Es fanden in 2014/15 zwei Versuche in Kleinkreisläufen statt. Für die Versuche zur Beckenform wurden zwei Module zu einem gemeinsamen Kreislauf zusammengeschlossen, um gleiche Wasserbedingungen gewährleisten zu können.

Beide Beckentypen hatten einen Inhalt von 100 l. Die Haltungstemperatur betrug bei beiden 16 °C.



Abbildung 41: Hälterung von Jungschnäpeln in runden Aquarien (V = 100 l), in denen aufgrund der hydrodynamischen Verhältnissen eine Kreisströmung herrschte. (Foto: P. Luft)

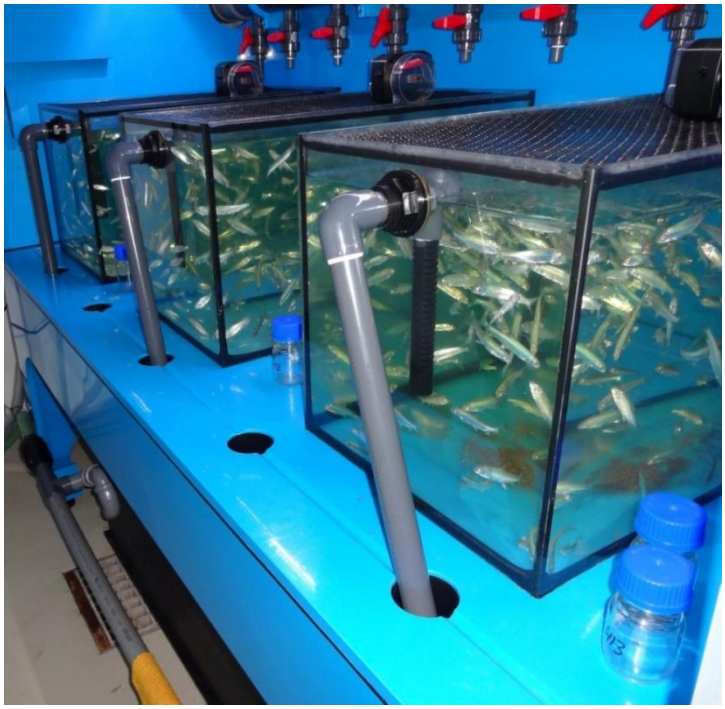


Abbildung 42: Hälterung von Jungschnäpeln in eckigen Aquarien. Es prägte sich eine Strömung äquivalent zu der in einer Langstromrinne aus. (Foto: P. Luft)

In beiden Versuchen betrug die Haltungsdichte am Beginn 15 kg/m³. Der erste Versuch musste nach ca. einem Monat abgebrochen werden, da durch einen Pumpenausfall die Sauerstoffversorgung in den Rundbecken nicht mehr gegeben war und die Versuchstiere an Sauerstoffmangel starben. Alle Tiere wurden zu diesem Zeitpunkt gewogen. Das Wachstum der beiden Gruppen unterschied sich jedoch nicht (Abbildung 43). So wiesen die Schnäpel in den eckigen Aquarien schon am Beginn eine leicht höhere Durchschnittsmasse auf als die Fische in den runden Becken. Dieser Trend war am Versuchsende genauso abzulesen. Die Entwicklung der Durchschnittsmassen zeigte einen ähnlichen Verlauf. Dies drückt sich auch in den gleichen SGR aus (jeweils 3,4 %/d).

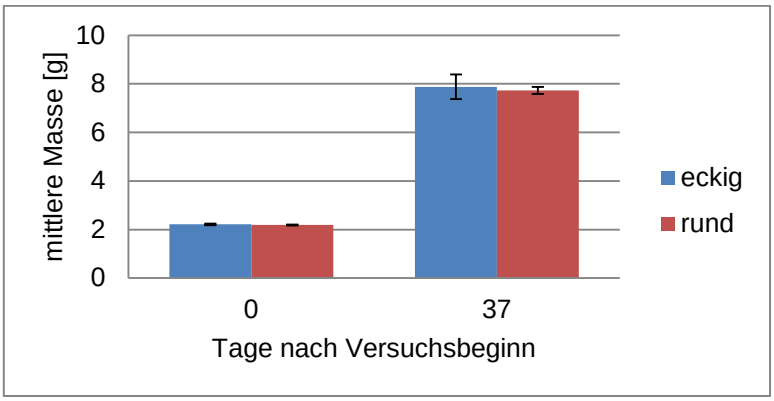


Abbildung 43: Mittlere Frischmassen (± SD) von Jungschnäpeln in verschieden geformten Becken bei Versuchsbeginn und –ende in 2014.

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH) wurden über den gesamten Versuchszeitraum jede zweite Minute mit einem HQ 40d-Handmessgerät (Hach) am Zulauf zu den verbundenen Versuchskreisläufen geloggt. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen. Während des Versuchs war stets eine Sauerstoffkonzentration von mind. 9,3 mg/l gewährleistet. Der pH-Wert betrug 7,8 – 8,2 bis zum 01.12.2014. Im Anschluss sank der pH-Wert bis auf 7,5 am 05.12.14 und stieg in der Folge auf 8,2 bis zum 11.12.14, da mit Natriumbicarbonat der pH-Wert wieder angehoben wurde (Abbildung 44).

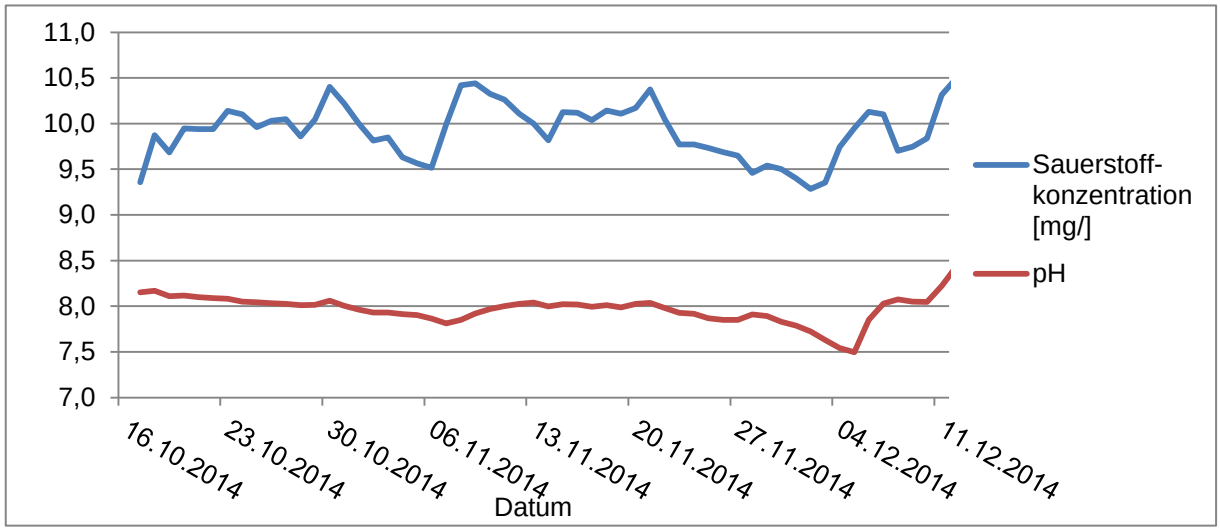


Abbildung 44: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und mittlerer pH-Wert während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten.

Die mittlere Ammoniumkonzentration betrug maximal 0,363 mg/l (19.11.14) und minimal 0,148 mg/l (27.10.14). Die Nitritkonzentration betrug bis zum 17.11.2014 stets unter 0,159 mg/l, danach folgte ein Anstieg auf maximal 0,265 mg/l am 03.12.14 (Abbildung 45). Die Nitratkonzentration war am 20.10.14 mit 15,3 mg/l minimal und stieg danach sukzessive bis auf maximal 140 mg/l am 05.12.14 (Abbildung 46).

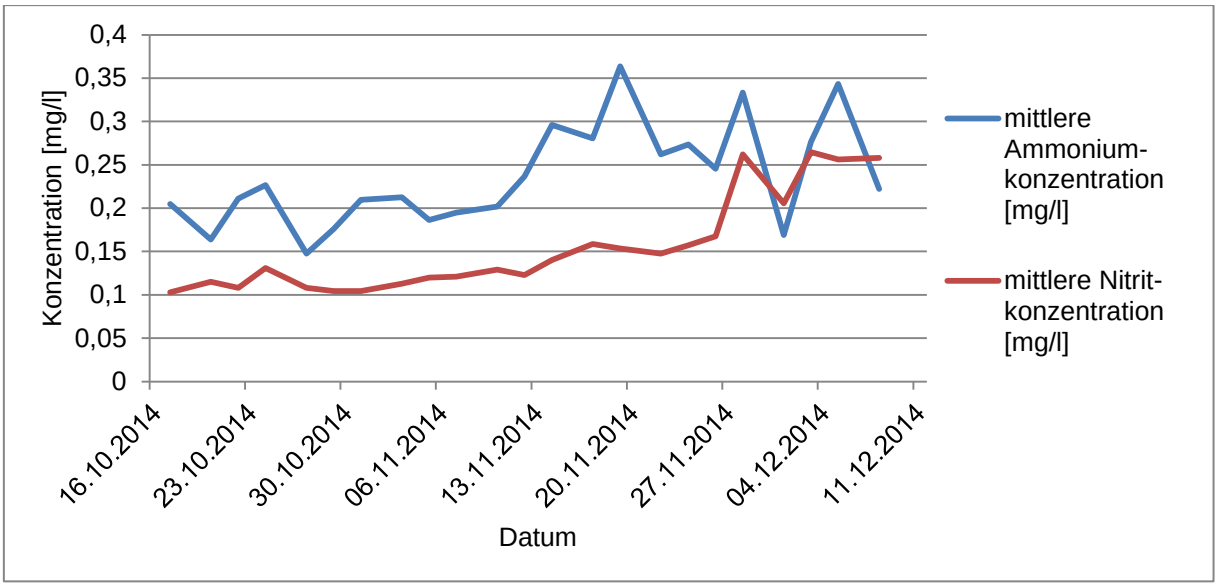


Abbildung 45: Mittlere Ammonium- und mittlere Nitritkonzentration [mg/l] während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten.

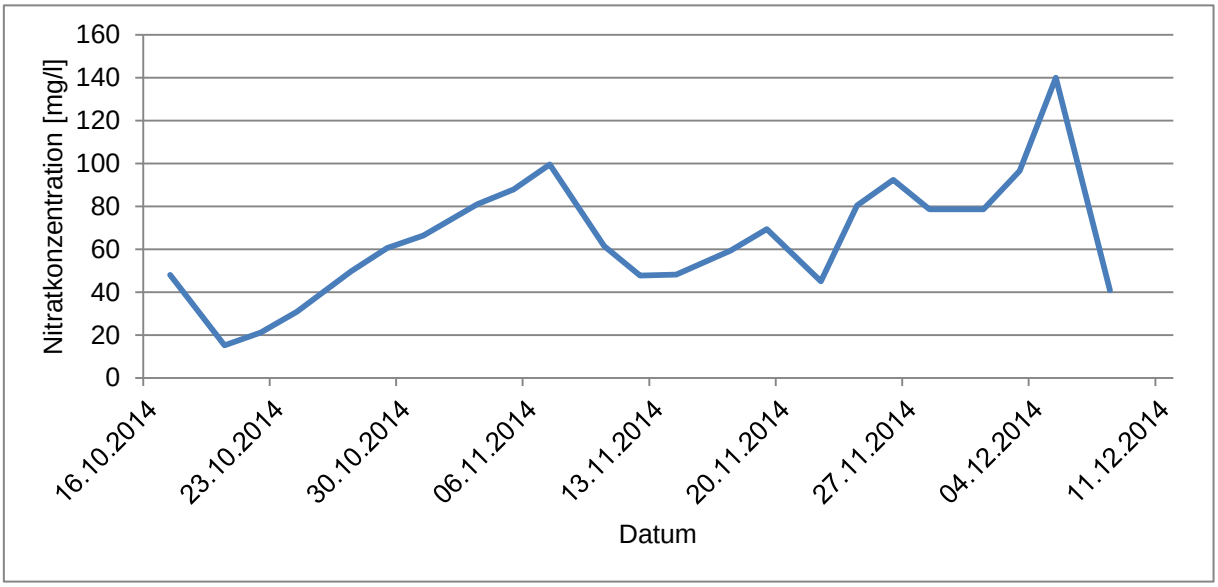


Abbildung 46: Mittlere Nitratkonzentration [mg/l] und mittlerer pH-Wert während eines Vesuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2014. Es waren zwei Kleinkreisläufe miteinander verbunden um gleiche Bedingungen zu gewährleisten.

Der zweite Versuch in den Haltungssystemen konnte erfolgreich nach 8 Wochen abgeschlossen werden. Zu Versuchsbeginn wiesen die Schnäpel in den runden Becken ein minimal höheres Durchschnittsgewicht als die Tiere in den eckigen Becken auf (Abbildung 47). Aufgrund dieses höheren Startgewichts erwies sich diese Gruppe auch am Ende des Versuchs als schwerer als die Gruppe aus den eckigen Becken. Die Masseentwicklung der beiden Gruppen verlief aber hier ebenso parallel wie die beschriebene Frischmasseentwicklung im ersten Versuch in diesen Haltungssystemen. Auch wies die SGR einen vergleichbaren Wert auf (jeweils 1,6 %/d).

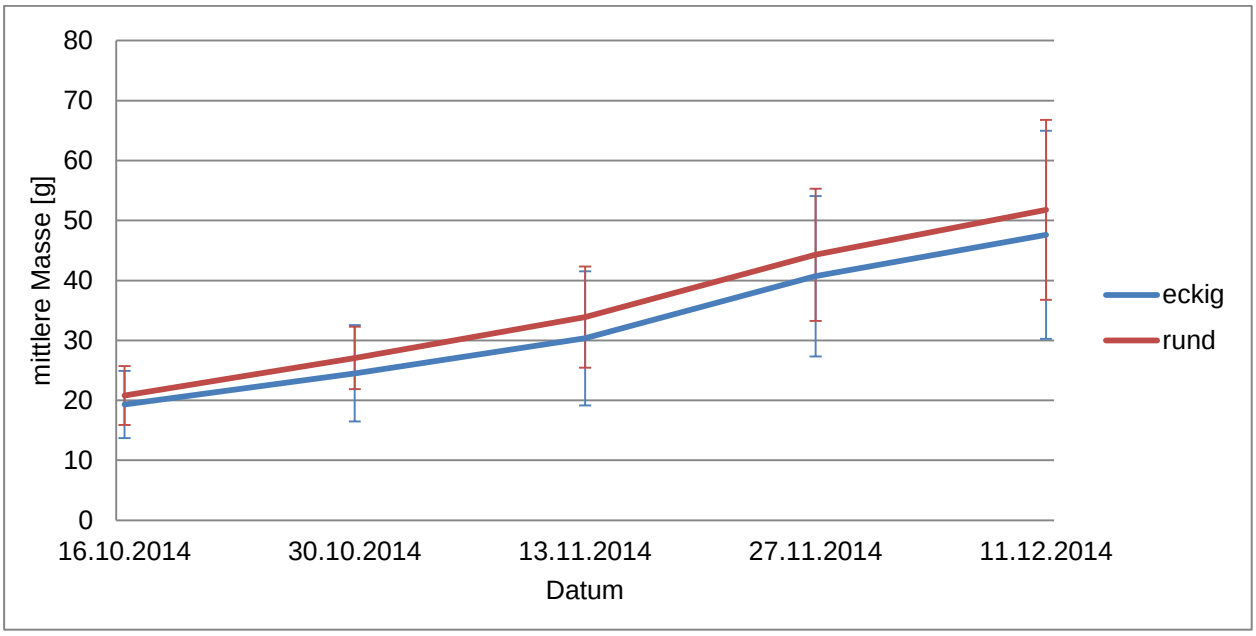


Abbildung 47: Mittlere Massen (± SD) von Jungschnäpel in den verschieden geformten Becken im 14-tägigen Messintervall.

Im Jahr 2015 wurde vom 17.2. bis zum 14.4. ein weiterer Versuch zur Beckenform in den oben genannten Modulen (Abbildung 17) durchgeführt. Die verwendeten Becken hatten jeweils ein Volumen von rund 100 l. Besetzt wurde jede Versuchsgruppe im Triplikat mit jeweils 1.500 Larven. Das Startgewicht betrug 5,7 mg (± 0,93 mg). Alle Larven entstammten dem gleichen Schlupfbatch.

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH, Temperatur) wurden über den gesamten Versuchszeitraum täglich mit einem HQ 40d-Handmessgerät (Hach) im jeweiligen Kleinkreislauf gemessen. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen. Nach dem Einsetzen der Schnäpellarven am 17.02.2015 wurde die Temperatur in den Versuchskreisläufen von 15,8 °C auf ca. 18 °C innerhalb eines Tages erhöht. Bis zum 14.04.2015 betrug die Temperatur zwischen 17,8 °C und 18,9 °C. Der pH-Wert schwankte zwischen 7,85 und 8,9 ohne abrupte Änderungen. Die Sauerstoffkonzentration in beiden Versuchskreisläufen fiel nicht unter 7,52 mg/l (Abbildung 48).

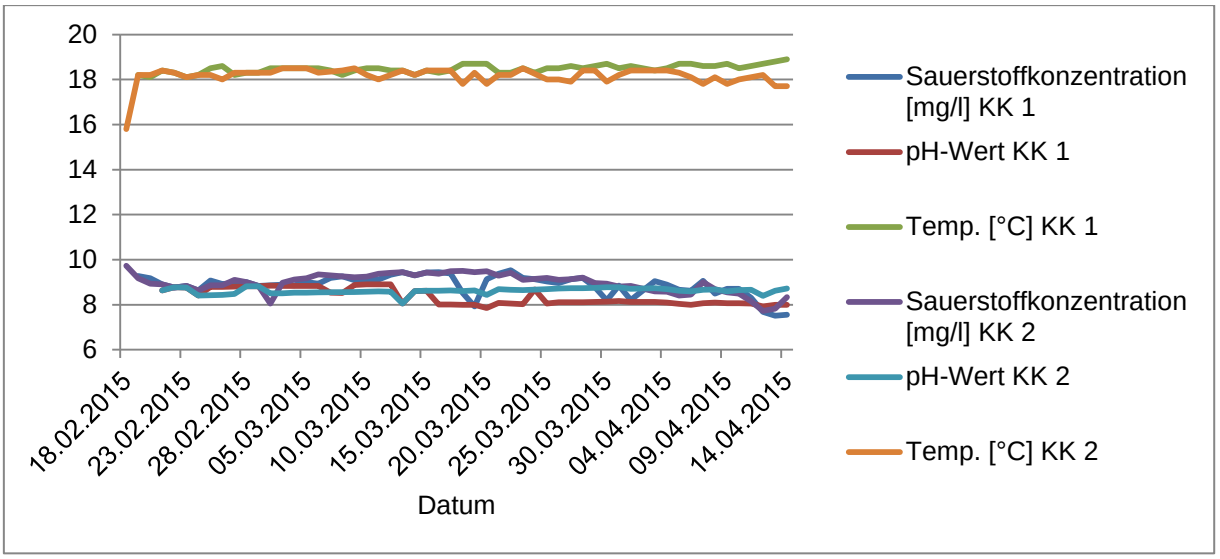


Abbildung 48: Sauerstoffkonzentration [mg/l], pH-Wert und Temperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform im Jahr 2015 (KK 1: Versuchskreislauf mit zwei eckigen und einem runden Becken, KK 2: Versuchskreislauf mit einem eckigen und zwei runden Becken).

Die mittlere Ammoniumkonzentration überstieg während des Versuchs nicht 0,13 mg/l in den beiden verbundenen Kleinkreisläufen. Die mittlere Nitritkonzentration war mit 0,10 mg/l maximal (Abbildung 49).

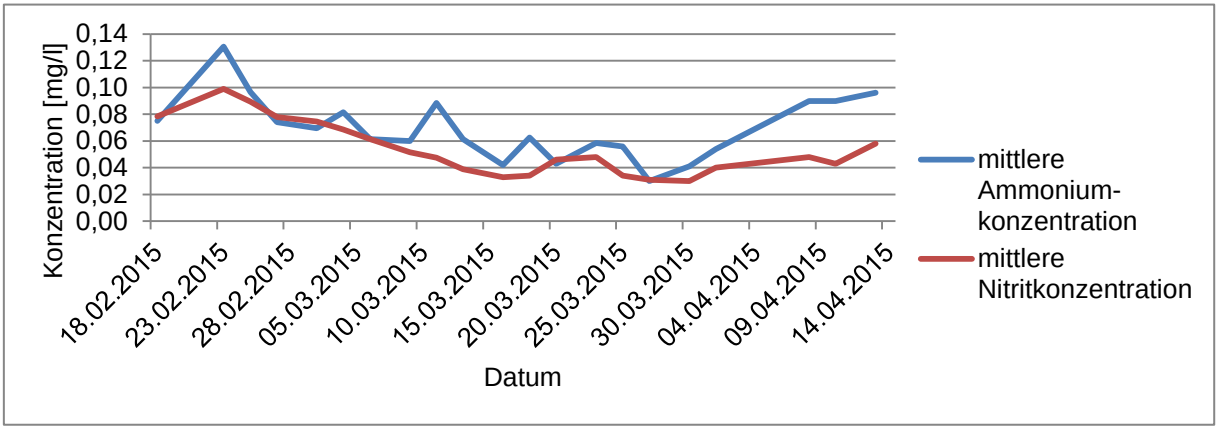


Abbildung 49: Mittlere Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2015. Es wurden zwei Versuchskreisläufe verbunden um gleiche Bedingungen für die Versuchsgruppen zu schaffen.

Während des Versuchszeitraums (17.02.-14.04.2015) betrug der mittlere Nitratwert stets unter 14,9 mg/l, ab dem 27.02.2015 wurden Werte unter 12 mg/l erreicht (Abbildung 50).

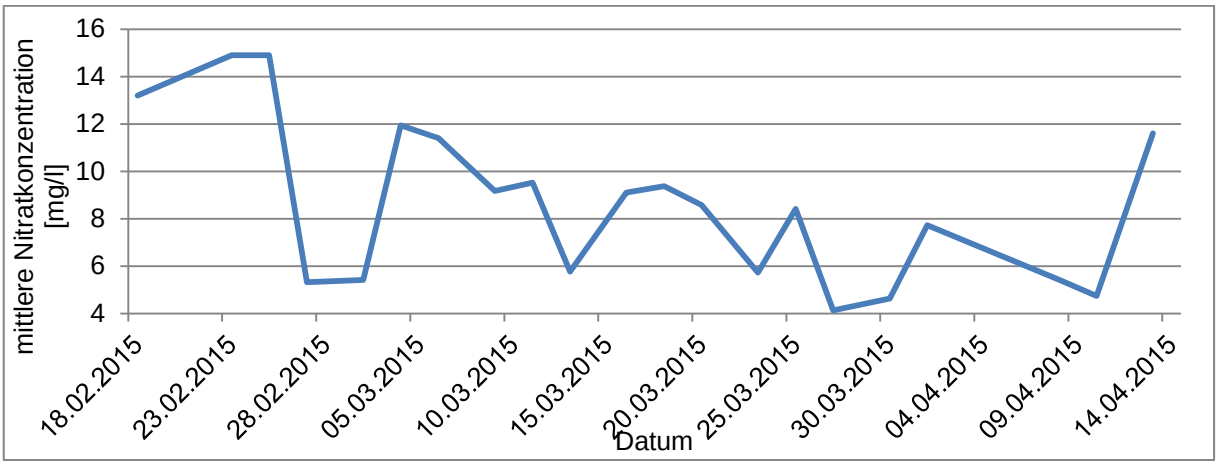


Abbildung 50: Mittlere Ammonium- und Nitritkonzentration während eines Versuchs zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2015. Es wurden zwei Versuchskreisläufe verbunden um gleiche Bedingungen für die Versuchsgruppen zu schaffen.

Die Verluste über den gesamten Versuchszeitraum (ca. zwei Monate) verhielten sich in beiden Gruppen ähnlich (Abbildung 51). Die Verlustrate ist mit 61 % bzw. 67 % jedoch sehr hoch. Dieses Phänomen zeigte der Ostseeschnäpel jedoch noch über den gesamten Lebenszyklus.

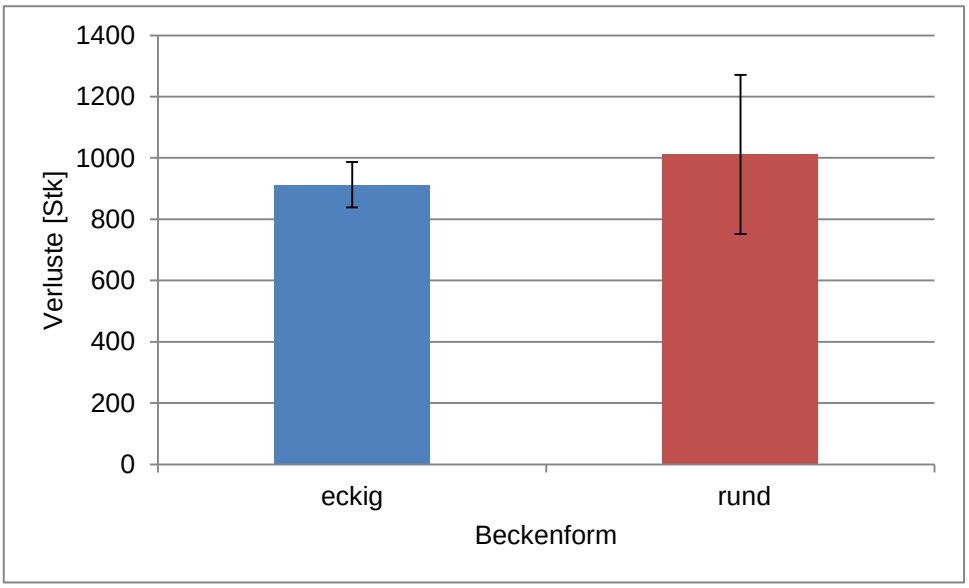


Abbildung 51: Durchschnittliche Gesamtverluste (± SD) von Schnäpeln in einem Versuch in runden und eckigen Becken in einem Zeitraum von 2 Monaten in 2015.

Das Wachstum beider Gruppen verlief sehr ähnlich (Abbildung 52). Es war zu keiner Zeit ein signifikantes Auseinanderwachsen der beiden Versuchsgruppen zu erkennen. Auffällig war das starke interne Auseinanderwachsen, bedingt durch eine fehlende Sortierung während des Versuchs. Die Endmassen betrugen 235,1 mg (± 157,1) für die Gruppe in den eckigen Becken und 227,3 mg (± 116,9) in den runden Becken. Für die frühen Entwicklungsstadien des Schnäpels zeigte sich damit kein messbarer Einfluss der Beckenform auf das Wachstum.

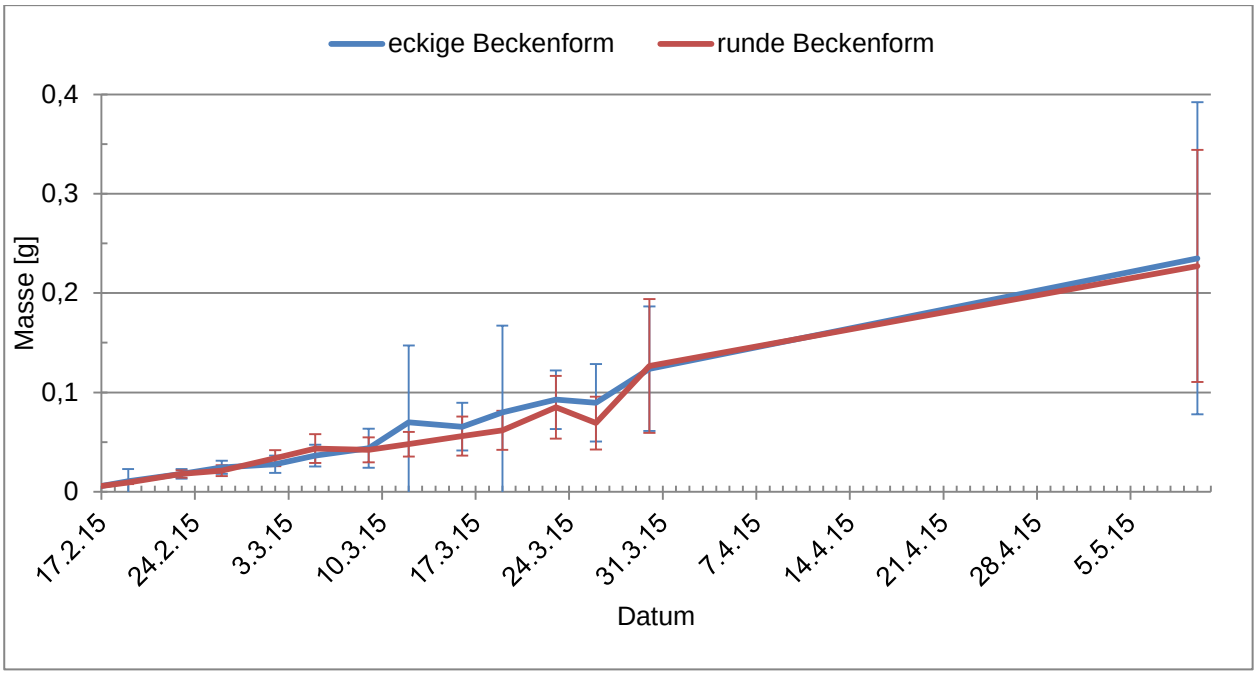


Abbildung 52: Wachstumsverlauf von Schnäpeln in einem Versuch zur Beckenform über ca. zwei Monate (eckig: blaue Rauten, rund: rote Kreise). Angegeben sind die mittleren Massen [g] (± SD).

4.4.2 Untersuchungen mittelgroßer Haltungssysteme

Zur Überprüfung der Ergebnisse (vgl. 4.4.1) sollten in den Jahren 2014 und 2015 in 300 l fassenden Rund- und Langstrombecken gleiche Versuche stattfinden und ein Versuch sollte unter Durchflussbedingungen im Brackwasser stattfinden. Aufgrund der stark schwankenden natürlichen Wassertemperaturen, der hohen Feststofffracht und der schwankenden Sauerstoffversorgung konnte der Versuch unter Beachtung des Fischwohls jedoch nicht begonnen werden. Die einzelnen Gruppen zeigten in der Eingewöhnung eine hohe, stark unterschiedliche Mortalität. Aufgrund dieser unterschiedlichen Bestandsentwicklung konnten hier keine vergleichbaren Bedingungen eingestellt werden, sodass der Versuch abgebrochen werden musste.

Der zweite Versuch in diesen Haltungssystemen sollte im Jahre 2014 in einem Kleinkreislaufsystem unter kontrollierten Bedingungen stattfinden. Auch hier zeigten die Schnäpel eine unterschiedlich hohe Mortalität. Die Verluste stabilisierten sich in den Systemen auch nicht, so dass die Tiere in ein anderes System umgesetzt werden mussten. Hier lag die Ursache wohl in einem zu starken Handling beim Einsetzen.

Von Mai bis Juli 2015 wurde ein Versuch zur Beckenform in kleinen Becken durchgeführt. Hierfür wurden jeweils drei Rundbecken (0,5 m³) und drei Langstromrinnen (1,1 m³) mit Schnäpeln besetzt (Abbildung 55). Die Besatzdichte lag im Versuch bei 12,5 kg/m³. Die Bedingungen waren bestimmt durch die äußeren Einflüsse, da der Versuch in einer Brackwasserdurchflussanlage stattgefunden hat. Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH-Wert, Temperatur) werden am zentralen Zulauf der Durchflussanlage von einem SC1000-Messgerät aufgenommen und halbstündlich geloggt. Die gelösten Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) werden 14-tägig mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer DR 3900 (Hach) gemessen.

Während der Versuchsdauer war jederzeit eine ausreichende Versorgung der Schnäpel mit Sauerstoff gewährleistet, in der Durchflussanlage wurde am 06.07.2015 das Minimum mit 8,5 mg/l erreicht. Ein Maximum im Sauerstoffgehalt trat am 12.06.2015 mit einer Konzentration von 13,8 mg/l auf. Die Temperatur schwankte im Versuchszeitraum. So wurde unter anderem am 31.05.2015 mit 14,0 °C der Tiefpunkt erreicht, ein Maximum trat am 05.07.2015 mit 25,6 °C auf (Abbildung 53). Der pH-Wert verringerte sich im Verlauf des Versuchs. Der Höchstwert wur-

de am 12.06.2015 mit 9,5 erreicht, am 31.07.2015 und 18.08.2015 wurde die kleinsten Werte mit jeweils 8,7 gemessen (Abbildung 54).

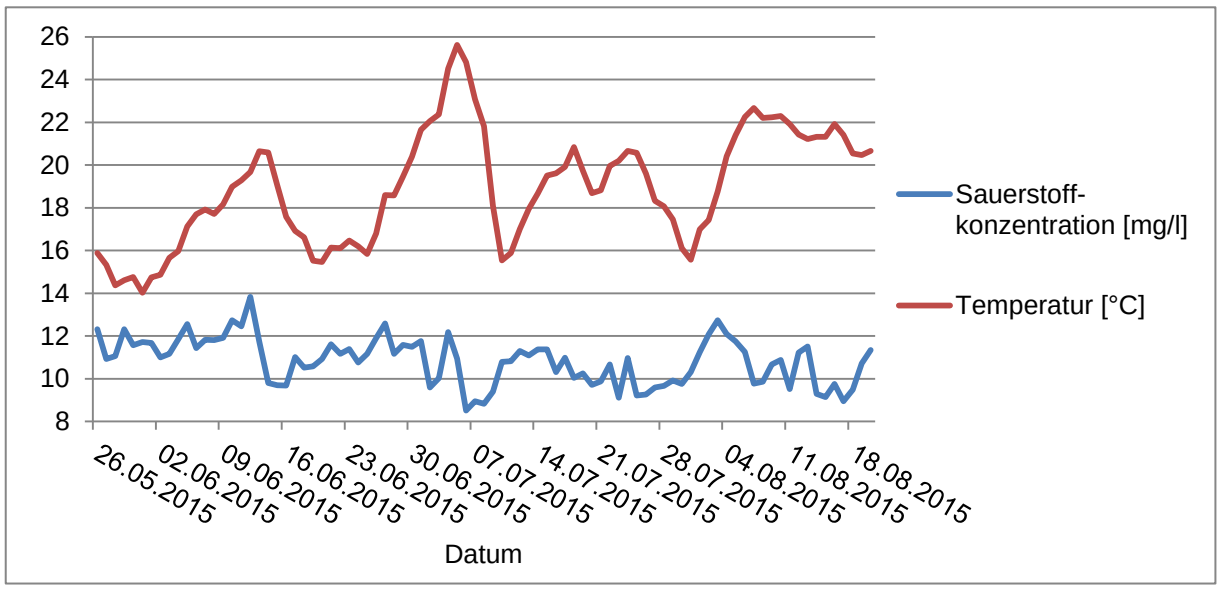


Abbildung 53: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und Temperatur [°C] in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015.

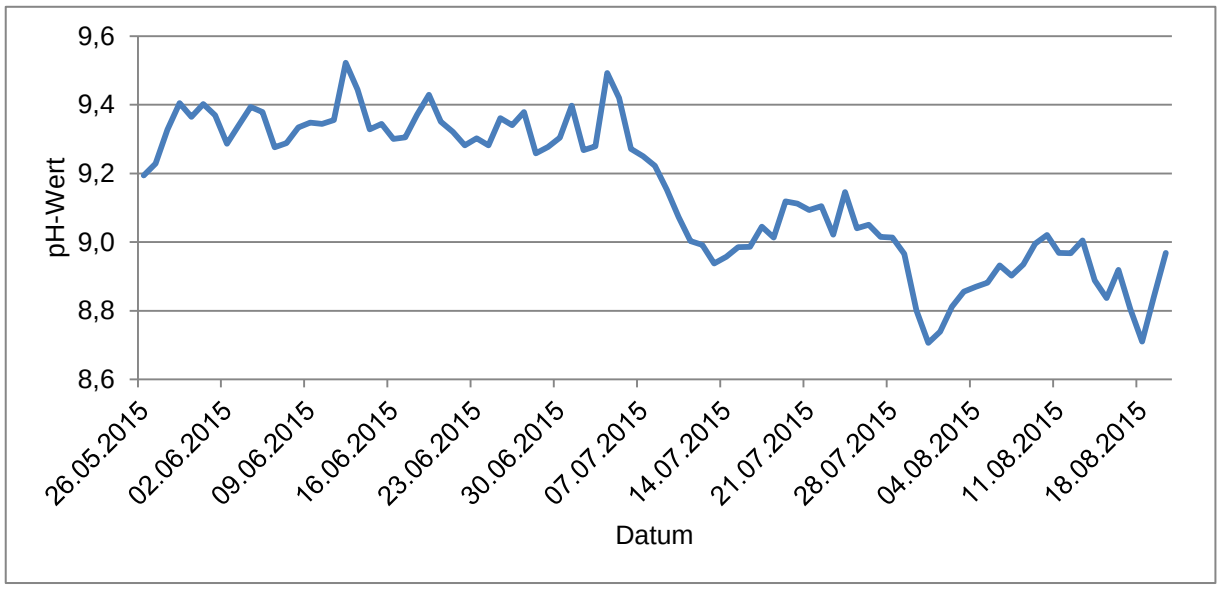


Abbildung 54: Mittlerer pH-Wert in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015.

Da es sich um eine Durchflussanlage handelte, konnten sich keine gelösten Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) anreichern. So waren alle Werte dauerhaft gering und stellten keine Gefährdung der Fischgesundheit dar (Tabelle 14).

Tabelle 14: Mittlere Ammonium-, Nitrit- und Nitratkonzentration (alle in mg/l) in einer Brackwasserdurchflussanlage während eines Versuches zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum des Ostseeschnäpels im Jahr 2015.

	Ammonium [mg/l]	Nitrit [mg/l]	Nitrat [mg/l]
Mittelwert	0,111	0,107	1,586
SD	0,024	0,012	0,472

Die Schnäpel wurden mit unterschiedlichen mittleren Gewichten besetzt. So wurden in runde Becken drei Gruppen mit 88,2 g ± 7,8 g, 163,1 g ± 9,2 g und 110,3 g ± 5,8 g eingesetzt. Die Gruppen in den Langstromrinnen wiesen 128,2 g ± 5,6 g, 181,3 g ± 10,9 g und 144,9 g ± 6,2 g auf. Bei Versuchsende betrugen die mittleren Gewichte in den runden Becken 170 g (nur ein Überlebender, dieses Becken fand in der Statistik keine Beachtung), 264,9 g ± 36,9 g und 172,1 g ± 23,2 g und in den eckigen Becken 226,3 g ± 30,8 g, 298,1 g ± 35,0 g und 233,8 g ± 28,6 g.



Abbildung 55: Im Versuch zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum von Schnäpeln verwendete Langstromrinnen (grün), dahinter die verwendeten Rundbecken (blau). (Foto: P. Luft)

Nach drei Monaten Hälterung in den Langstrom- und Rundbecken zeigten sich erneut keine Unterschiede in der durchschnittlichen täglichen Massezunahme (Abbildung 56), ausgedrückt als SGR (Formel 1). Dies bestätigte die Befunde aus allen zuvor durchgeführten Versuchen.

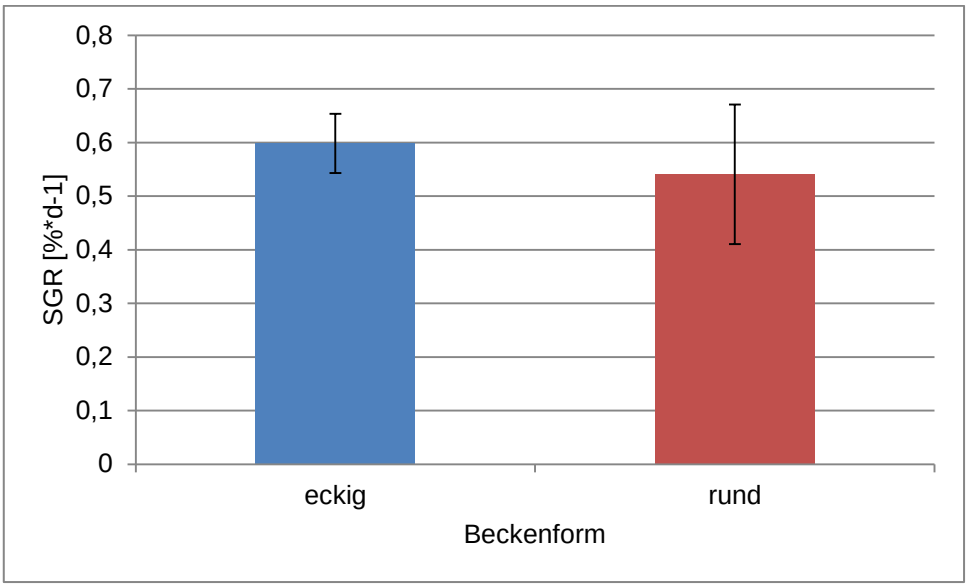


Abbildung 56: Mittlere Spezifische Wachstumsraten ± SD von *Coregonus maraena* in einem Versuch zum Einfluss der Beckenform auf das Wachstum nach drei Monaten Hälterung (26.05.2015 – 20.08.2015) in einer Durchflussanlage.

Die Beckenform scheint nach den Ergebnissen mehrerer Versuche keinen Einfluss auf das Wachstum von *Coregonus maraena* zu haben. Rein optisch ließ sich ein etwas ruhigeres Schwimmverhalten in den Langstromrinnen erkennen. Dies könnte im Zusammenhang mit der Verbesserung der allgemeinen Fitness beim Ostseeschnäpel von Interesse sein.

4.5 Einfluss von simulierten Stresssituationen auf Ostseeschnäpel

Während des Projektes sollte nicht nur die natürliche Umwelt des Schnäpels in den Hälterungsanlagen möglichst gut simuliert werden, auch sollten artifizielle Bedingungen ausgetestet werden, um die Produktion von *Coregonus maraena* auf ein neues Intensitätsniveau zu heben. Als Schwarmfisch des Freiwassers (Kottelat und Freyhof, 2007) präferiert der Ostseeschnäpel eine geringere Besatzdichte. Um den Einfluss verschiedener Stressoren auf die Performance dieser Fischart zu überprüfen, wurden verschiedene Versuche durchgeführt.

4.5.1 Einfluss der Besatzdichte auf die Hälterung von Schnäpeln

Um Erkenntnisse zur optimalen Besatzdichte zu gewinnen, wurden im Jahr 2013 Jungschnäpel (mittlere Frischmasse: 58,5 g bei 18 cm Totallänge) in zwei gleichartige Versuchskreisläufe (AQ 1, AQ 2) für 1,5 Monate eingebracht. Die rechteckigen Versuchsbecken hatten ein Volumen von 300 l und waren als Rezirkulationsanlagen jeweils mit Trommelsiebfilter, Biofilter im Bypass und UV-Desinfektion ausgerüstet (Abbildung 57). Es wurden drei Gruppen, jeweils im Triplikat, gebildet. Diese drei Gruppen wiesen Anfangsbesatzdichten von 18 $kg*m^{-3}$, 36 $kg*m^{-3}$ und 55 $kg*m^{-3}$ auf.



Abbildung 57: Aquarienwand bestückt mit zehn Aquarien (V = 300 l). In diesem Kreislaufsystem wurde ein Besatzdichteversuch mit Jungschnäpeln durchgeführt. (Foto: R. Bochert)

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH, Temperatur) wurden zweimal täglich von einem SC1000-Messgerät (Hach) abgelesen und notiert. Sauerstoffkonzentration und Temperatur wurden jeweils am Zulauf für die gesamte Aquarienwand (AQ 1 und AQ 2) gemessen. Der pH-Wert wurde stellvertretend am Zulauf von AQ 1 gemessen. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden täglich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Der pH-Wert wies über den Versuchszeitraum einen mittleren Wert von 7,70 ± 0,11 auf. Im Zulauf zu den Becken wurde in beiden Versuchskreisläufen eine Sauerstoffkonzentration zwischen 8,75 mg/l und 10,40 mg/l gewährleistet. Ausnahmen bildeten für AQ 1 der 14.09.13 (11,17 mg/l) und der 22.09.13 (10,65 mg/l). In AQ 2 traten am 03.09.13 (10,59 mg/l) und am 14.09.13 (11,84 mg/l) auf (Abbildung 58).

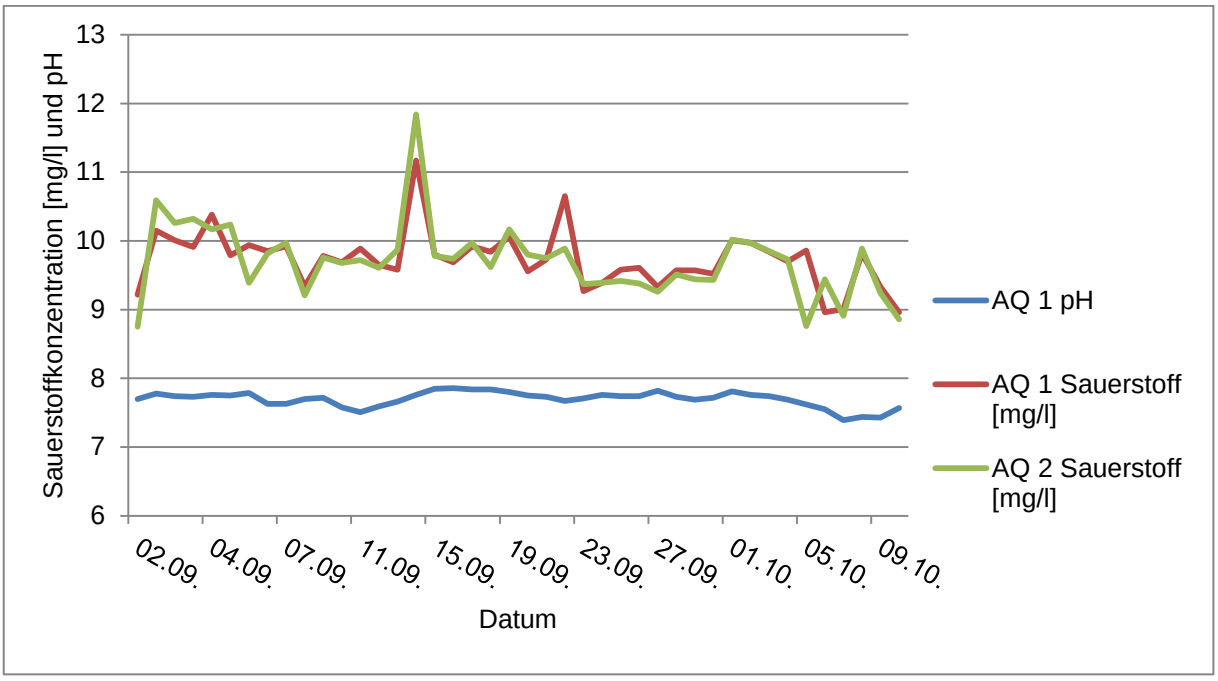


Abbildung 58: Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2013 in zwei Kleinkreisläufen (AQ 1, AQ 2), gemessen am Zulauf zu den Becken.

Der Temperaturverlauf in beiden Versuchskreisläufen (AQ 1, AQ 2) war sehr ähnlich. Lediglich am 03.10.2013 trat aufgrund eines Wassertausches eine Differenz von 1,2 °C zwischen beiden Versuchskreisläufen auf (Abbildung 59).

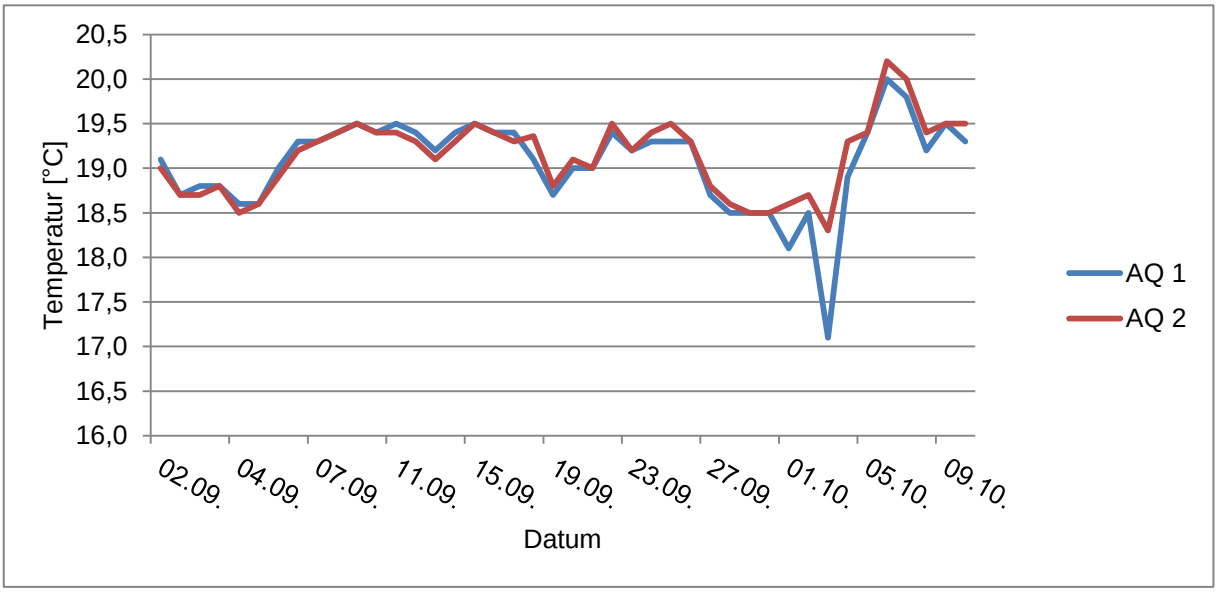


Abbildung 59: Temperaturverlauf während eines Versuchs zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Jungschnäpeln im Jahr 2013 in zwei Kleinkreisläufen (AQ 1, AQ 2), gemessen am Zulauf zu den Becken.

Am Versuchsende wiesen die drei Versuchsgruppen mittlere Besatzdichten von 31 $kg*m^{-3}$ (A), 54 $kg*m^{-3}$ (B) und 82 $kg*m^{-3}$ (C) auf. Im Versuch zeigte sich, dass Besatzdichten von mehr als 40 $kg*m^{-3}$ im betrachteten System zu einer Beeinflussung der Abwachsleistung führten

(Abbildung 60). Schon nach drei Wochen wiesen die Gruppen mit einer höheren initialen Besatzdichte ein vermindertes Wachstum auf. Am Versuchsende war das mittlere Gewicht der Gruppe A (Anfangsbesatz 18 kg*m^{-3}) signifikant ($p \leq 0,05$) höher als das mittlere Gewicht der Gruppen B (Initialbesatz 36 kg*m^{-3}) und C (Anfangsbesatz 55 kg*m^{-3}). Das Endgewicht der Gruppe A betrug im Mittel 104 g, das finale Gewicht der Gruppen B und C erreichte jedoch nur je 91 g. Der Unterschied zwischen den Gruppen B und C war nicht signifikant. Es ist also unerheblich, ob eine initiale Besatzdichte von 36 kg*m^{-3} oder von 55 kg*m^{-3} gewählt wird, die am Ende bis zu 82 kg*m^{-3} gesteigert werden kann.

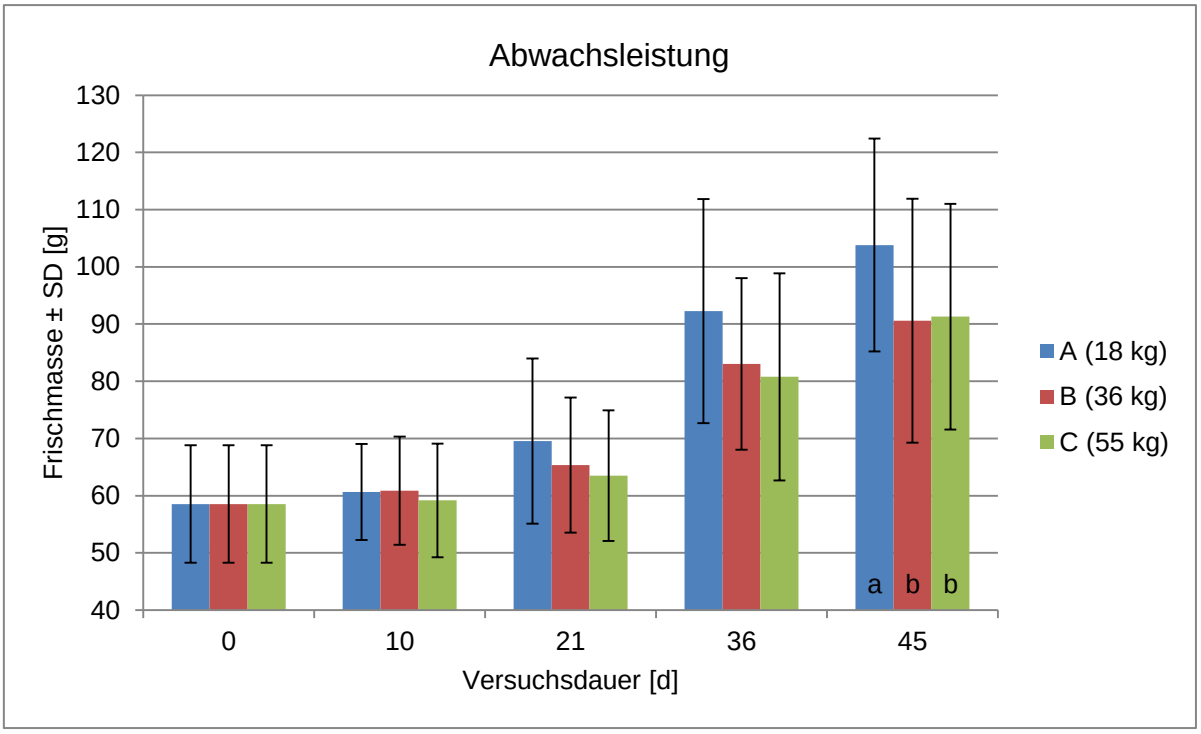


Abbildung 60: Von Schnäpeln aufgewiesene durchschnittliche Massen [g] während eines Besatzdichteversuchs. Die Becken wurden mit einer Dichte von 18 kg*m^{-3} (blau), 36 kg*m^{-3} (rot) und 55 kg*m^{-3}(grün) besetzt. Die Kleinbuchstaben geben die signifikanten Mittelwertunterschiede ($p \leq 0,05$) an.

Im ersten Quartal 2014 wurde ein weiterer Versuch zur Besatzdichte beim Ostseeschnäpel durchgeführt. Diese fanden in einem Großmodul der Versuchsanlage Born statt. Dieses Modul war ein Warmwasserkreislaufsystem ausgestattet mit einem Biofilter, einem Trommelsiebfilter und einer UV-Desinfektion. Die Becken besaßen ein Volumen von 3 m³ (Abbildung 65).

Die abiotischen Wasserparameter (Sauerstoffgehalt, pH, Temperatur) wurden zweistündlich mit einem SC 1000-Messgerät (Hach) geloggt. Die Sauerstoffkonzentration wurde am Beckenauslauf gemessen und dann über die Versuchsbecken und Tage gemittelt. Der pH-Wert wurde am zentralen Zulauf zu den Becken gemessen und über den Tag gemittelt. Die Temperatur wurde im Pufferspeicher des Systems aufgenommen und über den Tag gemittelt. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Der pH-Wert unterlag nur geringen Schwankungen und wies Werte von 7,57 (04.03.14) bis 8,3 (12.2.14) auf. Die Sauerstoffkonzentration lag stets über 9,2 mg/l mit einem Maximum am 17.02.14 (10,9 mg/l) und einem Minimum am 02.03.14 (9,27 mg/l) (Abbildung 61).

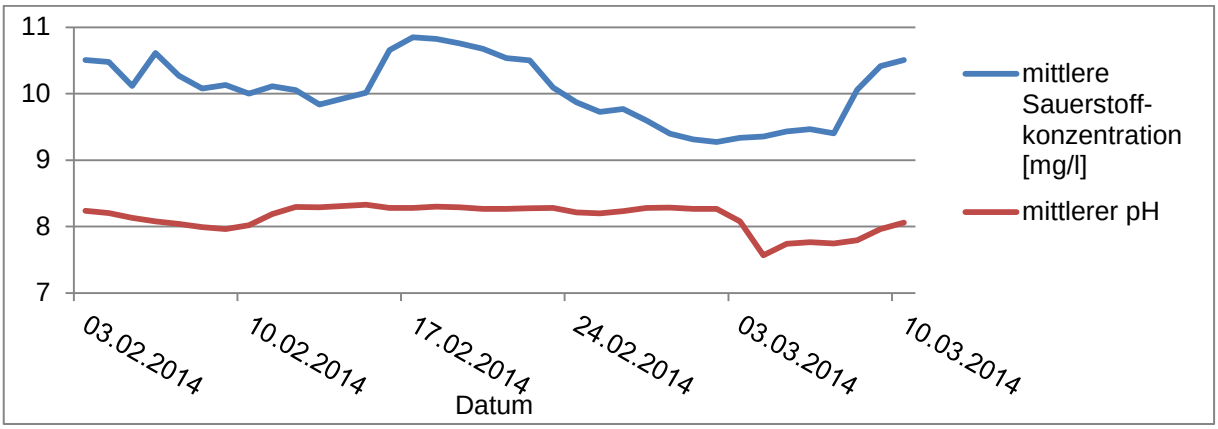


Abbildung 61: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Coregonus maraena im Jahr 2014.

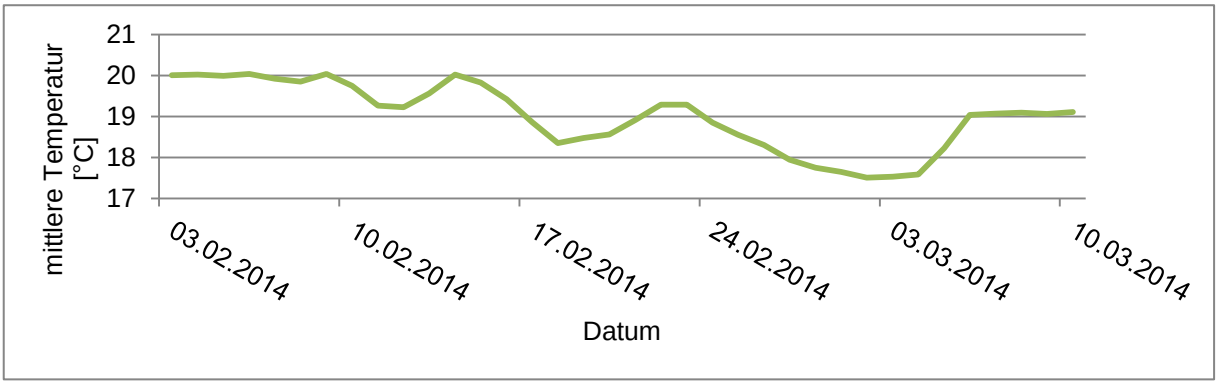


Abbildung 62: Mittlere Temperatur [°C] während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von Coregonus maraena im Jahr 2014.

Die gelösten Nährstoffe waren auf geringem Niveau stabil. So wies die Ammoniumkonzentration im Versuchsverlauf ein Maximum von 0,34 mg/l (05.03.14) auf. Der Nitritgehalt erreichte den höchsten Wert am 10.02.14 mit 0,194 mg/l (Abbildung 63). Am 07.03.14 war die Nitratkonzentration mit 170 mg/l maximal, bis zum 28.02.14 lag der Wert immer unter 110 mg/l (Abbildung 64).

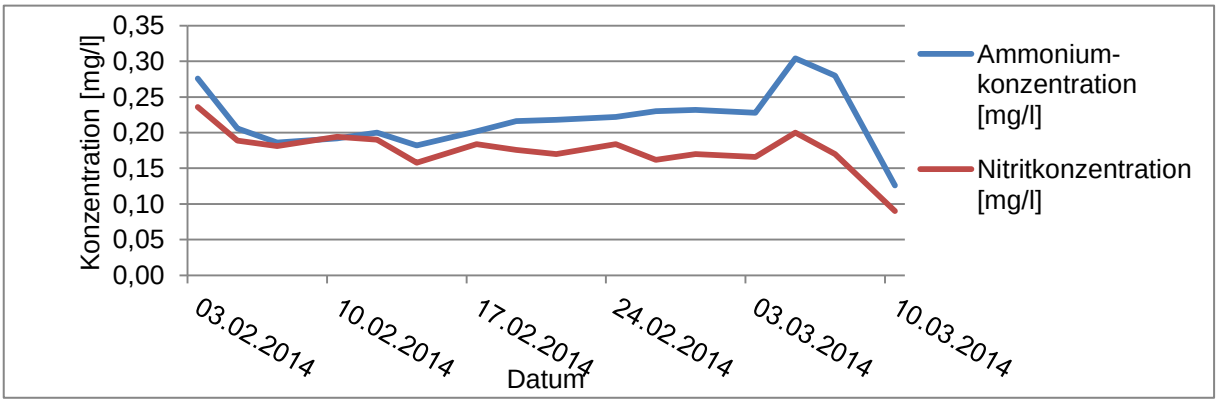


Abbildung 63: Ammonium- und Nitritkonzentrationen während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2014.

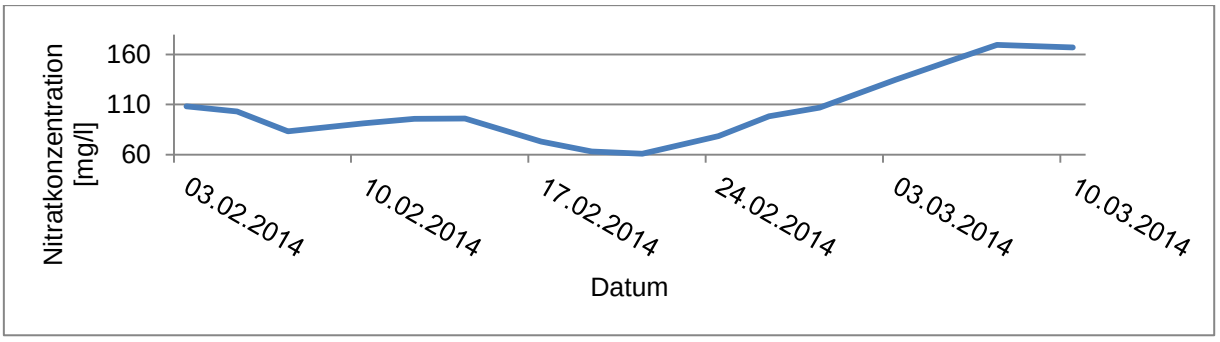


Abbildung 64: Nitratkonzentrationen während eines Versuches zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum von *Coregonus maraena* im Jahr 2014.

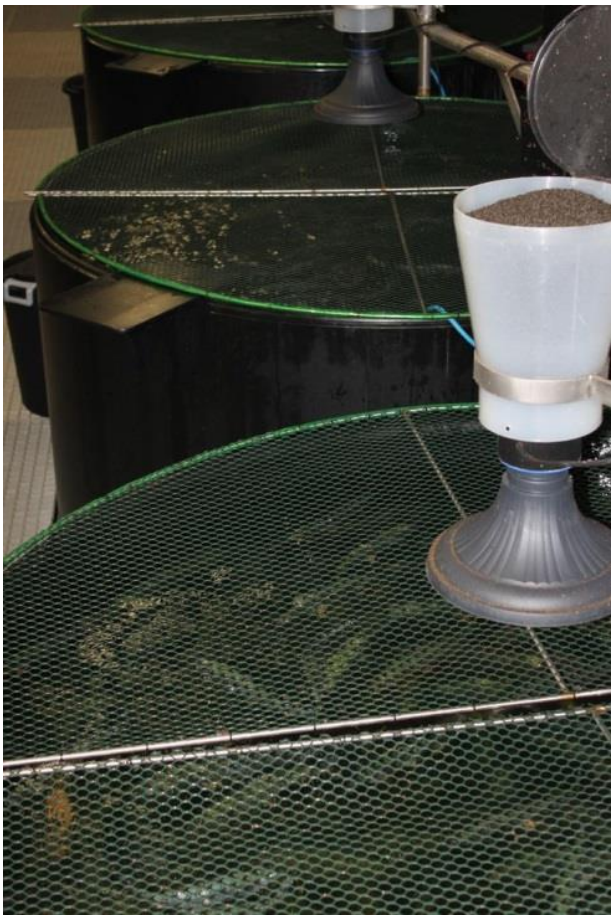


Abbildung 65: Hälterungsbecken (3 m³) eines Großmoduls in dem Versuche zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum durchgeführt wurden. (Foto: R. Bochert)

In diesen Becken wurden drei Gruppen im Duplikat gebildet. Die drei gewählten Besatzdichten waren 10 kg*m^{-3} (Gruppe A), 35 kg*m^{-3} (Gruppe B) und 60 kg*m^{-3} (Gruppe C). Die mittleren Anfangsfrischmassen unterschieden sich nur leicht und betrugen 216 g für Gruppe A, in Gruppe B 199 g und 206 g in der Gruppe C (Abbildung 66). Die Tiere wurden über 35 d gehältert und in gleicher Art und Weise gefüttert. Am Ende des Versuchs wiesen die Tiere mittlere Frischmassen von 277 g (Gruppe A), 275 g (B) und 258 g (C) auf.

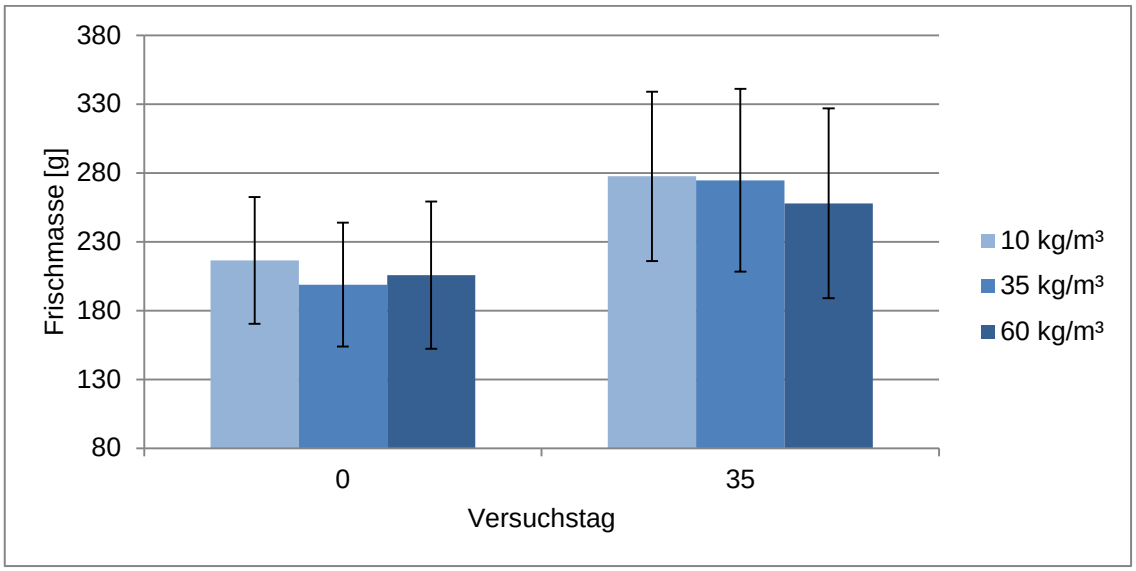


Abbildung 66: Mittlere Anfangs- und Endfrischmasse (± SD) von Satzschnäpeln in einem Versuch zum Einfluss der Besatzdichte auf das Wachstum.

Die spezifische Wachstumsraten (Formel 1) ergaben Werte von 0,71 %/d für Gruppe A, 0,92 %/d (B) und 0,66 %/d (C) (Abbildung 67). Die Werte unterschieden sich nicht signifikant voneinander, jedoch war ein klarer Trend in Richtung Gruppe B abzulesen. Hieraus ließ sich schließen, dass eine mittlere Besatzdichte von 35 $kg*m^{-3}$ einen Vorteil für die Produktionsleistung beim Schnäpel brachte. Dies korrelierte mit den Ergebnissen aus dem zuvor genannten Versuch (siehe oben), wo sich ein Produktionsunterschied bei einer Grenze von ungefähr 40 $kg*m^{-3}$ abzeichnete. Hieraus lässt sich die Empfehlung ableiten, bei der Haltung von Schnäpeln für ein optimales Wachstum die Grenze von 40 $kg*m^{-3}$ in der Besatzdichte nicht zu überschreiten. Aus beiden Versuchen ist aber auch eine bisher obere Grenze bei der Besatzdichte von ca. 80 $kg*m^{-3}$ abzulesen. Bei dieser Besatzdichte können immer noch gute Produktionszahlen erreicht werden. Des Weiteren bleibt an dieser Stelle anzumerken, dass es sich in den durchgeführten Versuchen um die Nachkommen von Wildtieren handelte, also Tieren, die noch nicht auf die Haltung in künstlichen Systemen angepasst sind.

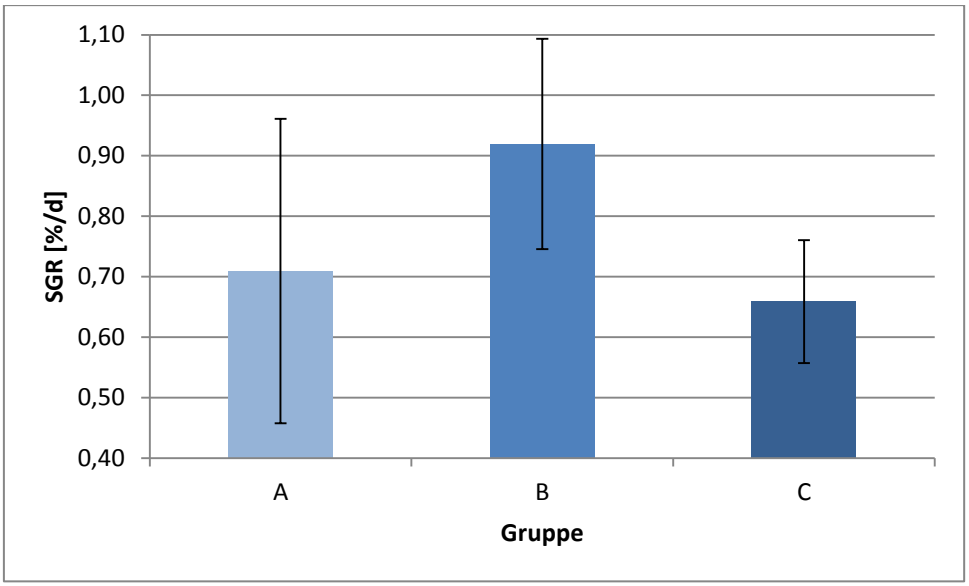


Abbildung 67: Mittlere spezifische Wachstumsraten (± SD) von Satzschnäpeln bei unterschiedlicher Besatzdichte (Gruppe A, hellblau: 10 kg*m^{-3}, Gruppe B, blau: 35 kg*m^{-3}, Gruppe C, dunkelblau: 60 kg*m^{-3}).

4.5.2 Einfluss der Haltungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpellarven

Nach der Vermehrungssaison 2014/2015 wurde ein Versuch zur Untersuchung des Einflusses der Hälterungstemperatur bei Schnäpellarven durchgeführt. Dieser Versuch fand in drei Kleinkreisläufen (Abbildung 17) statt. Jedes Becken wurde mit 500 Larven befüllt. Es wurden für jede Gruppe Triplikate gebildet. Die Temperaturen unterschieden sich in jedem Modul. Als Hälterungstemperaturen wurden 16 °C, 18 °C und 20 °C gewählt. In jedem Larvenmodul wurden wiederum drei Gruppen gebildet, um den Einfluss verschiedener Anfütterungen bei unterschiedlichen Temperaturen zu testen. Pro Modul wurde eine Gruppe über 10 d mit einer reinen Artemiendiät gefolgt von 3 d Art.-TF-Mischung gefüttert. Eine weitere Gruppe bekam über 13 d eine Mischdiät. Beide Gruppen bekamen nach der Lebendfutterdiät eine reine Trockenfutterdiät. Eine weitere Gruppe wurde von Beginn an mit einer reinen Trockenfutterdiät gefüttert (Tabelle 15). Als Trockenfutter kam die O.Range Linie von Ocean Nutrition (Rohprotein 55 %, Rohfett 13 %, Rohfaser 1 %, Rohasche 13,5 %) in allen Versuchsgruppen zur Verwendung.

Die abiotischen Werte (Sauerstoffkonzentration, pH, Temperatur) wurden einmal täglich mit einem HQ 40d-Handmessgerät (Hach) gemessen. Die gelösten Nährstoffe wurden mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer DR3900 (Hach) dreimal wöchentlich ermittelt.

Tabelle 15: Gruppeneinteilung bei einem Versuch zum Einfluss der Haltungstemperatur auf das Wachstum von Schnäpellarven im Jahr 2015. Es kam jeweils ein Kleinkreislauf pro Temperatur zum Einsatz, innerhalb der Temperaturgruppen wurden jeweils drei Fütterungsregime durchgeführt.

Temperatur	18°C			16°C			20°C		
Gruppen	**A**	**B**	**C**	**G**	**H**	**I**	**K**	**L**	**M**
Fütterung	10d Art 3d Art-TF-Mix	13d Art-TF-Mix	TF	10d Art 3d Art-TF-Mix	13d Art-TF-Mix	TF	10d Art/3d Art-TF-Mix	13d Art-TF-Mix	TF

Die Sauerstoffkonzentration war stets über 8,7 mg/l und damit in einem fischsicheren Bereich (Abbildung 68). Der pH-Wert stieg in den Gruppen K, L, M vom 18.02.15 zum 19.02.15 von 8,13 auf 8,5 und wies dann konstant einen Wert über 8,5 auf. In den Gruppen A, B, C, G, H, und I betrug der pH-Wert bis zum 13.03.15 stets über 8,5, fiel dann aber an diesem Tag auf 8,05 ab

und blieb konstant auf diesem Niveau (Abbildung 69). Die Zieltemperaturen von 16 °C (G, H, I), 18 °C (A, B, C) und 20 °C (K, L, M) konnten nach einem Tag der Umstellung gehalten werden (Abbildung 70).

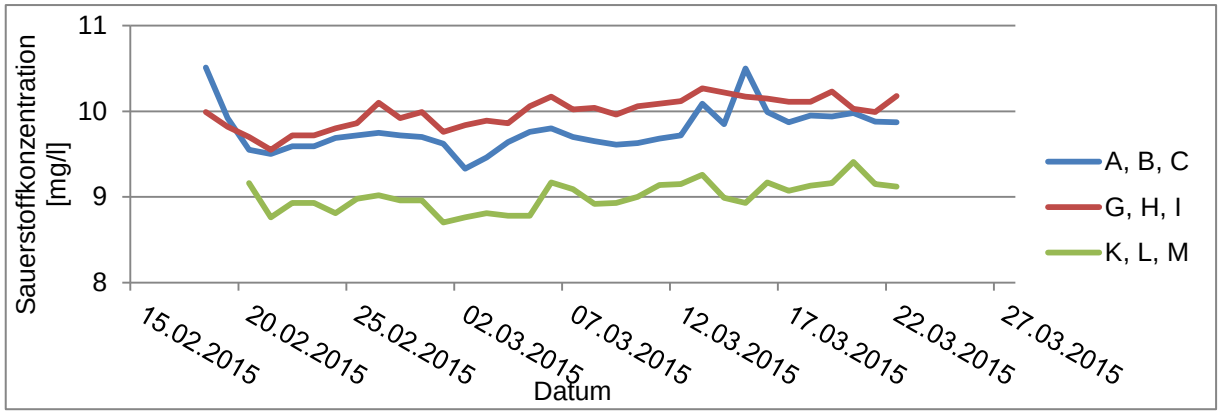


Abbildung 68: Sauerstoffkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

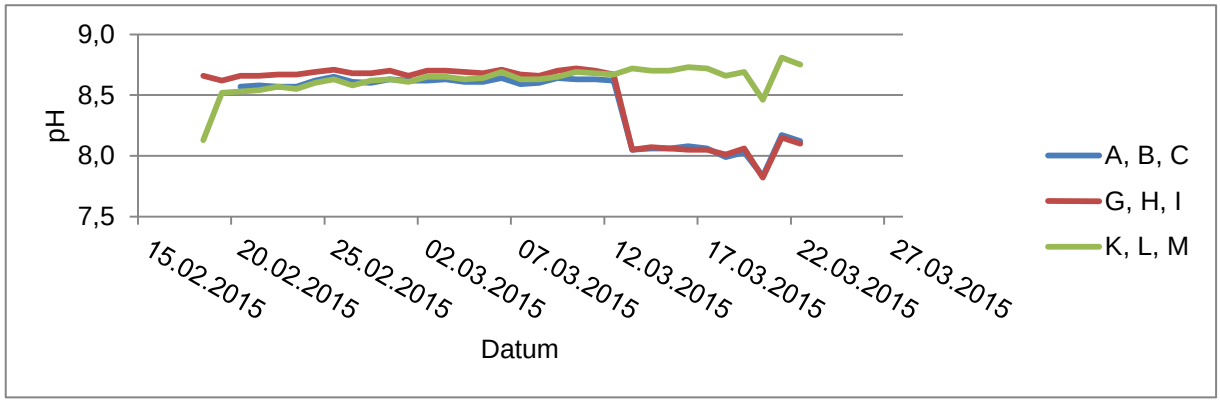


Abbildung 69: pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

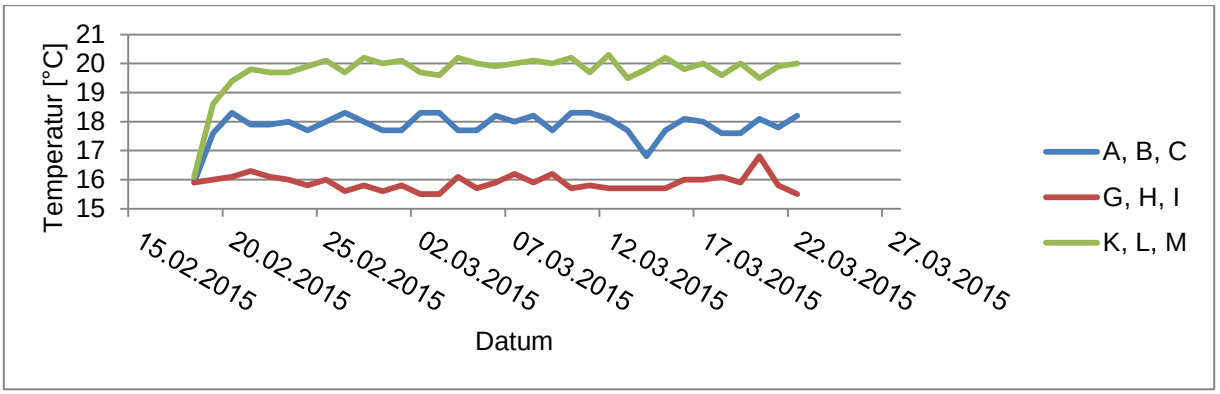


Abbildung 70: Temperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

Die Ammoniumkonzentration lag bis auf eine Ausnahme (18.03.15: 0,556 mg/l in Gruppen K, L, M) unter 0,13 mg/l (Abbildung 71). Beim Auftreten der erhöhten Konzentration wurde sofort ein Wassertausch im Kreislauf durchgeführt. Die Nitritkonzentration lag immer in einem unbedenklichen Bereich unter 0,1 mg/l (Abbildung 72). Die Nitratkonzentration erreichte in der Spitze einen Wert von 17 mg/l (Abbildung 73).

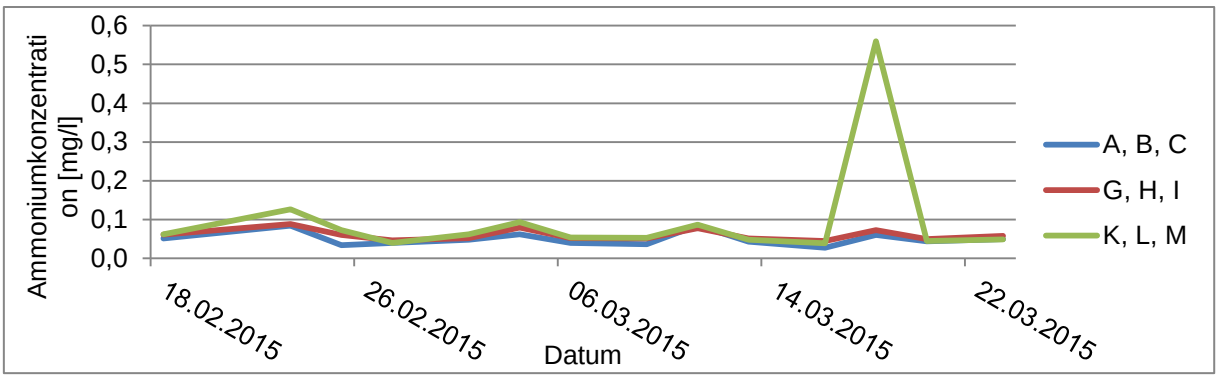


Abbildung 71: Ammoniumkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

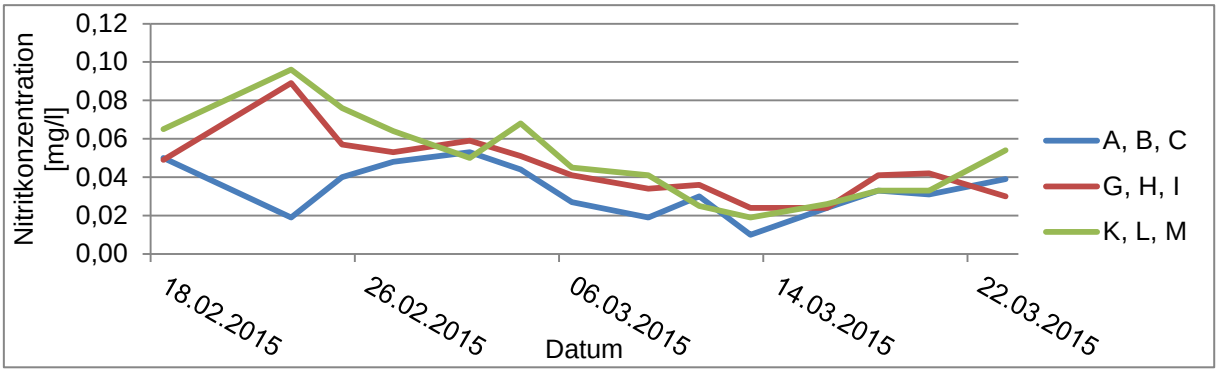


Abbildung 72: Nitritkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

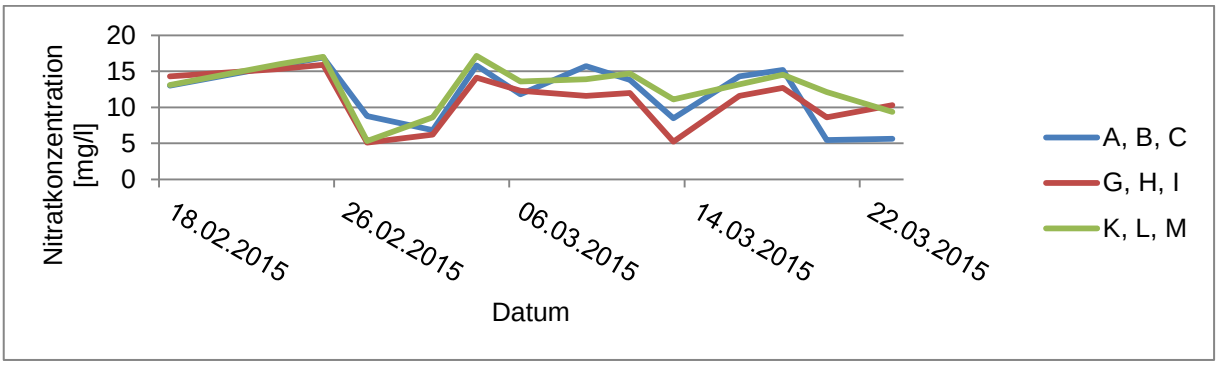


Abbildung 73: Nitratkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Temperatur auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2015. Die Gruppen A, B, C und G, H, I und K, L, M wurden jeweils in einem Versuchskreislauf gehältert (vgl. Tabelle 15).

Am Ende des Versuchs zeigten die Gruppen in Bezug auf das Anfütterungsregime ähnliche Muster (Abbildung 74). Die reinen Trockenfuttergruppen (C, I, M) wuchsen unter allen Temperaturbedingungen am schlechtesten. Sie bildeten aber eine eigene homogene Untergruppe. Dies zeigte sich auch an den entsprechenden Endgewichten mit jeweils 0,08 g. Bei 16 °C und 18 °C wachsen die beiden Gruppen mit einer Lebendfuttervariante (Gruppe A, B und Gruppe G, H) nicht signifikant unterschiedlich. Lediglich bei 20 °C Haltungstemperatur zeigte sich ein Unterschied. Hier wuchs die Gruppe mit 10 d reiner Artemiendiät signifikant besser als die Gruppe mit der Mischdiät. Gruppe K aus diesem Modul zeigte auch das insgesamt beste Wachstum. Der Einfluss der Temperatur im gewählten Spektrum war positiv, das heißt es zeigte sich ein besseres Wachstum bei einer höheren Temperatur. Es gab aber Überlappungen in den Gruppen. Gruppe K zeigte aber das beste Wachstum insgesamt, Gruppe L, A und B bildeten eine gemeinsame Untergruppe. Gruppe A und B bildeten jedoch auch eine Untergruppe mit Gruppe H, welche ihrerseits eine Untergruppe mit Gruppe G bildete. Im Ergebnis zeigte sich, dass sowohl eine Lebendfutterversorgung als auch eine höhere Temperatur (hier max. 20 °C) einen Vorteil beim Wachstum boten.

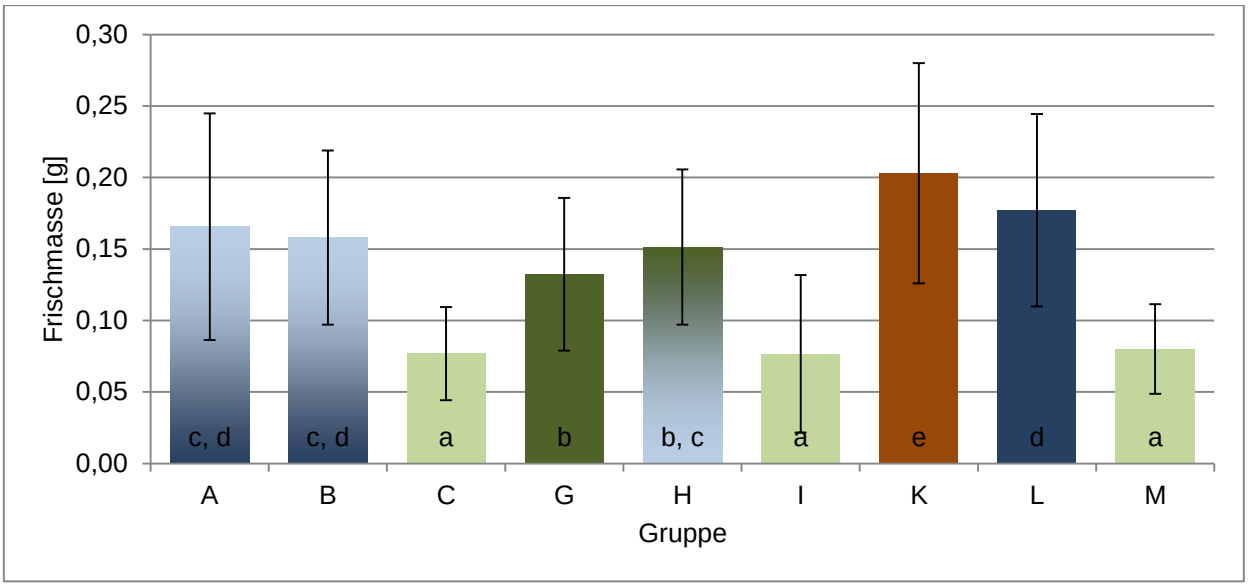


Abbildung 74: Mittlere Frischmassen (± SD) von Schnäpellarven am Ende des Versuchs bei unterschiedlichen Haltungstemperaturen. Gruppe A, B, C wurden bei 18 °C, Gruppe G, H, I bei 16 °C und Gruppe K, L, M bei 20 °C gehältert. Gruppe A, G, K bekamen 10 d Artemien und 3 d Art.TF-Mix, Gruppe B, H, L erhielten 13 d eine Art.-TF-Mischung und Gruppe C, I, M bekamen nur Trockenfutter. Die Kleinbuchstaben geben homogene Untergruppen an (p=0,05). Die Farben sind den homogenen Untergruppen zugeordnet.

4.6 Natürliche Stressoren

In der Durchflussanlage traten bei der Haltung von *Coregonus maraena* weitere natürliche Stressoren auf. So schwankten die Temperatur und der Sauerstoffgehalt stark im Tages- und Jahresverlauf (Abbildung 75) durch die geringe durchschnittliche Tiefe des Boddens (2 m, (Schubert et. al., 2001)). Des Weiteren wies das Wasser eine zeitweise sehr starke Trübung, bedingt durch einen hohen Anteil an Phytoplankton und Schwebstoffen (Luft, 2012), auf. Zusätzlich traten unspezifische Bakterien im Haltungswasser auf, gegenüber denen sich die Ostseeschnäpel empfindlich zeigten. So wurden in den Jahren 2014 und 2015 mehrmals bakteriologische Untersuchungen des Wassers in der KWA und der darin gehaltenen Ostseeschnäpel durch den Tierarzt Dr. Göbel (Rostock) durchgeführt. Hierbei wurden sowohl im Fisch als auch im Haltungswasser Bakterien der Gattungen *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Citrobacter* und die Art *Acinetobacter johnsonii* festgestellt. Die Fische zeigten vor allem Symptome, die einer Furunkulose ähnelten (Abbildung 76). Die hohe Sterblichkeit der Schnäpel stellte daher auch das größte Problem im betrachteten Zeitraum dar. So wies eine Gruppe aus der KWA innerhalb des ersten Mastjahres nach der Vorstreckung (FM: 13,4 g-175,4 g) eine Mortalität von 60 % auf. Großes Augenmerk muss daher in Zuchtbemühungen liegen, da die Wildfischnachkommen unter artifiziellen Produktionsbedingungen Nachteile in der Sterblichkeit und damit Wirtschaftlichkeit aufweisen.

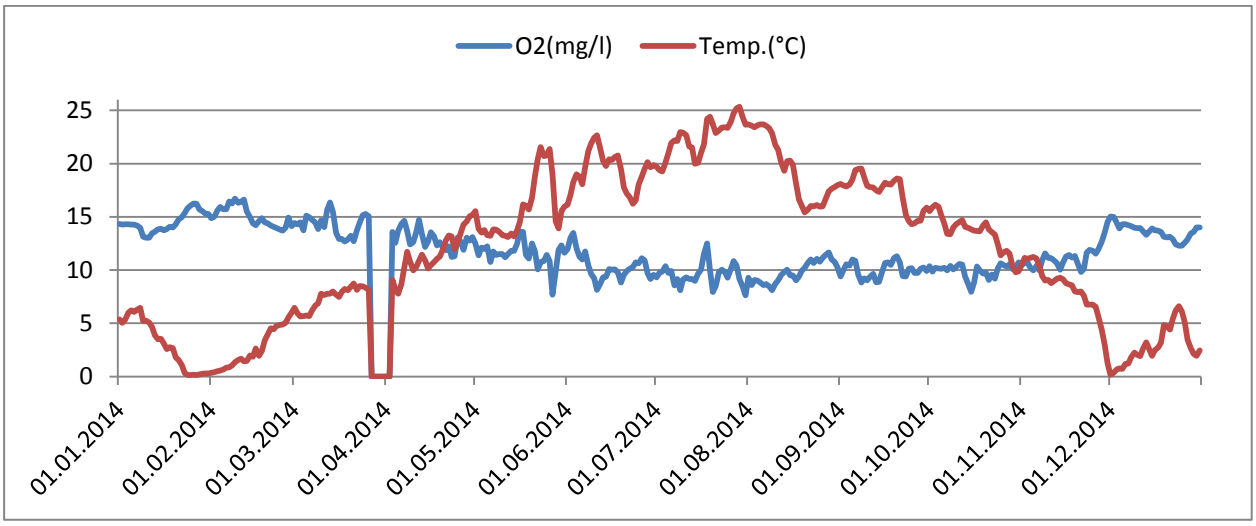


Abbildung 75: Temperatur- und Sauerstoffgehaltkonzentrationsverlauf, wie sie im Jahr 2014 in der Kaltwasserdurchflussanlage in Born auftraten.



Abbildung 76: Natürlich gestorbene Ostseeschnäpel wiesen oft ein solches Symptombild auf. (Foto: K. Bissa)

5 Arbeitspaket II – Schnäpelaufzucht und –mast

Neben der Schnäpelvermehrung, -anfütterung und –vorstreckung sollten im Projektzeitraum auch die Produktionsbedingungen erforscht werden. Hierzu wurden vergleichende Versuche in verschiedenen Anlagen durchgeführt, als auch das Fütterungsregime untersucht.

5.1 Generelle Erfassung der Aufzuchtparameter

5.1.1 Haltungssysteme

Im Frühsommer (Juli) 2013 wurde eine Kohorte Versuchsfische nach Vorstreckung auf ca. 1,5 g in zwei Gruppen aufgeteilt und jeweils in der Warmwasserkreislaufanlage und in der Durchflussanlage am Standort Born gehalten. Die Bedingungen in der Durchflussanlage unterlagen den natürlichen Schwankungen der Umwelt. In der Warmwasserkreislaufanlage wurden die Tiere dagegen relativ konstant bei ca. 18 °C unter gleichbleibenden Bedingungen gehältert. Die Fische wurden beginnend mit 6 % der Körperfrischmasse gefüttert. Die Ration wurde stetig gesenkt. Ab Oktober überstieg die Futterration in der WWA (1,5-0,8 %) die der Durchflussanlage (1,0-0,5-0,2 %). Nach ca. 300 Tagen erreichten die Tiere in der KWA eine mittlere Frischmasse

von 76 g bei einer Länge von 20 cm, wohingegen die mittlere Frischmasse in der WWA bei 290 g mit einer mittleren Totallänge von 29 cm lag (Abbildung 77). Einzelne Tiere erreichten hier sogar Massen von mehr als 400 g.

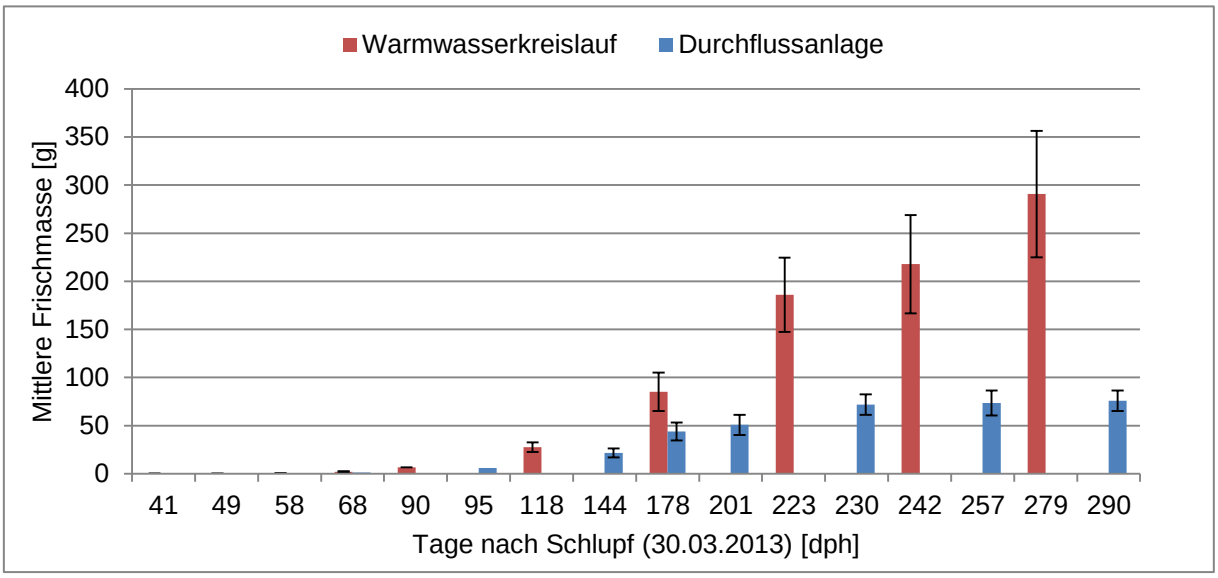


Abbildung 77: Abwachsleistung von Ostseeschnäpeln unter Brackwasserbedingungen im Warmwasserkreislaufsystem und im Durchflusssystem in den Jahren 2013-2014 gemästet.

5.1.2 Einfluss der Futtersorte auf das Wachstum von Ostseeschnäpeln

Für die etablierten Zuchtarten, wie z. B. Forelle, Saibling und Stör, sind diverse Futtermarken am Markt, nicht jedoch für die Coregonenmast. Des Weiteren existieren für die Coregonidenmast keine speziellen Futtertabellen. Um diese Informationen für den Ostseeschnäpel zu ermitteln, wurde im Jahr 2013 der Einfluss verschiedener kommerzieller Forellenfuttermittel auf die Abwachsleistung bei *Coregonus maraena* untersucht. Der Versuch wurde in zwei Aquarienwänden mit jeweils zehn 300 l-Aquarien durchgeführt (Abbildung 78). Diese Systeme waren, wie oben beschrieben, eigenständige Kreislaufsysteme. Es kamen 6 verschiedene Futter der Firma Biomar zum Einsatz, welche sich im Wesentlichen durch den Protein- bzw. Fettanteil unterschieden (Tabelle 16). In zwei Vergleichsgruppen (Futter D und E) wurde der Einfluss der Pelletgröße untersucht. Futter A und F waren zudem als Schwimmfutter konfektioniert, so dass sie nicht absanken.

Tabelle 16: Futtermittel, die in einem vergleichenden Versuch zum Einsatz kamen. Futter A und F waren als Schwimmfutter konfektioniert.

Futter Typ		mm	Proteinanteil (%)	Fettanteil (%)
EFICO Enviro 921	A	3	47	25
EFICO Enviro 920	B	3	46	29
EFICO Alpha 714	C	3	43	14
INICIO 702	D	2	42	22
EFICO Alpha 717	E	3	42	22
EFICO Alpha 756	F	3	40	24



Abbildung 78: Eine der Aquarienwände, mit zehn Aquarien, in der ein Versuch zur optimalen Futtersorte bei Ostseeschnäpeln stattfand. Die hier gezeigte Wand ist identisch mit der zweiten Aquarienwand, die im Versuch zum Einsatz kam. (Foto: P. Luft)

Nach 45 d Versuchsdauer konnten keine klaren Ergebnisse erzielt werden. Die Unterschiede zwischen den Gruppen waren geringer als die Standardabweichungen. Die mittleren Frischmassen am Versuchsende lagen in einem ähnlichen Bereich (Abbildung 79). Gruppe C und F zeigten aber eine in der Tendenz verringerte Wachstumsleistung. Pelletgröße (Gruppe D und E) und die Darreichung als Schwimm- bzw. Sinkfutter zeigten keine Unterschiede.

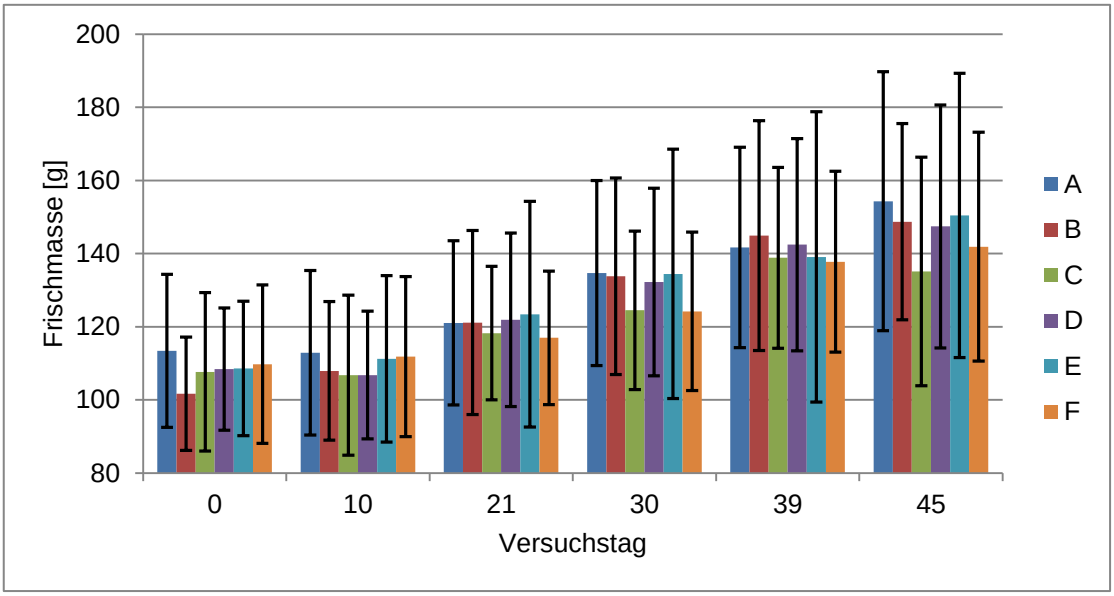


Abbildung 79: Schnäpelwachstum (Frischmasse in g ± SD) aufgewiesen bei einem Versuch zu unterschiedlichen Futtermitteln A-F (vgl. Tabelle 16) über einen Zeitraum von 45 d in einem Warmwasserkreislauf.

Bei der Schlachtkörperanalyse (Abbildung 80) zeigten sich jedoch leichte Unterschiede. Der Masseanteil der Leber von der Frischmasse betrug in Gruppe C 0,67 % und in Gruppe A 0,82 %. Der Anteil des Eingeweidefetts an der Frischmasse war ebenfalls in Gruppe C mit 2,6 % am geringsten und in Gruppe E mit 3,8 % am höchsten. Futter C wies auch den geringsten Anteil Fett am Futter aus.

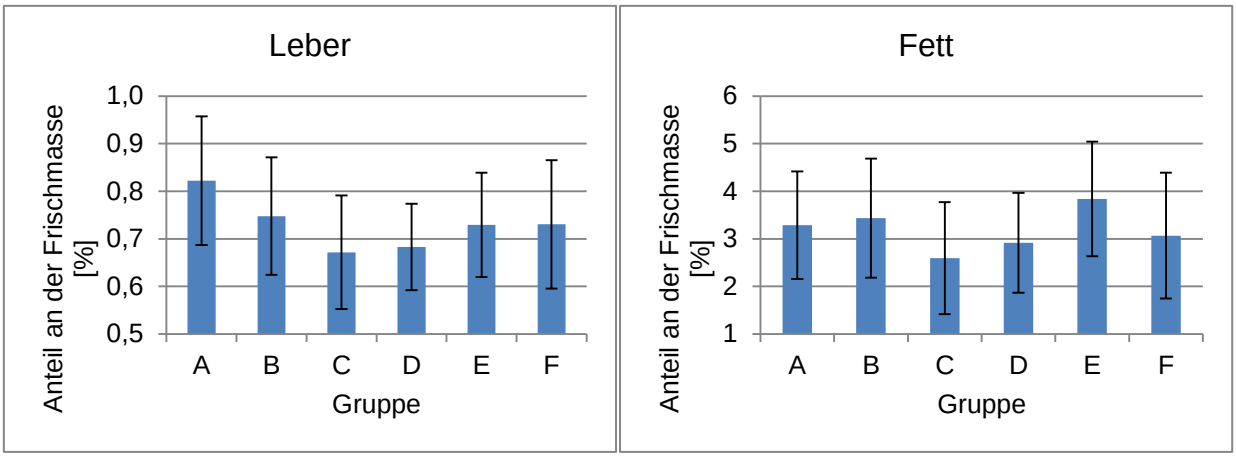


Abbildung 80: Diesen Anteil an der Frischmasse wiesen die Leber bzw. das Eingeweidefett bei von Schnäpeln bei unterschiedlichen Futtermitteln (vgl. Tabelle 16) nach einem Zeitraum von 45 d im Warmwasserkreislauf auf.

Kommerzielles Forellenmastfutter zeigte sich für den Ostseeschnäpel durchaus geeignet. Die Ergebnisse weisen aber darauf, dass auf einen möglichst geringen Fettanteil geachtet werden sollte. Die Wachstumsleistung im Versuch zeigte sich zufriedenstellend.

5.1.3 Fütterungsdauer

In einem weiteren Versuch wurde im Jahr 2013 der Einfluss der Fütterungsdauer und des Fütterungsintervalls untersucht. Hierzu wurden in einem Großmodul am Standort Born (Abbildung 81) drei Versuchsgruppen gebildet. Alle Versuchsgruppen wurden mit ca. 10 $kg*m^{-3}$ besetzt. Gruppe A wurde über 12 h 100 mal gefüttert, Gruppe B wurde in 24 h 30 mal gefüttert und Gruppe C wurde in 24 h ebenfalls 100 mal gefüttert. Alle Gruppen bekamen die gleiche Futtermenge. Gruppe A und C wurden im Triplikat besetzt, aus logistischen Gründen konnte Gruppe B nur in einem Ansatz durchgeführt werden. Die mittlere Anfangsmasse betrug zwischen 39 g und 50 g.



Abbildung 81: Großmodul ausgestattet mit zehn 3 m^3-Becken am Standort Born. Das System ist eine Kreislaufanlage mit Feststoffseparation, Biofilter und UV-Desinfektion. (Foto: P. Luft)

Die abiotischen Wasserparameter (Sauerstoffgehalt, pH, Temperatur) wurden zweistündlich mit einem SC 1000-Messgerät (Hach) geloggt. Die Sauerstoffkonzentration wurde am Beckenauslauf gemessen und dann über die Versuchsbecken und Tage gemittelt. Der pH-Wert wurde am zentralen Zulauf zu den Becken gemessen und über den Tag gemittelt. Die Temperatur wurde im Pufferspeicher des Systems aufgenommen und über den Tag gemittelt. Gelöste Nährstoffe (Ammonium, Nitrit, Nitrat) wurden dreimal wöchentlich mit Küvettentests (Hach) und einem Fotometer (Hach DR 3900) gemessen.

Der Sauerstoffgehalt im Auslaufwasser der Versuchsbecken war am 05.10.13 mit 8,07 mg/l minimal. Der pH-Wert lag meist über 8 mit einem Minimum von 7,6 am 03.10.13 und einem Maximum von 8,3 am 16.09.13 (Abbildung 82). Die Temperatur sank im Versuchsverlauf von 20 °C auf 19 °C ab. Am 02.10.13 gab es einen Tiefstwert von 17,5 °C, der jedoch umgehend wieder auf einen Wert von 19 °C reguliert wurde (Abbildung 83).

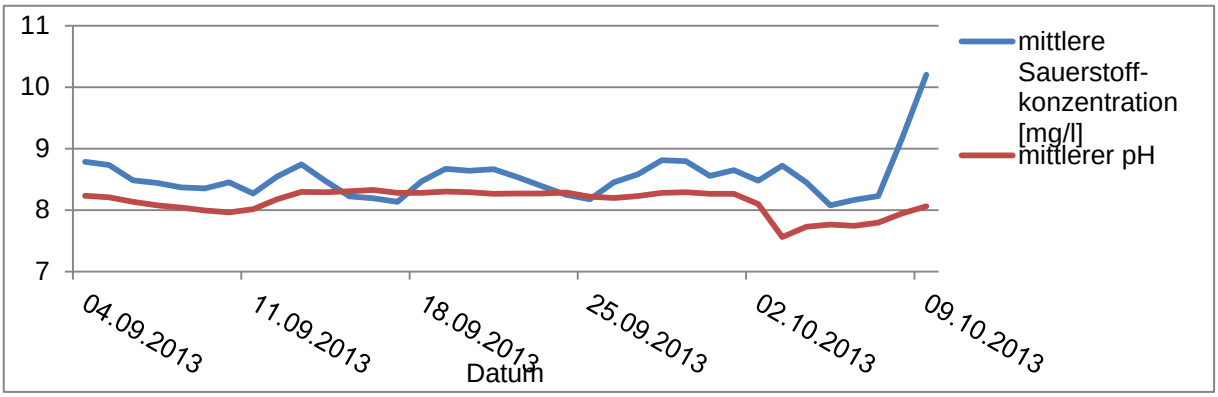


Abbildung 82: Mittlere Sauerstoffkonzentration [mg/l] und pH-Wert während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013.

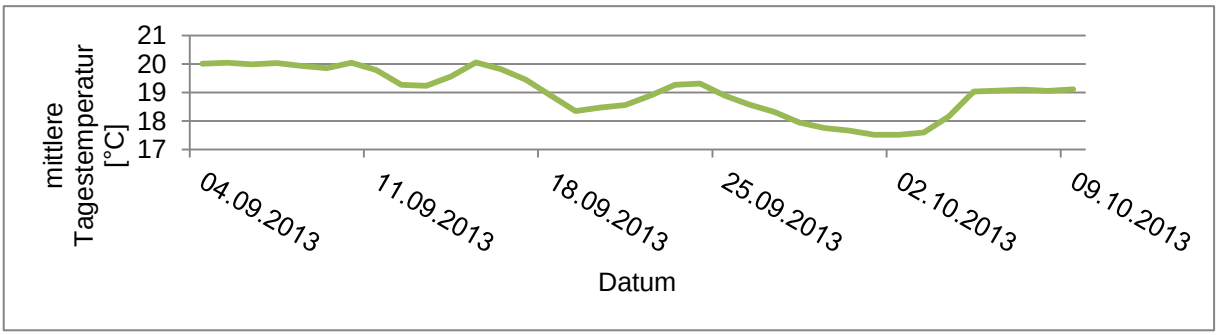


Abbildung 83: Mittlere Tagestemperatur [°C] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013.

Die Ammoniumkonzentration betrug am 02.10.13 0,372 mg/l und lag sonst unter 0,32 mg/l. Die Nitritkonzentration war stets niedriger als 0,334 mg/l (Abbildung 84). Der Nitratwert überstieg nie die Grenze von 67,5 mg/l (Abbildung 85).

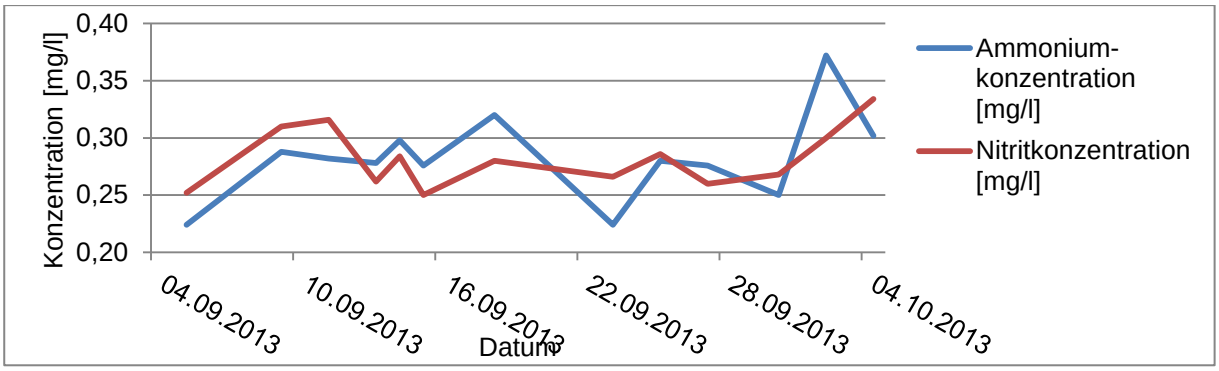


Abbildung 84: Ammonium- und Nitritkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013.

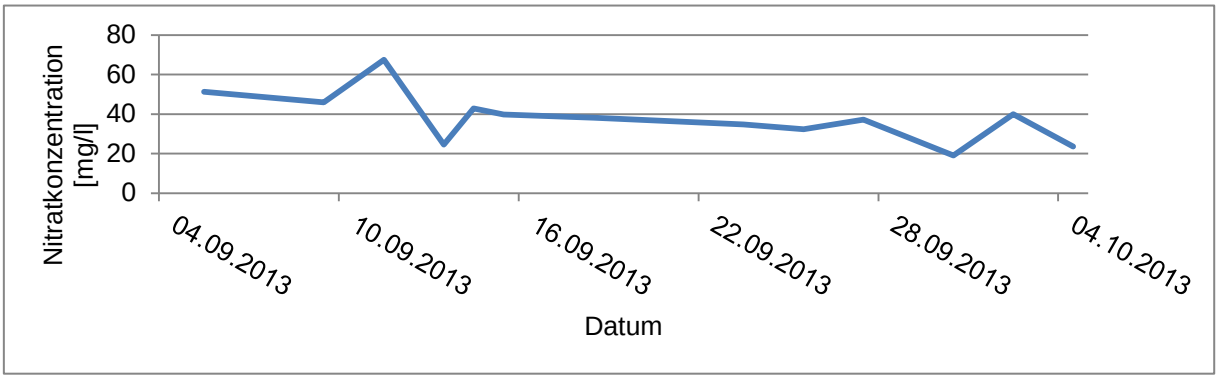


Abbildung 85: Nitratkonzentration [mg/l] während eines Versuchs zum Einfluss der Fütterungsdauer auf das Wachstum beim Schnäpel im Jahr 2013.

Der Wachstumsverlauf der Versuchsgruppen zeigte Auffälligkeiten. Lediglich bei einer Fütterung von 100-mal pro 24 h zeigte eine Untergruppe ein etwas reduziertes Wachstum im Vergleich zu den anderen Untergruppen (Abbildung 87).

Im Versuch zeigte sich kein signifikanter Unterschied bei der Fütterungsdauer oder dem Fütterungsintervall (Abbildung 86). Hieraus lässt sich schließen, dass es beim Ostseeschnäpel viel mehr auf die Menge des Futters ankommt als auf den Fütterungsintervall oder die Fütterungsdauer.

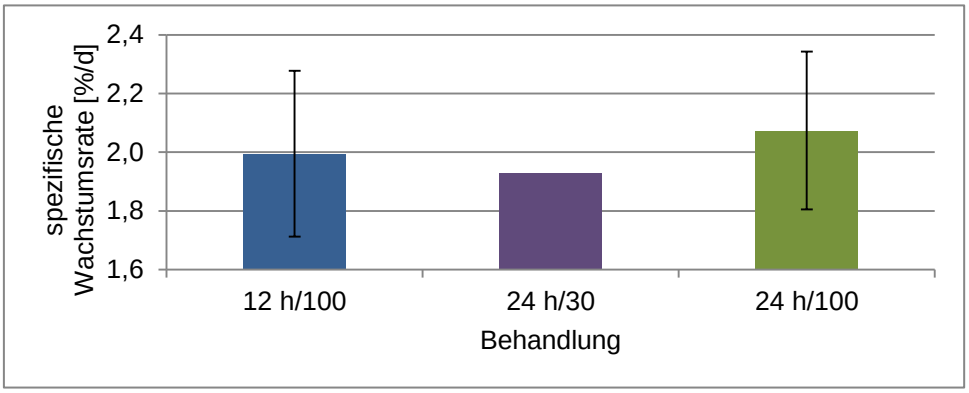


Abbildung 86: Spezifische Wachstumsrate in %/d (± SD), die die einzelnen Gruppen nach 30 d aufwiesen.

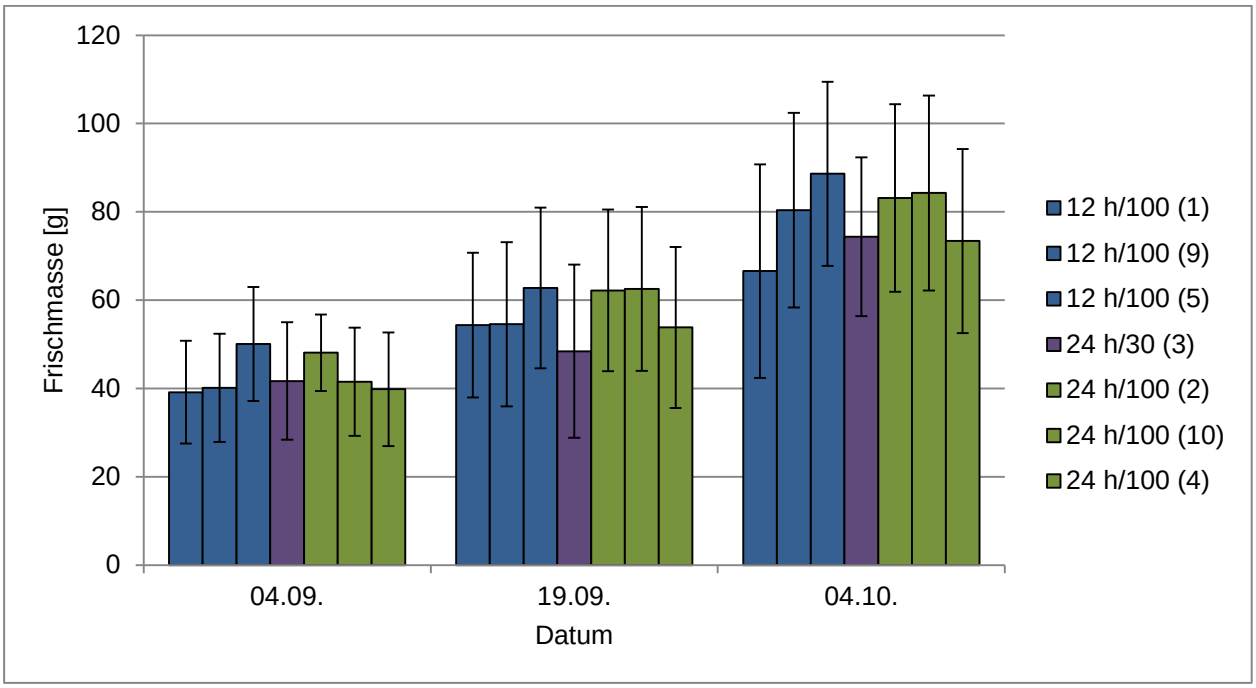


Abbildung 87: Wachstumsverlauf der einzelnen Untergruppen, den Ostseeschnäpel in einem Fütterungsversuch aufwiesen. Angegeben sind Frischmasse in g (± SD), Fütterungsdauer in h und Anzahl der Fütterungen.

5.1.4 Phänotypanalyse

Ein Ziel des Projektes war es, eine Phänotypdatenbank mit statistischer Auswertung nach (Lahnsteiner et. al., 2003) und (Jäger P., 2009) aufzubauen. Der Vergleich von Zuchtfischen mit Wildfischen konnte nicht durchgeführt werden, da die F1-Generation erst zum Projektende vorlag. Es wurden aber zahlreiche Wildfische untersucht. Hier wurden im Folgenden die Männchen und die Weibchen der Population miteinander verglichen. Dieser Vergleich zeigte keine äußeren Unterschiede zwischen den Gruppen auf. Lediglich während der Laichzeit wiesen die Weibchen eine etwas größere Körperhöhe und einen etwas größeren Abstand zwischen Bauch- und Afterflosse auf. Dies ist wahrscheinlich mit der größeren Gonadenmasse bei den Weibchen zu begründen.

6 Fazit

Im Projekt konnte gezeigt werden, dass eine Mast mit sehr gutem Ergebnis möglich war. Das Wachstum der Schnäpel war mit Teichwirtschaften und Kaltwasserdurchflussanlagen vergleichbar (Arndt und Jansen, 2008), in der Endphase der Mast sogar besser (Arndt und Jansen, 2010). Bereits 240 dph konnten wurde in der Kreislaufanlage ein vermarktbares Produkt erzeugt (ca. 200 g). Einige Vorwüchser wiesen nach 300 d sogar bis zu 400 g auf. Diese Ergebnisse waren durch konstant gute Wachstumsbedingungen durch einen geschlossenen Kreislauf bedingt, der auch im Winter eine volle Mast ermöglichte. In der Durchflussanlage wiesen die Tiere hingegen nur 76 g nach 300 d auf, so dass hier zur Mast zwei Sommer wie in der Teichwirtschaft benötigt werden.
Während der Haltung zeigte sich jedoch auch, dass die Wildtiernachkommen noch einer gewissen Anpassung benötigen. So waren sie empfindlich gegen die in der Darß-Zingster-Boddenkette rezenten Bakteriengattungen *Aeromonas* und *Pseudomonas*. Dies äußerte sich in einer relativ hohen Mortalität, was aber vergleichbar ist mit den Erfahrungen aus der Teichwirtschaft (Arndt *et. al.*, 2012).
Um hier zu einer Anpassung zu kommen, ist es essentiell, dass ein domestizierter Bestand aufgebaut wird. Erster Schritt zum Bestandsaufbau ist die vollständige Hälterung vom befruchteten Ei bis zum adulten Fisch. Die erfolgreiche Erbrütung, Anzucht, Vorstreckung und Mast ist im vorliegenden Pilotprojekt gelungen. Ein weiterer Schritt ist die erfolgreiche Vermehrung von Schnäpeln, die unter natürlichen Umweltbedingungen (z. B. in einer Durchflussanlage) gehalten werden. Auch dies ist im vorliegenden Projekt erfolgreich umgesetzt worden.
Um Schnäpel in einer intensiven Aquakultur zu produzieren, ist es mittelfristig notwendig, Besatz zu mehreren Zeitpunkten im Jahr zur Verfügung zu stellen. Aufbauend auf diesem mehrmaligen Besatz pro Jahr können Kreislaufanlagenbetreiber dann intensive Produktionszyklen realisieren. So ist es mit den im Pilotprojekt erprobten Methoden möglich, drei Kohorten von Jungschnäpeln zu erzeugen, die von natürlich ablaichenden Fischen abstammen. Durch den Einsatz unterschiedlicher Erbrütungstemperaturen können Schlupfzeitpunkte in drei aufeinanderfolgenden Monaten (Januar, Februar, März) verwirklicht werden. Der Einsatz eines Klimaraums, macht es möglich einen weiteren Laichfischbestand in einen künstlichen Jahreslauf zu versetzen. Auf diese Weise laichen die Fische im Mai/Juni ab. Die Erbrütung bei unterschiedlichen Temperaturen ermöglicht eine Kohortenbildung, so dass ein Schlupf jeweils im Juli, August und September stattfindet (Tabelle 17). Der Einsatz weiterer Klimaräume oder verschiedene Fütterungsschemen könnten hier zukünftig die noch vorhandenen Lücken schließen. Auf diese Weise könnten bei Bedarf in jedem Monat Besatzschnäpel für eine Produktion geliefert werden.

Tabelle 17: Mögliches Produktionsschema für Besatzschnäpel. Grüne Felder: Vermehrung und Vorstreckung von natürlich ablaichenden Ostseeschnäpeln (aus Haltung oder Wildfang), lila Felder: Vermehrung und Vortstrckung von Ostseeschnäpeln in einem Klimaraum zur Verlegung des Jahreslaufs (Off-Season).

Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember
				Künstliche Laichzeit						Natürliche Laichzeit	
Erbrütung 10 °C	Erbrütung 6 °C	Erbrütung 4 °C				Erbrütung 10 °C	Erbrütung 6 °C	Erbrütung 4 °C			
			Besatz mit 5 g-Schnäpeln (10 °C)	Besatz mit 5 g-Schnäpeln (6 °C)	Besatz mit 5 g-Schnäpeln (4 °C)				Besatz mit 5 g-Schnäpeln (10 °C)	Besatz mit 5 g-Schnäpeln (6 °C)	Besatz mit 5 g-Schnäpeln (4 °C)

7 Überleitung

Die Überleitung der im Rahmen dieses Forschungsthemas gewonnenen Ergebnisse erfolgte in Form nachfolgender Publikationen und Vorträge:

Veröffentlichungen

Vorträge:

Bochert, R. (2014): Stand und Entwicklung der Schnäpelaquakultur in Mecklenburg-Vorpommern, Fischereitag M-V, Güstrow 24. Februar 2014

Horn, T.B. (2014): Entwicklung einer robusten Nutzfischart – erste Erkenntnisse zur Haltung und Zucht des Ostseeschnäpels (*Coregonus maraena* (Bloch, 1779)) am Standort Born, Fischereiforschung und Praxis – Informationsveranstaltung des Instituts für Fischerei der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV, Rostock 08.-09. Oktober 2014

Luft, P., Moog, N., Bochert, R., Horn, T. (2015): Die Aquakultur des Ostseeschnäpels, Coregonus *maraena*, in Durchfluss- und Kreislaufanlagen in den Jahren 2013-2015, Vortragsveranstaltung zum Abschluss von Projekten des Instituts für Fischerei, Rostock 29.09.2015

Poster:

Horn, T.B, Luft, P., Bochert, R., Kühn, C. (2014): Breeding & Husbandry of Maraena Whitefish (*Coregonus maraena* (Bloch, 1779)) in Mecklenburg-Western Pomerania, Germany; 12th International Symposium on the Biology and Management of Coregonid Fishes, Listvyanka & Irkutsk (Russland) 25.-30. August 2014.

Luft, P., Horn, T., Bochert, R., Kühn, C. (2015): Influence of breeding temperature on the larval development of Maraena Whitefish *Coregonus maraena* (Bloch, 1779); Aquaculture America 2015, New Orleans (USA) 19.-22. Februar 2015

Masterarbeit:

Luft, P. (2014): Einfluss der Erbrütungstemperatur auf Schlupfrate, Mortalität und Wachstum beim Schnäpel (*Coregonus maraena*) unter Aquakulturbedingungen; Institut für Fischerei & Universität Rostock.

Artikel:

Bochert, R. (2014): Neue Ergebnisse zur Aufzucht von Ostseeschnäpeln (*Coregonus maraena*) (Bloch, 1779) unter Brackwasserbedingungen. Fischerei & Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern Heft 1/2014, S.18-21.

Quellen

Arndt, G.-M. (2015): Weiterentwicklung der Ostseeschnäpelaquakultur (*Coregonus maraena*) in Mecklenburg-Vorpommern - *Aufzucht in Netzgehegen und Teichen*, Vortragsveranstaltung zum Abschluss von Projekten des Instituts für Fischerei gefördert aus dem EFF und Landesmitteln MV, Rostock 23.09.2015

Arndt, G.-M. und Jansen, W. (2008): Erste Ergebnisse zur Aufzucht von Ostseeschnäpeln (*Coregonus lavaretus*) in einer Teichwirtschaft in Mecklenburg-Vorpommern, Fisch und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern e. V. Jahresheft: 5-13

Arndt, G.-M. und Jansen, W. (2010): Aquakultur von Ostseeschnäpeln (*Coregonus lavaretus balticus*) in der Teichwirtschaft Frauenmark in Mecklenburg-Vorpommern, Fisch und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern e. V. Jahresheft: 9-18

Arndt, G.-M., Jennerich, H.-J., und Jansen, W. (2012): Aufbau und Entwicklung einer Ostseeschnäpelaquakultur (Coregonus lavaretus balticus) in Mecklenburg-Vorpommern in den Jahren 2009-2012, Rostock

BLE (2013): Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2012 - Bericht über die Anlandungen von Fischereierzeugnissen im Gebiet der Bundesrepublik Deutschland durch deutsche und ausländische Fischereifahrzeuge, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Hamburg

BLE (2015): Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2014 - Bericht über die Anlandungen von Fischereierzeugnissen durch deutsche und ausländische Fischereifahrzeuge, Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung, Hamburg

Jäger P. (2009): Morphometrische Vermessung von Fischen zur Ermittlung des Phaenotyps, Downloads Gewässerschutz: 1-5, Land Salzburg, Österreich

Kottelat, M. und Freyhof, J. (2007): Handbook of European freshwater fishes - Family Coregonidae - Whitefishes, vendaces, ciscoes: 349-394, Maurice Kottelat and Jörg Freyhof, Delémont

Lahnsteiner, F., Jagsch, A., und Jäger Paul (2003): Unterschiede im Phänotyp von Bachforellen und Seeforellen aus rezenten Wildpopulationen, aus Wildpopulationen des 19. Jahrhunderts und aus Zuchten, Österreichs Fischerei: 298-306

LMS (2010): Marktpotential von Ostseeschnäpeln (*Coregonus lavaretus* L.) in Mecklenburg-Vorpommern, LMS - Landwirtschaftsberatung M-V/S-H GmbH, Neubrandenburg/Schwerin

Luft, P. (2012): Attenuation und spektrales Unterwasserlichtklima im Gradienten der Darß-Zingster Boddenkette, Universität Rostock, Rostock

Luft, P. (2014): Einfluss der Erbrütungstemperatur auf Schlupfrate, Mortalität und Wachstum beim Schnäpel (*Coregonus maraena*) unter Aquakulturbedingungen, Universität Rostock und Institut für Fischerei der LFA MV

Schmidt, G., Arndt, G.-M., Manthey-Karl, M., und Karl, H. (2014): Aufzucht und Produktqualität von Ostseeschnäpeln (*Coregonus maraena*) in verschiedenen Aquakultursystemen, Fischerei & Fischmarkt in Mecklenburg-Vorpommern 2/2014: 32-40

Schubert, H., Sagert, S., und Forster, R. (2001): Evaluation of the different levels of variability in the underwater light field of a shallow estuary, Helgoland Marine Research 1: 12-22

Schulz, N. (2000): Das Wiedereinbürgerungs- und Besatzprogramm des Ostseeschnäpels *Coregonus lavaretus balticus* (Thienemann) in der vorpommerschen Boddenlandschaft, Rückblick und Ausblick, Fisch und Umwelt Mecklenburg-Vorpommern e. V. Jahresheft: 44-53

Steffens, W. (1979): Industriemäßige Fischproduktion - Industriemäßige Forellenproduktion 5: 96-134, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin

Stoss, J. und Refstie, T. (1983): Short-term storage and cryopreservation of milt from Atlantic salmon and sea trout, Aquaculture 1-4: 229-236