



LfL

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft

Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils zweier Herkünfte des Seesaiblings und des Bachsaiblings sowie ihrer Kreuzungen



19

2006

Schriftenreihe

ISSN 1611-4159

Impressum:

Herausgeber: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL)
Vöttinger Straße 38, 85354 Freising-Weihenstephan
Internet: <http://www.LfL.bayern.de>

Redaktion: Institut für Fischerei
Weilheimer Str. 8, 82319 Starnberg
E-Mail: Fischerei@LfL.bayern.de

Datum: September / 2006

Druck: lerchl-druck, 85354 Freising

© LfL

Die elektronische Version dieser Dissertation wird downloadbar von der LfL unter Publikationen angeboten und ist auch im Netz der Universitätsbibliothek der Technischen Universität München veröffentlicht und unter der Internetadresse <http://mediatum.ub.tum.de> zugänglich.



**Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils
zweier Herkünfte des Seesaiblings (*Salvelinus
alpinus*) und des Bachsaiblings(*Salvelinus
fontinalis*) sowie ihrer Kreuzungen**

Wissenschaftliche Untersuchungen an der
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Fischerei, Starnberg

REINHARD H. REITER

TECHNISCHE UNIVERSITÄT MÜNCHEN

Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt

Department für Tierwissenschaften

Bereich Tierernährung

Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils zweier Herkünfte des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus*) und des Bachsaiblings (*Salvelinus fontinalis*) sowie ihrer Kreuzungen

Wissenschaftliche Untersuchungen an der
Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft,
Institut für Fischerei Starnberg

REINHARD H. REITER

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt der Technischen Universität München zur Erlangung des akademischen Grades eines

**Doktors der Agrarwissenschaften
(Dr. agr.)**

genehmigten Dissertation.

Vorsitzender:

Univ.-Prof. Dr. Johann Bauer

Prüfer der Dissertation:

1. apl. Prof. Dr. F. J. Schwarz

2. Univ.-Prof. Dr. L. Dempfle

Die Dissertation wurde am 11.05.2006 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die Fakultät Wissenschaftszentrum Weihenstephan für Ernährung, Landnutzung und Umwelt am 19.07.2006 angenommen.

Meiner Familie, Birgit, Sebastian, Lukas und Jonas.

DANK

möchte ich all denen sagen, die zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben:

- ❖ **Prof. Dr. H. Stein** (gestorben am 24. August 2002) für die Überlassung der Arbeit. **Prof. Dr. F. J. Schwarz** und **Prof. Dr. L. Dempfle** für die Betreuung und Prüfung der Dissertation.
- ❖ Dem Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft für die Bereitstellung von Fischen, Haltungseinrichtungen und Personal zur Durchführung der Versuche. Dem langjährigen und dem neuen Leiter des Instituts, **Dr. M. v. Lukowicz** und **Dr. H. Wedekind**, für die Unterstützung und fachliche Beratung.
- ❖ Den Mitarbeitern im Arbeitsbereich Forellenteichwirtschaft des Instituts, Fischwirtschaftsmeister **FWM W. Strohmeier** und **FWM A. Streicher** sowie alle am Versuch beteiligten Auszubildenden im Beruf Fischwirt, für die fachgerechte Durchführung der notwendigen fischereilichen Tätigkeiten. Frau **S. Schmaderer** für das Einscannen und Bearbeiten der Bilder.
- ❖ Der Lehranstalt für Fischerei Aufseß des Bezirks Oberfranken mit den Herren **Dr. R. Klupp** und **FWM M. Popp**, dem fischereilichen Lehr- und Beispielsbetrieb Lindbergmühle des Bezirks Niederbayern mit **Dr. A. Harsanyi** und **FWM P. Aschenbrenner** sowie der Fischereigenossenschaft Würmsee mit **Fischermeister S. Huber** vom Starnberger See für die Bereitstellung bzw. den Fang der Elterntiere.
- ❖ Der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen AQU der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft in Grub mit dem Laborleiter **Dr. M. Schuster** und seinen Mitarbeiterinnen **C. Reinhardt** und **S. Oppelt** für die Nährstoffanalysen an den Saiblingen und Forellen.
- ❖ **Dr. G. Krauße** und **Dr. J. G. Marx** vom Institut für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) für die Schulung der Mitglieder im Sensorikpanel und für die Teilnahme an den sensorischen Tests zusammen mit **Dr. H. Bayrle**, **G. Buchner**, **L. Koch**, **Dr. M. Oberle**, **J. Schimmer**, **A. Streicher**, **H. Tunisch** und **J. Veit**.

- ❖ Dem Fischgesundheitsdienst in Grub mit **Dr. C. Baath** und dem Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit auf der Insel Riems mit **Dr. S. Bergmann** für die Durchführung und analytische Auswertung der Infektionsversuche.

- ❖ **Dr. R. Gross** vom Institute of Animal Science der Estonian Agricultural University in Tartu und **Dr. R. Kühn** sowie **B. Gum** vom Fachgebiet für Wildbiologie und Wildtiermanagement am Wissenschaftszentrum Weihenstephan der TU München in Freising für die genetischen Analysen. Dem Landesfischereiverband Bayern e. V. und dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten, die diesen Untersuchungsteil je zur Hälfte finanziert haben.

*„... In dieser Nacht fingen sie (die Jünger) nichts. ... Er (Jesus) aber sagte zu ihnen: Werft das Netz auf der rechten Seite des Bootes aus, und ihr werdet etwas fangen. Sie warfen das Netz aus und konnten es nicht wieder einholen, so voller Fische war es.“
(Neues Testament, JOHANNES 21, 1 - 14)*

Das Netz auf der anderen Seite auswerfen, andere Ufer betreten, als Pionier neue Ideen umsetzen ... oder neue Fischarten erzeugen, Nischen besetzen und sich von Standardprodukten abheben – das kann durchaus auch in der Fischproduktion lohnend sein. Die Aufzucht von Saiblingen ist eine interessante Alternative zur Regenbogenforelle. Saiblinge gelten zudem als die schönsten Fische. Gott schuf den Saibling aus dem Licht der Mitternachtssonne, behaupten die Indianer der Arktis. Auch in der Küche sind Saiblinge das Beste, was man unter den Süßwasserfischen findet (SCHMIDT-LUCHS 1997).

Genügend Anreize, um sich mit diesen Fischen zu beschäftigen und die Durchführbarkeit sowie Wirtschaftlichkeit einer Produktion von Saiblingen und Saiblingskreuzungen zu überprüfen.

INHALTSVERZEICHNIS:

1	EINLEITUNG	1
2	LITERATURÜBERSICHT	5
2.1	Formenkreis Saibling	5
2.2	Genanalyse bei Fischen	10
2.3	Hybridzucht von Salmoniden	12
2.4	Vermehrung von Saiblingen	18
2.5	Haltung von Saiblingen	21
2.6	Fütterung von Saiblingen	24
2.7	Fleischqualität bei Fischen	28
2.8	Fischgesundheit	36
3	MATERIAL UND METHODEN	39
3.1	Versuchsplanung und Untersuchungsparameter	39
3.2	Genetische Analyse der Laichfische und deren Nachkommen	42
3.2.1	Herkunft der Laichfische	42
3.2.2	Genetische Analyse der Laichfische	43
3.2.2.1	Prüfung auf Reinerbigkeit der Elterntiere und deren Nachkommen	45
3.2.2.2	Prüfung der genetischen Variabilität innerhalb der Herkünfte und des Verwandtschaftsgrades zwischen den Herkünften	46
3.2.3	Genetische Analyse der Nachkommen	47
3.3	Vermehrung der Saiblinge	49
3.3.1	Behandlung der Laichfische beim Streifen	49
3.3.2	Behandlung der Fischeier	50
3.3.3	Erbrütungseinrichtungen	54
3.3.3.1	Brutschrank	54
3.3.3.2	Brutrinne	54
3.4	Aufzucht der Saiblinge	55
3.4.1	Behandlung der Fischlarven	55
3.4.2	Vorstreckperiode	56

3.4.3	Setzlingsperiode	57
3.4.4	Aufzucht zum Speisefisch	58
3.4.5	Aufzuchteinrichtungen	60
3.4.5.1	Rundstrombecken im Bruthaus	60
3.4.5.2	Rundstrombecken im Freiland	61
3.5	Fütterung der Saiblinge	62
3.5.1	Fütterungstechnik	62
3.5.2	Zuwachs, Futtermittelverwertung, Spezifische Wachstumsrate	65
3.6	Schlachtkörper- und Fleischqualität	66
3.6.1	Messungen am Schlachtkörper	67
3.6.2	Ausschlachtung	68
3.6.3	Messung des pH-Wert-Verlaufs	69
3.6.4	Messung der Fleischfarbe	70
3.6.5	Messung der Fleischfestigkeit	72
3.6.6	Nährstoffanalyse	73
3.6.6.1	Probenvorbereitung	74
3.6.6.2	Bestimmung von Wasser- und Aschegehalten	74
3.6.6.3	Bestimmung des Rohproteingehalts	75
3.6.6.4	Bestimmung des Gesamtfettgehalts	75
3.6.7	Sensorik	77
3.6.7.1	Haltung und Auswahl der Versuchsfische für die sensorische Prüfung	77
3.6.7.2	Messung der Schlachtkörper- und Fleischqualität und Vorbereitung der sensorischen Prüfung	78
3.6.7.3	Durchführung der sensorischen Prüfung	79
3.7	Fischkrankheiten	82
3.7.1	Untersuchungen zur Infektion mit der Infektiösen Hämato-poetischen Nekrose der Salmoniden (IHN)	84
3.7.2	Untersuchungen zur Infektion mit der Viralen Hämorrhagischen Septikämie der Salmoniden (VHS)	86
3.7.3	Untersuchungen zur Erkrankung an Furunkulose (Erreger <i>Aeromonas salmonicida</i> s. s.)	89
3.8	Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse	89
4	ERGEBNISSE	93
4.1	Genetische Merkmale der Elterntiere und deren Nachkommen	94
4.1.1	Prüfung auf Reinerbigkeit der Elterntiere	94

4.1.2	Prüfung der genetischen Variabilität innerhalb der Herkünfte und des Verwandtschaftsgrades zwischen den Herkünften	99
4.1.3	Prüfung der genetischen Merkmale der Nachkommen	102
4.1.4	Prüfung auf maternale Effekte bei den Nachkommen	103
4.2	Vermehrung der Saiblinge	104
4.2.1	Äußere Merkmale der Elterntiere	104
4.2.2	Merkmale der Eier	108
4.3	Erbrütungs- und Aufzuchtergebnisse	110
4.3.1	Ei- und Larvenentwicklung	110
4.3.2	Schlupfrate	111
4.3.3	Anomalien	112
4.3.4	Überlebensrate	115
4.4	Zuwachs und Futtermittelverwertung	118
4.4.1	Zuwachs	118
4.4.2	Spezifische Wachstumsrate	126
4.4.3	Futtermittelverwertung	128
4.5	Schlachtkörper- und Fleischqualität	130
4.5.1	Schlachtkörpermaße	130
4.5.2	Ausschlachtungsergebnisse	133
4.5.3	Fleischfarbe	137
4.5.4	pH-Wert-Verlauf	140
4.5.5	Fleischfestigkeit	141
4.5.6	Nährstoffanalyse	141
4.5.7	Sensorische Merkmale	145
4.6	Fischkrankheiten	147
4.6.1	Infektion mit der Infektiösen Hämato-poetischen Nekrose der Salmoniden (IHN)	147
4.6.2	Infektion mit der Viralen Hämorrhagischen Septikämie der Salmoniden (VHS)	148
4.6.3	Erkrankung an Furunkulose (Erreger <i>Aeromonas salmonicida</i> s. s.)	150
5	DISKUSSION	153
5.1	Genanalyse	153

Inhaltsverzeichnis

5.2	Vermehrung	155
5.3	Haltung, Zuwachs	157
5.4	Fleischqualität	162
5.5	Fischgesundheit	167
6	SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS	169
7	ZUSAMMENFASSUNG	175
8	SUMMARY	177
9	LITERATURVERZEICHNIS	179
10	ANHANG	A-1

VERZEICHNIS DER TABELLEN:

Tabelle 1:	Durchschnittliche Marktpreise für Saiblinge in Bayern im Jahr 2005	3
Tabelle 2:	Fischarten und -herkünfte für die Genanalyse	44
Tabelle 3:	Behandlung der Saiblingseier gegen Saprolegnien während der Erbrütung	53
Tabelle 4:	Wassertemperatur in der Brutrinne	55
Tabelle 5:	Verabreichte Futterart und -größe in Abhängigkeit von der Fischgröße	63
Tabelle 6:	Fütterungsintensität in Abhängigkeit von der Fischgröße	65
Tabelle 7:	Probenplan für die sensorische Prüfung der Fische	80
Tabelle 8:	Fischantnahmen für Infektionsversuche	82
Tabelle 9:	Schema zur Markierung der zwölf Kreuzungsvarianten mit vier Farben an zwei Applikationsstellen (beispielhaft)	83
Tabelle 10:	Beispielstabelle	93
Tabelle 11:	Genotypen aller in der Kreuzungszucht eingesetzten Laichfische	96
Tabelle 12:	Genetischer Status aller in der Kreuzungszucht eingesetzten Laichfische	99
Tabelle 13:	Durchschnittliche Variabilität der Fischherkünfte, gemessen über sechs Mikrosatelliten-Loci	100
Tabelle 14:	Matrix der F_{ST} -Werte zwischen den verschiedenen Saiblingsherkünften	101
Tabelle 15:	Assignment-Test zur Messung der Genauigkeit der Zuordnung von Individuen zur eigenen Population	101
Tabelle 16:	Genetischer Status der Nachkommen aus Durchgang II	103
Tabelle 17:	Morphometrische Daten der zur Vermehrung eingesetzten Laichfische	108
Tabelle 18:	Fruchtbarkeit der Saiblingsrogner und Merkmale der Saiblingseier	109
Tabelle 19:	Entwicklungsdauer von der Besamung der Eier bis zum Schlupf der Larven	110
Tabelle 20:	Schlupfrate	111
Tabelle 21:	Heterosiseffekte im Merkmal Schlupfrate	112
Tabelle 22:	Anteil der Fischlarven mit Missbildungen bzw. Krankheiten	114
Tabelle 23:	Heterosiseffekte in den Merkmalen Missbildungsrate bzw. Krankheitsrate	114
Tabelle 24:	Überlebensrate bei der Aufzucht der Saiblinge	115
Tabelle 25:	Heterosiseffekte im Merkmal Überlebensrate über die gesamte Aufzuchtdauer	116

Inhaltsverzeichnis

Tabelle 26: Aufzucht-dauer und Spezifische Wachstumsrate	127
Tabelle 27: Heterosiseffekte im Merkmal Spezifische Wachstumsrate über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht	127
Tabelle 28: Futtermittelnutzung	129
Tabelle 29: Heterosiseffekte im Merkmal Futtermittelnutzung über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht	129
Tabelle 30: Schlachtkörpermaße	132
Tabelle 31: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Schlachtkörpermaße	133
Tabelle 32: Schlachtkörperanteile	136
Tabelle 33: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Schlachtkörperanteile	136
Tabelle 34: Anteil an geschlechtsreifen Saiblingen zum Zeitpunkt der Schlachtung	137
Tabelle 35: Fleischfarbe	138
Tabelle 36: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Fleischfarbe	139
Tabelle 37: pH-Wert-Verlauf	140
Tabelle 38: Zusammensetzung der Filets	142
Tabelle 39: Zusammensetzung der Innereien	142
Tabelle 40: Zusammensetzung der Restkörper	143
Tabelle 41: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Nährstoffzusammensetzung der Filets	144
Tabelle 42: Sensorische Merkmale der Filets von Saiblingen, Regenbogenforellen und Bachforellen im gedämpften Zustand	146
Tabelle 43: Virologischer Nachweis von Infektiöser Hämato-poetischer Nekrose der Salmoniden (IHN) und Viraler Hämorrhagischer Septikämie der Salmoniden (VHS) sowie Bakteriologischer Nachweis von Furunkulose	151

VERZEICHNIS DER ÜBERSICHTEN:

Übersicht 1: Kreuzungsschema	39
Übersicht 2: Planung der Versuchsdurchführung	41
Übersicht 3: Ablauf der Untersuchung auf genetische Prägung („genomic imprinting“) am IGF-2-Gen von Seesaibling, Bachsaibling und Elsässer Saibling	48
Übersicht 4: Formeln zur Berechnung der täglichen Futtermenge	64
Übersicht 5: Formeln zur Berechnung der Futtermverwertung FQ und der Spezifischen Wachstumsrate SGR	66
Übersicht 6: Schematische Darstellung der durchgeführten Messungen und Qualitätsuntersuchungen am Schlachtkörper	67
Übersicht 7: Formeln zur Berechnung der Schlachtkörperanteile in %	69
Übersicht 8: Bewertungsbogen für die Sensorische Prüfung	81
Übersicht 9: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Eientwicklungsdauer, Schlupfrate, Anomalien, Überlebensrate in der Dottersackphase sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Setzlingsaufzucht	90
Übersicht 10: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Überlebensrate in der Vorstreckphase, Setzlings- und Speisefischaufzucht sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Speisefischperiode und über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht	90
Übersicht 11: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Schlachtkörper- und Fleischqualität	91
Übersicht 12: Modell zur statistischen Auswertung der Sensorischen Merkmale	92
Übersicht 13: Verwandtschaftsmodell „neighbour-joining tree“ der untersuchten Saiblingsherkünfte basierend auf NEI et al.’s (1983) D_A Distanzen	102
Übersicht 14: Fischartspezifische Punktmutationen auf dem IGF-2-Gen von Seesaibling, Bachsaibling und Elsässer Saibling	104
Übersicht 15: Beurteilungen ausgewählter Leistungs- und Qualitätseigenschaften von Seesaibling, Bachsaibling und Elsässer Saibling	172

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN:

Abbildung 1:	Seesaiblinge	7
Abbildung 2:	Bachsaiblinge	8
Abbildung 3:	Namaycush-Saibling	9
Abbildung 4:	Verlauf des pH-Werts im Filet von Regenbogenforellen nach der Schlachtung	33
Abbildung 5:	Laichfischfang im Starnberger See	43
Abbildung 6:	Markieren eines Seesaiblings mit „Soft V1alpha“-Tag	50
Abbildung 7:	Dreigeteilte Brutschale zur Erbrütung von Saiblingseiern	51
Abbildung 8:	Unterstromkästen mit je sechs Unterteilungen zur Aufzucht der Saiblingslarven	53
Abbildung 9:	Rundstrombecken im Bruthaus	60
Abbildung 10:	Rundstrombecken im Bruthaus mit Bandfutterautomat	61
Abbildung 11:	Rundstrombecken im Freiland mit Bandfutterautomaten	62
Abbildung 12:	Kontrollwiegung der Saiblinge	64
Abbildung 13:	pH-Wert-Messung am Fischfilet	70
Abbildung 14:	L-a-b-Farbraum	71
Abbildung 15:	Messung der Fleischfarbe am Fischfilet	72
Abbildung 16:	Gewürfelte Fleischstückchen zur Messung der Fleischfestigkeit	73
Abbildung 17:	Ein Prüfer bei der sensorischen Untersuchung gedämpfter Saiblingsfilets	79
Abbildung 18:	Markierung eines Saiblingssetzlings mit VIE tagging system	83
Abbildung 19:	200-l-Durchflussaquarium am FGD Grub zur Haltung von Fischen im IHN-Infektionsversuch	84
Abbildung 20:	Entnahme von Blut aus der Caudalvene eines Saiblings	86
Abbildung 21:	3000-l-Durchflussbecken am FGD Grub zur Haltung von Fischen im VHS-Infektionsversuch	87
Abbildung 22:	200-l-Durchflussaquarium am FGD Grub zur Haltung von Kontrollfischen während des VHS-Infektionsversuchs	88
Abbildung 23:	Fischartspezifische Fragmentmuster der IGF-2-, GH-1-, ITS-1- und mtDNA ND-3/4-Gene in 2 % Agarose-Gel	94
Abbildung 24:	Seesaiblinge der Herkunft SS 1	105
Abbildung 25:	Seesaiblinge der Herkunft SS 2	106
Abbildung 26:	Bachsaiblinge der Herkunft BS 1	106

Abbildung 27: Bachsaiblinge der Herkunft BS 2	107
Abbildung 28: Durchschnittliche Größe der Saiblingseier in Abhängigkeit vom Lebendgewicht der Rogner	109
Abbildung 29: Anomalien bei Saiblingslarven	113
Abbildung 30: Überlebensrate bei der Saiblingsaufzucht in Durchgang I	117
Abbildung 31: Überlebensrate bei der Saiblingsaufzucht in Durchgang II	117
Abbildung 32: Setzlinge der zwölf Kreuzungsvarianten im Alter von ca. 7 Monaten mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 6 g	119
Abbildung 33: Zuwachskurven der Kreuzungsvarianten in Durchgang I	120
Abbildung 34: Zuwachskurven der Kreuzungsvarianten in Durchgang II	120
Abbildung 35: Lebendgewicht-Häufigkeitsverteilungen der Saiblingsbrut zu Beginn der Setzlingsaufzucht in Durchgang I und II	122
Abbildung 36: Lebendgewicht-Häufigkeitsverteilungen der Saiblingssetzlinge zu Beginn der Speisefischaufzucht in Durchgang I und II	123
Abbildung 37: Längen-Gewichts-Verhältnisse der Saiblinge in Speisefischgröße, jeweils am Ende der Aufzucht in Durchgang I und II	124
Abbildung 38: Zwei ausgewählte Saiblinge je Kreuzungsvariante, in mittlerer Körpergröße	125
Abbildung 39: Gonaden eines Zwitter	130
Abbildung 40: Jeweils fünf ausgewählte Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten bei der Schlachtung	131
Abbildung 41: Filets von jeweils fünf ausgewählten Saiblingen der zwölf Kreuzungsvarianten	134
Abbildung 42: Einfluss der Gonadenentwicklung auf die Filetfärbung zweier Elsässer Saiblinge	139
Abbildung 43: Fleischfestigkeit der Saiblingsfilets	141
Abbildung 44: Korrelation von Wassergehalt und Fettgehalt im Filet der Saiblinge	144
Abbildung 45: Sensorische Merkmale gedämpfter Saiblingsfilets	147
Abbildung 46: Größenvergleich zweier Setzlinge der Kreuzungsvariante ES 7 im Alter von ca. 7 Monaten	159
Abbildung 47: Zuwachskurven, Futterquotient (FQ), Spezifische Wachstumsrate (SGR) und Fischverluste der Kreuzungsvarianten SS 1, ES 1 und ES 2 gegen Ende der Aufzucht in Durchgang II	160

VERZEICHNIS DER ANHÄNGE:

Einlegeblatt: Kreuzungsschema	lose
Anhang 1: Erbrütung im Brutschrank, Durchgang I	A-1
Anhang 2: Erbrütung im Brutschrank, Durchgang II	A-2
Anhang 3: Brutaufzucht in Unterstromkästen, Durchgang I	A-3
Anhang 4: Brutaufzucht in Unterstromkästen, Durchgang II	A-4
Anhang 5: Setzlingsaufzucht in Rundstrombecken (Bruthaus), Durchgang I	A-5
Anhang 6: Setzlingsaufzucht in Rundstrombecken (Bruthaus), Durchgang II	A-6
Anhang 7: Speisefischproduktion in Rundstrombecken (Außenanlage), Durchgang I	A-7
Anhang 8: Speisefischproduktion in Rundstrombecken (Außenanlage), Durchgang II	A-8
Anhang 9: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel	A-9

VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN UND SYMBOLE:

a:	Rotfärbung
A:	Allelzahl
AA:	Homozygoter Genotyp von <i>Salvelinus Alpinus</i>
Abb.:	Abbildung
ad lib.:	ad libitum (ohne Begrenzung)
AF:	Heterozygoter Genotyp von <i>Salvelinus Alpinus x Salvelinus Fontinalis</i>
AQU:	Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen der LfL in Grub
ASQ:	Average sperm quality (Durchschnittliche Spermaqualität)
ATP:	Adenosin-Tri-Phosphat
A. s. s. s.:	<i>Aeromonas salmonicida subspecies salmonicida</i> (Erreger der Furunkulose)
b:	Gelbfärbung
BF:	Bachforelle
BHT:	Butylhydroxytoluol
BS:	Bachsaibling
bzw.:	beziehungsweise
cDNA:	Komplementär-DNA
cm:	Zentimeter
cm ² :	Quadratcentimeter
cm ³ :	Kubikcentimeter
CPE:	Zytopathogener Effekt
d:	Tag(e)
DG:	Durchgang
DHA:	Docosahexaensäure
DNA:	Desoxyribonukleinsäure
dt:	Dezitonne
€:	Euro
EG:	Europäische Gemeinschaft
ELISA:	Enzymgebundener Immunoassay
EPA:	Eicosapentaensäure
ES:	Elsässer Saibling
et al.:	und andere
EU:	Europäische Union
evtl.:	eventuell
EWG:	Europäische Wirtschaftsgemeinschaft
F:	Filetgewicht
F%:	Filetausbeute
F1:	Nachkommen der 1. Generation
F2:	Nachkommen der 2. Generation
Fx:	Nachkommen der x. Generation
Fa.:	Firma

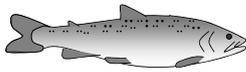
Abkürzungsverzeichnis

FA:	Heterozygoter Genotyp von <i>Salvelinus Fontinalis</i> x <i>Salvelinus Alpinus</i>
FF:	Homozygoter Genotyp von <i>Salvelinus Fontinalis</i>
FGD:	Fischgesundheitsdienst Grub
FHM:	Fathead Minnow (Amerikanische Elritze)
FQ:	Futterquotient
F _{ST} -Wert:	Coefficient of Differentiation
F-Test:	Globaltest
Futt:	Tägliche Futtermenge
Futt%:	Fütterungsintensität
FWM:	Fischwirtschaftsmeister
g:	Gramm
Gd:	Gonadengewicht
GFK:	Glasfaserkunststoff
GH:	Growth Hormone
g _n :	(Norm-)Fallbeschleunigung
GL:	(Gesamt-)Körperlänge
GSI:	Gonadosomatischer Index
h:	Stunde(n)
H:	Körperhöhe
H _E :	Erwartete Heterozygotie
H _O :	Festgestellte Heterozygotie
I:	Innereingewicht
I%:	Innereienanteil
I. E.:	Vitamineinheiten
IFAT:	Indirekter Fluoreszenz-Antikörpertest
IFI:	Institut für Fischerei der LfL in Starnberg
IGF:	Insulin-like Growth Factor
IHN:	Infektiöse Hämatopoetische Nekrose der Salmoniden
IHNV:	IHN-Virus
ISA:	Infektiöse Anämie der Lachse
ITS:	Internal Transcribed Spacer
k:	Korpulenzfaktor
Kap.:	Kapitel
kcal:	Kilokalorie
kg:	Kilogramm
kJ:	Kilojoule
KL:	Kopflänge
kW:	Kilowatt
KW:	Kalenderwoche
l:	Liter
L:	Helligkeit

L-a-b:	Helligkeit-Rotfärbung-Gelbfärbung
LfL:	Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft
LG:	Lebendgewicht
L/H:	Längen-Höhen-Verhältnis
LMU:	Ludwig-Maximilians-Universität München
ln:	Natürlicher Logarithmus
LSD-Test:	Least-Significant-Difference-Test
m:	Meter
m ³ :	Kubikmeter
mg:	Milligramm
min:	Minute(n)
MJ:	Megajoule
ml:	Milliliter
mm:	Millimeter
mtDNA:	Mitochondrien-DNA
MwSt.:	Mehrwertsteuer
n:	Anzahl der Wiederholungen
N:	Newton
Nam:	Namaycush
NfE:	N-freie Extraktstoffe
Nr.:	Nummer
p:	Irrtumswahrscheinlichkeit
PCR:	Polymerase-Kettenreaktion
pfu:	plaque-forming units
pH:	pH-Wert
pH ₀ :	pH-Wert bei der Tötung
pH ₃ :	pH-Wert 3 Stunden nach der Tötung
pH ₂₄ :	pH-Wert 24 Stunden nach der Tötung
p. m.:	post mortem
R ² :	Bestimmtheitsmaß
RF:	Regenbogenforelle
RFLP:	Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus
RK:	Restkörper
RK%:	Restkörperanteil
RNA:	Ribonukleinsäure
s.:	siehe
S:	Schwund
SGR:	Specific growth rate (Spezifische Wachstumsrate)
SNT:	Serumneutralisationstest
spec.:	Spezies
spf:	specific pathogen free (spezifisch pathogenfrei)

Abkürzungsverzeichnis

SS:	Seesaibling
Stk.:	Stück
t:	Tonne
T°:	Tagesgrad(e)
Tab.:	Tabelle
Tsd.:	Tausend
TUM:	Technische Universität München
U/min:	Umdrehungen pro Minute
UV:	Ultraviolett
VHS:	Virale Hämorrhagische Septikämie der Salmoniden
VHSV:	VHS-Virus
VIE:	Visible Implant fluorescent Elastomer
W ₀ :	Lebendgewicht zum Zeitpunkt 0
W _d :	Lebendgewicht zum Zeitpunkt d
z. B.:	zum Beispiel
z. T.:	zum Teil
µg:	Mikrogramm
°C:	Grad Celsius
%:	Prozent; von Hundert
‰:	Promille; von Tausend
<:	kleiner als
>:	größer als
≤:	kleiner als oder gleich
≥:	größer als oder gleich
≠:	ungleich
≈:	ungefähr
±:	plus/minus
x:	mal
Ø:	Durchmesser, Durchschnitt
0+:	Fischbrut
1+:	1-sömmerige(r) Fisch(e)
2+:	2-sömmerige(r) Fisch(e)
3+:	3-sömmerige(r) Fisch(e)
4+:	4-sömmerige(r) Fisch(e)
1n:	haploider Chromosomensatz
2n:	diploider Chromosomensatz
3n:	triploider Chromosomensatz
♂:	Milchner, männlicher Fisch
♀:	Rogner, weiblicher Fisch



Leistungs- und Qualitätseigenschaften jeweils zweier Herkünfte des Seesaiblings (*Salvelinus alpinus*) und des Bachsaiblings (*Salvelinus fontinalis*) sowie ihrer Kreuzungen

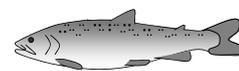
1 EINLEITUNG

Fisch wurde vom Menschen schon sehr früh als hochwertige Nahrung erkannt. Er nimmt eine besondere Stellung in der Ernährung des Menschen ein. Fischeiweiß weist mit seinem hohen Anteil essentieller Aminosäuren eine sehr hohe biologische Wertigkeit auf. Die Bedeutung der lebensnotwendigen, langkettigen und mehrfach ungesättigten Fettsäuren im Fisch, vor allem Omega-6- und Omega-3-Fettsäuren, z. B. Eicosapentaensäure (EPA, C 20 : 5) und Docosahexaensäure (DHA, C 22 : 6) sind hinlänglich bekannt. Fisch, mit seinem geringen Bindegewebsanteil, ist ein diätetisches, leicht verdauliches Lebensmittel. Ferner sind die hohen Anteile wichtiger Vitamine und Mineralstoffe als besonders gesundheitsfördernd einzustufen.

Mit dem stetigen Rückgang der Weltausbeute nimmt die Bedeutung der Aquakultur für die Ernährung einer exponentiell wachsenden Weltbevölkerung ständig zu. Da zwischen dem Meeresfischfang und der Aquakultur hinsichtlich der Verwendung von Meeresfischmehl im Fischfutter ein kausaler Zusammenhang besteht, ist vor allem einer hochproduktiven und Ressourcen schonenden Lebensmittelproduktion höchste Bedeutung beizumessen. Eine effektive Futtermittelverwertung hat neben ökonomischen vor allem ökologische Vorzüge. Der Schutz der aquatischen Umwelt durch reduzierte Nährstoffausscheidungen ist hier vordringlich zu nennen.

Schon vor vielen Jahrhunderten begannen Menschen Fische zu kultivieren. Chinesen waren wohl das erste Volk, das gezielt Fischteiche anlegte, um darin vor allem Karpfenartige Fische zu produzieren. China hat auch heute noch die weltweit bedeutendste Fischproduktion.

Die Erzeugung von Forellenartigen Fischen wird dagegen erst seit einigen Jahrzehnten praktiziert. In der Forellenteichwirtschaft haben die Lachsähnlichen (*Salmonoidei*) die allergrößte Bedeutung. Die Familie der Lachse und Verwandte (*Salmonidae*), darunter fallen Atlantische Lachse und Verwandte (*Salmo*), Pazifiklachs (*Oncorhynchus*), Saiblinge (*Sal-*

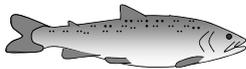


velinus) und Huchen (*Hucho*), spielt hierbei die größte Rolle. Daneben ist noch die Familie der Äschen (*Thymallidae*) erwähnenswert, die vor allem für Besatzmaßnahmen produziert wird. Die größte Bedeutung in der Forellenproduktion hat zweifellos die zu den Pazifiklachsen zählende Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*). Alle in diesem Absatz genannten Fische sind Kaltwasserfische, die in sauerstoffreichen und sommerkühlen Gewässern heimisch sind. Sie stellen besondere Ansprüche an das Wasser und unterscheiden sich damit in ihrer Lebens- und Produktionsweise eindeutig von den Warmwasser liebenden Fischen der Karpfenteichwirtschaft.

Die Gattung der Saiblinge (*Salvelinus*) spielt regional seit jeher eine erwähnenswerte Rolle in der europäischen Binnenfischerei. Die heimischen Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus*) haben in der Seenfischerei neben Renken (*Coregonus spec.*) eine wirtschaftliche Bedeutung und sind als hochwertige und sehr wohlschmeckende Speisefische bekannt. Bachsaiblinge (*Salvelinus fontinalis*) wurden in Europa zusammen mit Regenbogenforellen erst um 1884 aus Nordamerika eingeführt. Bald darauf waren erste Kreuzungsversuche von See- und Bachsaiblingen zu so genannten „Elsässer Saiblingen“ erfolgreich.

Erst in den letzten Jahrzehnten und verstärkt in den letzten Jahren erlangte die Saiblingsproduktion auch in der Aquakultur größere Wichtigkeit. Beginnend in Nordamerika und Skandinavien eroberten Saiblinge mehr und mehr Teiche und Märkte. Die europäische Produktion von Saiblingen, überwiegend Seesaiblinge, beläuft sich laut Statistik der FEDERATION OF EUROPEAN AQUACULTURE PRODUCERS FEAP (2005) derzeit auf etwa 2.400 t pro Jahr. Wichtigstes europäisches Erzeugerland ist gegenwärtig Island.

Saiblinge lassen sich ähnlich wie Regenbogen- und Bachforellen aufziehen, deren Produktion etabliert und technisch ausgereift ist, erzielen aber deutlich höhere Marktpreise und sind damit für Teichwirte interessant. In nicht wenigen Forellenteichbetrieben werden mit Saiblingen inzwischen mehr als 30 % des Umsatzes erreicht. Die Preise für Saiblinge und Saiblingsprodukte im bayerischen Durchschnitt für das Jahr 2005 sind, soweit verfügbar, in Tabelle 1 aufgelistet. Hierbei wird unterschieden, ob die Vermarktung an Endverbraucher/Kleinkunden, Einzelhandel/Gastronomie/Angelvereine oder über den Großhandel abgewickelt wird. Die Werte in Klammern beschreiben die Preisdifferenz zu Regenbogenforellen. Für Eier, Brütlinge und Setzlinge wurden 29 – 57 % höhere Preise im Vergleich zu Regenbogenforellen erzielt. Im Jahr 2005 lagen die Verkaufspreise für lebendfrische Speisesaiblinge an Endkunden bei 8,60 €/kg, an Wiederverkäufer bei 6,70 €/kg und an den



Großhandel bei 4,60 €/kg. Die Preisdifferenz zu Regenbogenforellen betrug je nach Vermarktungsweg und Verarbeitungsstufe zwischen 12 und 42 %.

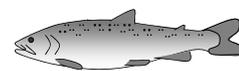
Tabelle 1: Durchschnittliche Marktpreise für Saiblinge in Bayern im Jahr 2005
(Werte in Klammern: Preisdifferenz zu Regenbogenforellen)

Fischart, -produkt	Vermarktung an					
	Endverbraucher/ Kleinkunden		Einzelhandel/ Gastronomie/ Angelvereine		Großhandel	
Preise in €/kg (inkl. MwSt.)	Preis (€/kg)	Differenz zu RF	Preis (€/kg)	Differenz zu RF	Preis (€/kg)	Differenz zu RF
Eier, Brütlinge, Setzlinge						
Saibling Eier (€/Tsd.)	14,07	(+ 38 %)	12,58	(+ 30 %)		
Saibling 1 g	88,24	(+ 44 %)	76,21	(+ 57 %)		
Saibling 10 g	32,71	(+ 40 %)	26,22	(+ 43 %)	16,23	(+ 34 %)
Saibling 100 g	9,54	(+ 40 %)	8,07	(+ 38 %)	6,32	(+ 29 %)
Speisefische, Fischprodukte						
Saibling lebend	8,56	(+ 42 %)	6,69	(+ 42 %)	4,60	(+ 38 %)
Saibling küchenfertig	10,37	(+ 32 %)	8,55	(+ 35 %)	7,02	(+ 40 %)
Saibling filetiert	18,45	(+ 20 %)	15,99	(+ 26 %)	10,53	(+ 12 %)
Saibling geräuchert	15,77	(+ 21 %)	13,96	(+ 29 %)		
Saibling geräuchert, filetiert	24,37	(+ 23 %)	21,46	(+ 25 %)		

Erhebungen am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft

Nur wenige Forellen und Saiblinge produzierende Betriebe führen alle Produktionsformen durch. Viele Erzeuger haben sich in der Produktionsrichtung spezialisiert. Sie lassen sich vielfach in Zucht-/Vermehrungsbetrieb, Aufzucht-/Satzfischbetrieb und Speisefisch-/Verarbeitungsbetrieb untergliedern. Dementsprechend stellen die Betriebsleiter je nach Produktionsschwerpunkt unterschiedliche Anforderungen an den Fischbestand:

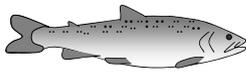
- Zucht-/Vermehrungsbetriebe bevorzugen einen Laichfischbestand, der auch während der Laichzeit oder bei höheren Wassertemperaturen problemlos zu halten ist, ohne größere Tierverluste. Die Befruchtungs-, Schlupf- und Überlebensrate der Nachzucht sollte möglichst hoch sein. Gesunde und vitale Nachkommen sind hierbei Voraussetzung.
- Im Aufzucht-/Satzfischbetrieb wird vor allem bei der Produktion von Fischen für Besatzmaßnahmen besonderer Wert auf die äußere Qualität der Besatzfische gelegt. Robuste Fische mit guter Kondition und schönem Schuppenkleid sowie einwandfreien Flossen sind erwünscht.
- Speisefischbetriebe legen vor allem größten Wert auf wenig krankheitsanfällige und schnellwüchsige Fische, die das verabreichte Futter gut verwerten. Innere Qualitätsmerkmale, wie Ausschlagungsrate, Filetausbeute und Fleischqualität, sind besonders für Verarbeitungsbetriebe sehr wichtig.



Es wird kaum eine Fischart oder -kreuzung geben, die alle gewünschten Voraussetzungen erfüllt und jederzeit höchsten Ansprüchen gerecht wird. Der ökonomisch denkende Betriebsleiter wird den/die für seinen Betrieb passenden Fisch/-arten auswählen. Die Preise sowie die Verfügbarkeit von Eiern, Brütlingen, Setzlingen und Speisefischen spielen hierbei eine wichtige Rolle. Bachsaiblingseier sind häufig billiger als Eier von Elsässer Saiblingen. Seesaiblingseier sind auf dem Markt nahezu nicht erhältlich.

Die Kreuzungszucht von Saiblingen kann in der Speisefischproduktion ökonomisch durchaus interessant sein. Oftmals stellt sich jedoch die Frage nach der optimalen Saiblingsherkunft bzw. Kreuzungsalternative. Durch die Kreuzung verschiedener Fischarten erhofft man sich Heterosiseffekte, das heißt Nachkommen mit besserer Leistung gegenüber der durchschnittlichen Leistung der Elternteile. Der einfacheren Handhabung wegen werden Elsässer Saiblinge üblicherweise aus Eiern von weiblichen Bachsaiblingen aus Teichanlagen und Sperma von männlichen Seesaiblingen aus Wildfängen erzeugt. Die richtige Wahl der Elterntiere für die mütterliche bzw. väterliche Linie kann für die Aufzucht- und Wachstumsleistung der Hybriden oftmals entscheidend sein. Deshalb ist es notwendig zu wissen, welche Kreuzungsvariante unter welchen Bedingungen die besten Ergebnisse zeigt.

Ziel der vorliegenden Arbeit war, Unterschiede in Vermehrung, Aufzucht, Fütterung, Schlachtkörper- und Fleischqualität sowie Krankheitsresistenz verschiedener Kreuzungsvarianten im Vergleich zu reinen Linien aufzuzeigen und zu bewerten. Dazu wurden zwei Seesaiblings- und zwei Bachsaiblingsherkünfte in Reinzucht und reziproker Kreuzungszucht (Seesaiblingsrogner ♀ x Bachsaiblingsmilchner ♂ sowie Bachsaiblingsrogner ♀ x Seesaiblingsmilchner ♂) verwendet. Da die Reinheit der Herkünfte nicht absolut gesichert und die Verwandtschaft zwischen den Herkünften nicht geklärt waren, wurde dies in begleitenden Genanalysen untersucht. Aus den Ergebnissen der Versuche sollen letztlich Schlussfolgerungen für die Praxis abgeleitet werden.



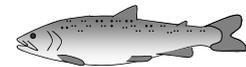
2 LITERATURÜBERSICHT

2.1 Formenkreis Saibling

In der Gattung der Saiblinge (*Salvelinus*) steckt Vielfalt. Viele Saiblingsherkünfte unterscheiden sich phänotypisch, wenn auch häufig nur geringfügig, in Körperform und -größe, in Färbung, Musterung und besondere Körpermerkmale wie die Bezahnung des Pflugscharbeins (MORAWA 1983). Diese geringen Ungleichheiten werden überwiegend auf unterschiedliche Ernährungs- und Lebensgewohnheiten verschiedener Ökoformen zurückgeführt. GERSTMEIER (1985) beschreibt drei völlig variierende Saiblingsformen (Wildfang-, Normalsaibling und Schwarzreuter) für den Königssee. DOLJAN (1920) benennt darüber hinaus den Tiefseesaibling. Unterschiedliche Saiblingspopulationen besiedeln einen See in seiner gesamten Tiefe sowie Fläche, um entweder das Nahrungsspektrum oder Lebens- und Laichhabitats umfangreich zu nutzen. So werden Seen beschrieben, in denen Saiblingen mehrerer Populationen an unterschiedlichen Orten und zu verschiedenen Zeiten ablaichen (BEHNKE & SHIMIZU 1962, BRUNNER 2001). Eine genetische Vermischung wird dadurch unmöglich. KOTTELAT (1997) beschreibt alleine für die britischen Inseln 16 Saiblingsarten. Häufig werden Fische mit abweichenden Ausprägungen aber auch in verschiedene Unterarten eingeteilt. Allgemein herrscht in der Systematik der Saiblinge keine Einigkeit. Die Schwierigkeit der systematischen Einordnung aufgrund des Formenreichtums und der großen Variabilität der Saiblinge wird als „Saiblingsproblem“ bezeichnet. CHEVASSUS (1979) und BALON (1980) unterscheiden weltweit vier verschiedene Fischarten innerhalb der Gattung der Saiblinge:

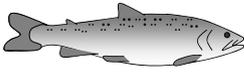
Fischart (Entdecker)	(D: Deutscher, E: Englischer, F: Französischer Name)
<i>Salvelinus alpinus</i> (Linnaeus 1758)	(D: Seesaibling, E: Arctic char(r), F: Omble chevalier)
<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill 1815)	(D: Bachsaibling, E: Brook trout, F: Omble de fontaine)
<i>Salvelinus malma</i> (Walbaum 1792)	(D: Dolly Varden, E: Dolly Varden, F: Dolly Varden)
<i>Salvelinus namaycush</i> (Walbaum 1792)	(D: Namaycush, E: Lake trout, F: Omble de lac)

CAVENDER (1984) unterscheidet noch eine weitere nordamerikanische Art, nämlich *Salvelinus confluentus*. MCPHAIL (1961) erkennt *Salvelinus alpinus* und *Salvelinus malma* als zwei verschiedene Arten an. Der Artstatus von *Salvelinus malma* ist jedoch umstritten.



BEHNKE (1984) unterteilt in drei Untergattungen: *Salvelinus namaycush*, *Salvelinus fontinalis* und alle restliche Saiblingsarten, wobei die restlichen Arten in einen Arctic charr Komplex und einen Dolly Varden Komplex aufsplitten. Dieser Split wird in die Zeit des Pleistozän datiert, als sich die Vorgänger in nördliche (Arctic charr) und südliche Regionen (Dolly Varden) des nordamerikanischen Kontinents aufteilten. Diese zeitliche Einordnung wurde durch phylogeographische Studien an Seesaiblingspopulationen von WILSON et al. (1996) bestätigt. Einen Grund für die Verwirrungen in der Saiblingstaxonomie sieht BRUNNER (1997) in der phänotypischen Plastizität und schnellen Evolution der Saiblinge. Er beschreibt neben *Salvelinus alpinus*, *Salvelinus fontinalis* und *Salvelinus namaycush* eine weitere Art, nämlich *Salvelinus leucomaenis*, die eng mit *Salvelinus namaycush* verwandt ist. Eine japanische Saiblingsart *Salvelinus pluvius*, mit Ähnlichkeiten zu *Salvelinus leucomaenis* und *Salvelinus namaycush* wird von BEHNKE & SHIMIZU (1962) und BEHNKE (1980) erwähnt. Der *Salvelinus alpinus* Komplex kann nach phylogeographischen Analysen von BRUNNER (1997) in fünf Evolutionsgruppen eingeteilt werden, die geographisch klar zu trennen sind: Europa, Sibirien, West-Atlantik, Bering und Arktis. BEHNKE (1980) teilt die Seesaiblinge aus den Voralpen- und Alpenseen und aus Nordeuropa in zwei Unterarten mit den lateinischen Namen *Salvelinus alpinus salvelinus* und *Salvelinus alpinus alpinus* ein. In der aktuellsten Nomenklatur nach KOTTELAT (1997) werden dagegen diese evolutionären Linien als zwei Arten *Salvelinus umbla* und *Salvelinus alpinus* behandelt. Eine weitere Art *Salvelinus profundus*, ein Tiefseesaibling aus dem Bodensee, 1901 von Schillinger entdeckt, ist laut FREYHOF (2002) ausgestorben.

Folgende Kurzbeschreibungen dreier wichtiger Saiblingsarten sind den Quellen BAUCH (1955), STEINBACH (1984), KOCH (1987), ČIHAŘ (1993) und MUUS & DAHLSTRÖM (1998) entnommen.



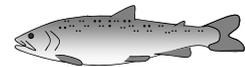
Salvelinus alpinus (D: Seesaibling, E: Arctic char(r), F: Omble chevalier):



Abbildung 1: Seesaiblinge (oben Milchner ♂, unten Rogner ♀)

Der Seesaibling (Abbildung 1), der auch unter den Namen Wandersaibling, Wildfangsaibling oder im skandinavischen Sprachgebrauch als Röding bekannt ist, weist eine dunkle, meist graugrüne, blaugrüne oder braune Grundfärbung mit runden, hellen Punkten auf. Der Bauch ist weißlich bis gelblich und während der Laichzeit orange bis tiefrot. Die paarigen Flossen und die Afterflosse sind rot mit einem leuchtend weißen Flossensaum. Rücken und Rückenflosse sind nicht marmoriert. Die größten Tiere werden bei einem Höchstalter von 20 Jahren 100 cm lang und 14 kg schwer (KLINKHARDT 2000).

Man unterscheidet mehrere europäische Lokalformen bzw. -arten. Standfische aus den Voralpen- und Alpenseen des Donaeinzugsgebietes tragen den lateinischen Namen *Salvelinus alpinus salvelinus*, während die Bezeichnung *Salvelinus alpinus alpinus* für anadrome Wandersaiblinge aus den Küstengewässern und Zuflüssen des nördlichen Eismeerer verwendet wird (BEHNKE 1980). KOTTELAT (1997) dagegen behandelt diese evolutionären Linien als zwei Arten *Salvelinus umbla* und *Salvelinus alpinus*. Das aktuelle Verbreitungsgebiet der Seesaiblinge war während des Pleistozäns wiederholt von Eis bedeckt (JOHNSON 1980). Es wird vermutet, dass sich aus dem ursprünglichen Wandersaibling nach der Eiszeit in den abgeschnittenen Seen eigene Lokalrassen gebildet haben (ENGLBRECHT 2000).



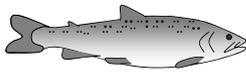
Während die Alpensaiblinge im zweiten bis vierten Jahr geschlechtsreif werden, erreichen die skandinavischen Rödinger die Geschlechtsreife erst im fünften bis siebten Jahr.

Salvelinus fontinalis (D: Bachsaibling, E: Brook trout, Speckled charr, F: Ombles de fontaine):



Abbildung 2: Bachsaiblinge (oben Milchner ♂, unten Rogner ♀)

Der Bachsaibling (Abbildung 2) zeigt eine dunkle, braune bis olivgrüne Grundfärbung mit gelben oder roten Punkten, die meist hell umrandet sind und typisch leicht bläulich schimmern. Der Bauch ist gelblich bis rötlich. Die laichreifen Tiere zeigen ein besonders prächtiges Farbkleid. Rücken und Rückenflosse weisen deutliche helle Marmorierungen auf, was ihn damit eindeutig vom Seesaibling unterscheidet (POHLHAUSEN 1983a). Das markanteste Erkennungsmerkmal ist der weiß-schwarze Vordersaum der paarigen Flossen und der Afterflosse. Der Bachsaibling hat gegenüber dem Seesaibling ein größeres Maul, das immer hinter dem Auge endet. Er bleibt kleiner und wird in der Regel maximal 50 cm lang und 3 kg schwer. In seiner nordamerikanischen Heimat erreicht er nach SCHMIDT-LUCHS (1997) und KLINKHARDT (2000) 90 cm Länge und 7 – 8 kg Gewicht. Der frühreife Fisch kann bereits nach einem, im Regelfall nach zwei bis drei Lebensjahren die Geschlechtsreife erreichen.



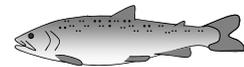
Ursprünglich war der Bachsaibling in kalten und sauerstoffreichen Seen und Fließgewässern im Osten Nordamerikas heimisch. Im Jahre 1884 wurde er in Europa eingeführt und hat hier vor allem in sauren, kalten und strukturarmen Bächen und in letzter Zeit verstärkt in der Forellenteichwirtschaft einen angestammten Platz gefunden.

Salvelinus namaycush (D: Namaycush, E: Lake trout, Lake charr, F: Touladi, Omble de lac):



Abbildung 3: Namaycush-Saibling (juvenil)

Rücken und Flanken des Namaycush (Abbildung 3), der auch Amerikanischer Seesaibling, Kanadasaibling oder Stutzersaibling genannt wird, sind olivgrün gefärbt und ebenso wie Kopf und Rückenflosse mit einer Vielzahl heller und unregelmäßiger Flecken übersät. Rückenflosse und Rücken weisen leichte graue Marmorierungen auf. Paarige Flossen und Afterflosse sind rosafarben bis gräulich mit einer schmalen weißen Vorderkante. Der Namaycush hat nach SCHULTE (1998) eine Lebenserwartung von 50 Jahren. Er ist mit einer maximalen Länge von 130 cm und einem maximalen Gewicht über 30 kg der größte aller Saiblinge. Die Geschlechtsreife tritt erst im sechsten bis achten Lebensjahr ein.

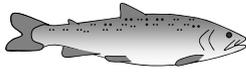


Der Namaycush stammt aus den Großen Seen Zentralkanadas und den nördlichen Neuengland-Staaten. In Europa wurde er vor allem in der Schweiz, in den Kantonen Bern, Graubünden und Glarus mit Erfolg eingeführt.

2.2 Genanalyse bei Fischen

In der Fachliteratur werden vielfältige Methoden zur Analyse des Genmaterials bei Fischen beschrieben. Dabei hat sich die Forschung gerade in diesem Bereich in den letzten Jahrzehnten sehr stark weiterentwickelt. Immer genauere Verfahren wurden ausgearbeitet und haben sich in der Praxis durchgesetzt. Während früher nur mess- und zählbare morphometrische Daten zur Unterscheidung von Fischarten erhoben werden konnten, war mit der Chromosomenanalyse die Möglichkeit geschaffen, auch nicht sichtbare Eigenschaften festzustellen. Mit der Enzymelektrophorese wurde eine kostengünstige und zeitsparende Möglichkeit zur genetischen Differenzierung von Populationen gefunden. Wesentlich genauer, allerdings auch teurer und aufwendiger ist die DNA-Analyse, wie z. B. Fingerprinting, Mikrosatellitenanalyse und schließlich Sequenzierung, bei der selbst Punktmutationen einzelner Nukleotide (Basen) festgestellt werden können (STEIN et al. 2000).

Diploide Seesaiblinge weisen nach SVÄRDSON (1945), NYGREN et al. (1971) und BERST et al. (1980) $2n = 80$ Chromosomen auf. CAVENDER (1984) hatte nur $2n = 78$ Chromosomen festgestellt. Die Ergebnisse der Chromosomenanalyse von MICHELMANN & SCHNIEDEWIND (1983) zeigen eine Schwankungsbreite zwischen $2n = 74$ und $2n = 80$, wobei 70 % der Zellen von Seesaiblingen einen Karyotyp mit Chromosomenzahlen zwischen $2n = 77$ und $2n = 79$ aufweisen. Diploide Bachsaiblinge haben nach SVÄRDSON (1945) und UYENO (1972) $2n = 84$ Chromosomen. Nach MICHELMANN & SCHNIEDEWIND (1983) treten auch hier Chromosomenzahlvariationen zwischen $2n = 80$ und $2n = 87$ auf. Die Mehrzahl (56 %) aller Zellen von Bachsaiblingen hatte $2n = 84$ Chromosomen. Die Chromosomenanalyse kann damit zur sicheren Unterscheidung von Seesaibling und Bachsaibling eingesetzt werden und im Streitfall (POHLHAUSEN 1983a, KLUSAK 1983) Klarheit schaffen. Der Karyotyp der Kreuzungen repräsentiert nach CHEVASSUS (1979) die Summe des haploiden Bestandes beider Fischarten und dürfte demnach beim Elsässer Saibling bei $2n = 40 + 42 = 82$ Chromosomen liegen.

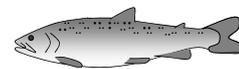


HECHT (1984) führte mit Hilfe der Enzymelektrophorese populationsgenetische Studien an Seesaiblingen aus Königssee, Obersee und Grünsee durch. Die genetische Ähnlichkeit der verschiedenen Herkünfte war bei seinen Untersuchungen sehr hoch. Er schlussfolgerte, dass es sich hierbei um drei eng verwandte Populationen handelt, deren phänotypische Unterschiede nicht auf genetische Differenzierung zurückgeführt werden können. Die taxonomische Einstufung in verschiedene Subspezies wäre nicht berechtigt.

Erst mit der deutlich genaueren Mikrosatellitenanalyse war es möglich auch nahe verwandte Populationen zu unterscheiden. DOUGLAS et al. (1999) führten Genuntersuchungen an Coregonen einiger alpiner Seen durch. GROSS et al. (2001a) verglichen Äschen (*Thymallus thymallus* L.) aus den Main-, Donau- und Elbeeinzugsgebieten. BRUNNER (1997), BRUNNER et al. (1998, 2001), PRIMMER et al. (1999) und ENGLBRECHT (2000) führten genetische Analysen an Seesaiblingen des Alpenraumes durch. GROSS et al. (2001b, 2004) und GUM et al. (2002) untersuchten im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit verschiedene Herkünfte von Seesaiblingen und Bachsaiblingen und deren Hybriden (Elsässer Saiblinge). In allen Veröffentlichungen wurde deutlich, dass mit Hilfe der sehr genauen Mikrosatellitenanalyse die Unterscheidung verschiedener Populationen und Herkünfte einer Fischart möglich ist. Die genetische Vielfalt und die hochsignifikanten Populationsunterschiede wurden gerade beim Seesaibling besonders deutlich.

Inzucht führt zu höheren Verlusten bei Eiern und Brütlingen. Bei der Paarung verwandter Tiere erhöht sich der Anteil verkrüppelter Brütlinge (AULSTAD & KITTELSEN 1971). Fische mit starker Heterozygotie (Kreuzungstiere) sind vitaler als Inzuchttiere (KLUPP 1998). PRIMMER et al. (1999) verglichen Wildfische und Zuchtformen von Seesaiblingen hinsichtlich der Heterozygotie. GROSS et al. (2001b, 2004) untersuchten für diese Arbeit die genetische Variabilität von Seesaiblingen und Bachsaiblingen aus Wildfängen und Fischzuchten sowie deren Hybriden (Elsässer Saiblinge). Es zeigte sich, dass bei der Heterozygotie von Wild- und Zuchttieren keinerlei, beim Vergleich von Kreuzungs- zu Reinzuchten aber sehr wohl Unterschiede bestehen. Kreuzungstiere zeigen eine signifikant höhere genetische Variabilität.

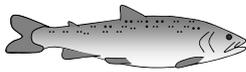
In einigen Versuchen wurden starke maternale Effekte bei der Hybridzucht festgestellt, z. B. bei der Produktion des Splake (*Salvelinus namaycush* x *S. fontinalis*) (AYLES 1974, BERST et al. 1980). Auch DE MARCH (1991) beobachtete maternale Effekte, die starke Einflüsse auf Erbrütungserfolg und Zuwachs in den ersten Lebensmonaten von Seesaiblingen



hatten. Oftmals wird die Eigröße in Verbindung mit der Überlebensrate gebracht. Aus größeren Fischeiern schlüpfen in der Regel vitalere und gesündere Fische (KLUPP 1998). Auch das Gewicht des Dottersackes wird vorwiegend durch die mütterliche Art beeinflusst, während die väterliche Art Einfluss auf die Absorptionsrate des Dottersackes von Seesaibling, Bachsaibling und Elsässer Saibling hat (DUMAS et al. 1995a). BLANC & POISSON (1988) beobachteten bei der Kreuzung von Regenbogenforellen mit Seesaiblingen sowohl maternale als auch paternale Effekte. REFSTIE & GJEDREM (1975) stellten einen größeren Einfluss des Vaters auf die Kondition bzw. den Korpulenzfaktor ($k\text{-Faktor} = \text{Lebendgewicht} \times 100 / \text{Körperlänge}^3$) verschiedener Salmonidenhybriden fest. GROSS et al. (2001b) konnte dagegen bei der Vermehrung von Seesaiblingen und Bachsaiblingen keine maternale genetische Prägung („genomic imprinting“) feststellen.

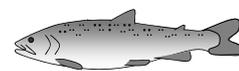
2.3 Hybridzucht von Salmoniden

Bereits seit vielen Jahrzehnten werden Kreuzungen zwischen verschiedenen Salmoniden durchgeführt. Durch die Kreuzung verschiedener Fischarten erhoffte man sich Heterosiseffekte, das heißt bessere Leistungen der Nachkommen gegenüber der durchschnittlichen Leistung der Elterntiere. Sinnvoll erscheint die Kreuzungszucht vor allem dann, wenn die Leistungen der Kreuzungstiere auch über denen des besseren Elternteiles liegen. Pionier der Hybridzucht von Salmoniden war DAY (1882, 1884, 1886), der in den Jahren 1882 bis 1886 bereits erste Ergebnisse veröffentlichte. Das umfassendste Werk, auf das in den folgenden Jahrzehnten immer wieder verwiesen wurde, hatte ALM (1955) zusammengestellt. Die in den Jahren 1935 – 1955 durchgeführten Experimente schlossen unter anderem auch Seesaiblinge und Bachsaiblinge mit ein. Die Kreuzungsprodukte zwischen Seesaibling und Bachsaibling (*Salvelinus alpinus* x *Salvelinus fontinalis*) werden im deutschsprachigen Raum als „Elsässer Saiblinge“ bezeichnet, da diese Kreuzung im Fischzuchtbetrieb Hünigen im Elsaß zum ersten Mal gelang (SCHMID 2000, 2002). Bei der Namensgebung wird nicht unterschieden, welche der beiden Elternarten weiblich bzw. männlich ist. Beide reziproken Kreuzungsalternativen Seesaiblingsrogner ♀ x Bachsaiblingsmilchner ♂ und Bachsaiblingsrogner ♀ x Seesaiblingsmilchner ♂ sind möglich. Der Fischzuchtbetrieb LINDINGER (1997) warb mit dem Begriff „Bröding“ für reziproke Kreuzungen aus See- und Bachsaibling. Auch BOHL (1999) verwendet diese Bezeichnung. Nur POHLHAUSEN (1982) bezeichnet irrtümlicherweise die Kreuzung von Bachforelle und Seesaibling als



„Elsässer Saibling“ und setzt diese mit der Bezeichnung „Tigerfisch“ gleich. „Tigerfisch, oder -forelle“ bzw. „Zebra/Leopard fish“ werden sonst in der Fachliteratur stets die Kreuzungstiere zwischen Bachsaibling und Bachforelle genannt (ALM 1955, SUZUKI & FUKUDA 1973a, MORAWA 1983), während die Nachkommen von Bachforelle x Seesaibling als „Seetigerforellen“ bezeichnet werden (KLUPP 1998). SUZUKI & FUKUDA (1971a, 1971b, 1973a, 1973b) führten erfolgreich reziproke Kreuzungen zwischen Bachsaibling und dem japanischen Saibling *Salvelinus pluvius* durch. SMITH (1970, 1972), CHEVASSUS (1979) und BERST et al. (1980) beschreiben Kreuzungen zwischen Bachsaibling und Namaycush, die als „Splake“ (Speckled charr x Lake charr) bzw. „Brookinam“ (Brook trout x Namaycush) bezeichnet werden. Des Weiteren beschreiben letztere erfolgreiche reziproke Kreuzungen zwischen Seesaibling und Namaycush, die im deutschen Sprachgebrauch als „Kröding“ angegeben werden (MAYER 2001a, 2003b).

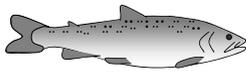
Kreuzungen von Fischen können zwischen verschiedenen Herkünften innerhalb einer Fischart („intraspecific“), zwischen verschiedenen Fischarten innerhalb einer Gattung („intrageneric“ bzw. „interspecific“) oder zwischen Fischarten aus verschiedenen Gattungen („intergeneric“) durchgeführt werden. DE MARCH (1991) führte intraspezifische Kreuzungen zwischen norwegischen und kanadischen Seesaiblingen durch und stellte fest, dass die richtige Wahl der mütterlichen bzw. väterlichen Linie für die Aufzucht- und Wachstumsleistung der Hybriden sehr entscheidend ist. Bei der Zusammenfassung verschiedener Untersuchungen hatte CHEVASSUS (1979) stets die Kriterien Erbrütungserfolg, Überlebensrate sowie Fruchtbarkeit der weiblichen und männlichen Nachkommen geprüft. Kreuzungen innerhalb der Gattung *Salvelinus* waren nach seinen Recherchen immer sehr erfolgreich, mit vergleichbaren oder höheren Erbrütungs- und Überlebensraten wie reine Arten. Die Nachkommen zeigten normale Fruchtbarkeitsraten. Kreuzungen von Saiblingen mit Salmoniden anderer Gattungen z. B. mit Bachforelle (*Salmo trutta fario*), Atlantischer Lachs (*Salmo salar*), Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) oder mit verschiedenen Pazifiklachsen (*Oncorhynchus masou*, *Oncorhynchus rhodurus*, *Oncorhynchus nerka* und *Oncorhynchus kisutch*) verliefen dagegen weniger erfolgreich. Die Nachkommen waren im Vergleich zu den Reinzuchten minder fertil mit verringerter Keimzellenbildung oder steril bzw. gering oder gar nicht überlebensfähig. Andererseits schreibt BAUCH (1955) von häufigen natürlichen Kreuzungen des Bachsaiblings mit der Regenbogenforelle, wegen der gleichen Laichzeit beider Arten.



REFSTIE & GJEDREM (1975) führten erfolgreich Kreuzungen von Seesaibling mit Bachforelle, Seeforelle und Atlantischen Lachs durch. Die Kreuzungstiere hatten zwar etwas höhere Verlustraten, wuchsen jedoch besser als die reinen Seesaiblinge. Einzig die Kreuzung Regenbogenforelle x Seesaibling verlief erfolglos. Die Kreuzung Regenbogenforelle x Bachsaibling zeigte dagegen bei BLANC & CHEVASSUS (1979) zufrieden stellende Ergebnisse, ebenso wie Bachforelle x Bachsaibling. Kreuzungen des Pazifiklachs *Oncorhynchus kisutch* mit Bachsaibling starben dagegen bald nach dem Augenpunktstadium.

Tigerforellen von weiblichen Bachforellen (BF) und männlichen Bachsaiblingen (BS), BF x BS, zeigen nach SUZUKI & FUKUDA (1973a), CHEVASSUS (1979), MCKAY et al. (1992), KLUPP (1998) und SCHURIG (2001) sehr gute Erbrütungserfolge, während die reziproke Kreuzung BS x BF nur wenige Überlebende erbringt. DAY (1884, 1886) und ALM (1955) beschreiben ähnliche Beobachtungen bei der Kreuzung von Atlantischer Lachs (*Salmo salar*) mit Bachforelle (*Salmo trutta fario*) oder Meerforelle (*Salmo trutta trutta*) und führen dies auf ungleiche Größen der Kreuzungspartner zurück. Die Spermien großer Milchner (männliche Fische) können demnach die kleinen Eier deutlich kleinerer Rogner (weibliche Fische) nicht befruchten, aufgrund einer zu engen Mikropyle der Fischeier. In eigenen Untersuchungen am Institut für Fischerei Starnberg in den Jahren 1999 – 2000 (REITER 2001) konnten dagegen auch Tigerforellen nach der zweiten Variante BS x BF mit Überlebensraten von zirka 50 % produziert werden. Die Größenunterschiede zwischen den in der Zucht eingesetzten Bachsaiblingen und Bachforellen waren hierbei nicht besonders gravierend.

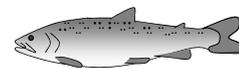
ALM (1955) führte mit den Fischarten Seesaibling (SS) und Bachsaibling (BS) folgende Kreuzungen, Rückkreuzungen, F2-Kreuzungen und Kombinationen davon durch (der weibliche Elternteil wird dabei immer zuerst genannt: ♀ x ♂): SS x BS, BS x SS, (SS x BS) x (SS x BS), (SS x BS) x BS, (SS x BS) x SS, [(SS x BS) x BS] x [(SS x BS) x BS], SS x [(SS x BS) BS] und [(SS x BS) x BS] x SS. Die Ei- und Larvenverluste bis zum Ende des Dottersackstadiums bewegten sich bei Reinzuchten zwischen 4 und 75 %, bei F1-Kreuzungen zwischen 40 und 53 % und bei F2-Kreuzungen zwischen 63 und 95 %. Die Rückkreuzungen zeigten Verluste zwischen 25 und 81 %. Bei weiterführenden Kreuzungen mit den Rückkreuzungstieren mussten Verluste zwischen 62 und 100 % festgestellt werden. Im Vergleich zu anderen Hybriden war die Mortalität bei der Produktion von Elsässer Saiblingen am geringsten.



ALM (1955) sieht im Elsässer Saibling die größten Chancen, weshalb er diesen Fisch für die praktische Nutzung in der Forellenteichwirtschaft empfiehlt. Überdies erreichten diese Hybriden nach seinen Untersuchungen bessere Wachstumsraten als die reinen Nachkommen. Die Variationsbreite der Fischgrößen ist in der Hybridzucht jedoch größer. Die Elsässer Saiblinge waren besser und einfacher in Becken zu halten (auch bei höheren Temperaturen) als Seesaiblinge und hatten eine längere Lebenserwartung als Bachsaiblinge. Auch CHEVASSUS (1979) sieht in der Hybridkreuzung einen interessanten Kompromiss verschiedener Kriterien zwischen empfindlichen schnellwüchsigen und stabilen aber langsamer wachsenden Arten. Schnellwüchsige Bachsaiblinge sind nach seinen Erkenntnissen sehr empfänglich für Krankheiten, wie z. B. Furunkulose. Die Kreuzung mit langsamer wachsenden Seesaiblingen bringt Elsässer Saiblinge mit durchschnittlichen Wachstumsraten und gleichen oder höheren Überlebensraten wie reine Seesaiblinge.

Auch die Färbung der Kreuzungstiere wurde von ALM (1955) als intermediär beschrieben. Junge Elsässer Saiblinge sind noch sehr schwer von ihren Eltern zu unterscheiden. Die Jugendflecken erinnern eher an Seesaiblinge, obwohl durch den Einfluss der Bachsaiblinge weniger scharf abgegrenzt. Die Rückenflosse ist gegenüber dem Seesaibling stärker pigmentiert, weist jedoch nicht diese Vielzahl an schwarzen Punktreihen auf, wie es der Bachsaibling zeigt. Ältere Elsässer Saiblinge haben weit weniger und kleinere helle Flecken als der Bachsaibling. Auch fehlt der für Bachsaiblinge typische blau schimmernde Kreis um die hellen Flecken. Der Rücken ist beim Seesaibling einfarbig gefärbt, während der Bachsaibling deutlich marmoriert erscheint. Rücken, Rückenflosse und Schwanzflosse des Elsässer Saiblings sind marmoriert, aber deutlich unauffälliger als beim Bachsaibling. Die paarigen Flossen und die Afterflosse erinnern mit einem weiß-schwarzen Vorderrand eher an den Bachsaibling. Die reziproken Hybriden BS x SS und SS x BS sind äußerlich nicht zu unterscheiden (SUZUKI & FUKUDA 1973a, SUTTERLIN et al. 1977). Nach Erfahrungen von BOHL (1999) sind Elsässer Saiblinge auch von Seesaiblingen äußerlich nicht zu unterscheiden. Das äußere Erscheinungsbild der F₂- und post-F₂-Hybriden ist variabler und häufig den Ausgangsfischen ähnlicher, woraus SCHMID (2000, 2002) und MAYER (2001a) folgerten, dass sich die Nachkommen nach mehreren Generationen wieder in die Elternformen aufspalten würden. Diese Vermutung konnte jedoch durch Genanalysen von GROSS et al. (2001b, 2003) widerlegt werden.

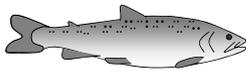
Neben ALM befassten sich DAY (1882, 1884, 1886), SOGURI (1936), CHIMITS (1963), SUTTERLIN et al. (1977) und DUMAS et al. (1992, 1995a, 1995b, 1996) intensiv mit der



Kreuzung von Seesaibling (SS) und Bachsaibling (BS). SUZUKI & FUKUDA (1971a, 1971b, 1973a, 1973b) kreuzten japanische Saiblinge mit Bachsaiblingen. Diese Studien zeigten bezüglich Überlebensrate und Wachstum meist Ergebnisse und Leistungen der reziproken Hybriden, die zwischen den elterlichen Reinzuchten lagen (intermediär) oder bestenfalls vergleichbar mit dem besseren Elternteil waren. Die Erbrütungsverluste bei Elsässer Saiblingen waren bei DAY (1882, 1884, 1886) zwischen 23 und 32 %. Rückkreuzungen und F₂-Kreuzungen zeigten mit 63 – 78 % bzw. 83 – 99 % deutlich höhere Verluste. In den Experimenten von SUTTERLIN et al. (1977) hatten die Reinzuchten von Bachsaiblingen Überlebensraten bis zur Anfütterung von 85 – 93 %, während von den reinen Seesaiblingen in diesem Fall nur 5 % überlebten. Die Kreuzungen BS x SS bzw. SS x BS lagen mit 89 bzw. 68 % Überlebensrate dazwischen. Tiere der Kreuzung BS x SS wuchsen schneller als reine Bachsaiblinge und Hybriden der Kreuzung SS x BS. Reine Bachsaiblinge hatten in den Versuchen von DUMAS et al. (1992) bis zum Alter von zehn Wochen mit 59 % höhere Überlebensraten als reine Seesaiblinge mit 48 %. Die Ergebnisse der reziproken Kreuzungen SS x BS und BS x SS waren mit 58 bzw. 54 % intermediär.

Alle Elsässer Saiblinge werden geschlechtsreif, wenn auch die Weiterzuchtung mit den Hybriden schwieriger ist. F₂- und post-F₂-Nachkommen sind weniger vital und zeigen höhere Verlustraten, was auf eine schlechtere Gametenqualität der Elsässer Saiblinge zurückzuführen ist (ALM 1955, CHEVASSUS 1979). DUMAS et al. (1996) teilten die durchschnittliche Spermaqualität (Average sperm quality ASQ) in einer Rangfolge von 0 bis 3 (0: kein Sperma, 1: wässrig und geringe Anzahl, 2: mittlere Viskosität und reichlich, 3: hohe Viskosität und reichlich) ein. Sie fanden bei den Hybriden (ASQ = 1,00 – 1,56) eine signifikant schlechtere Spermaqualität im Vergleich zu den Reinzuchten (ASQ = 1,77 – 2,87).

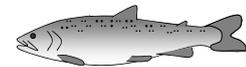
Durch Triploidisierung (Dreifacher Chromosomensatz, zwei von der Mutter und einer vom Vater) konnten auch Hybriden zwischen verschiedenen Gattungen erfolgreich erzeugt werden. BLANC & POISSON (1988) führten Kreuzungen von weiblichen Regenbogenforellen und männlichen Seesaiblingen durch. Diese waren nur erfolgreich, wenn die Nachkommen durch Hitzeschock (20 Minuten in 26,5 °C warmem Wasser, 25 Minuten nach der Besamung) triploidisiert wurden. Während nahezu alle diploiden Hybriden starben, überlebten etwa 40 % der triploiden Tiere bis zum Alter von 90 Tagen. DORSON et al. (1991) kreuzten weibliche Regenbogenforellen (RF) und männliche Bachsaiblinge (BS), Seesaiblinge (SS) und Namaycush (Nam). Durch 20-minütigen Hitzeschock in 26,5 °C warmem



Wasser jeweils 35 Minuten nach der Besamung wurden die Hybriden triploidisiert. Die Überlebensraten bis zur Anfütterung der Nachkommen waren zwar geringer wie bei den reinen Arten, aber mit 42 - 56 % (RF x BS), 40 % (RF x SS) und 39 % (RF x Nam) akzeptabel. LAPATRA et al. (1993) führten reziproke Kreuzungen mit Bachsaiblingen und Regenbogenforellen durch. 20 Minuten nach der Besamung wurden jeweils die Hälfte der Eipartien für 20 Minuten in 27 °C warmem Wasser triploidisiert. Nur 8 % der diploiden Bachsaiblinge erreichten das Augenpunktstadium. Triploide BS sowie di- und triploide BS x RF-Hybriden hatten keine Überlebenden. Dagegen erreichten 10 % der diploiden und sogar 68 % der triploiden RF x BS-Hybriden das Augenpunktstadium. Auch CHEVASSUS et al. (1983), SCHEERER & THORGAARD (1983), MCKAY et al. (1992) und GRAY et al. (1992) fanden heraus, dass die Überlebenschancen von Salmonidenhybriden durch Triploidisierung gesteigert werden können. STILLWELL & BENFEY (1996a) vermuteten, dass triploide Fische, die größere Zellen mit größeren Zellkernen besitzen, einen reduzierten Sauerstoffbedarf haben. In weiteren Versuchen konnten STILLWELL & BENFEY (1996b) feststellen, dass der Sauerstoffverbrauch von weiblichen triploiden Bachsaiblingen gegenüber diploiden Rognern bei gleicher Schwanzschlagfrequenz geringer ist. ELINSON & BRIEDIS (1981) spekulierten, dass triploide Amphibien und Fische durch den zweifachen maternalen Chromosomensatz in der Lage sind, embryonale Störungen in der Entwicklung durch die Produktion von ausreichend essentiellen Molekülen zu vermeiden.

DUMAS et al. (1995b) testeten die Triploidisierung von Bachsaiblingen (BS), Seesaiblingen (SS) und deren Kreuzungen. Die Fischeier wurden in deren Untersuchung durch Hitzechock zehn Minuten nach der Befruchtung für 15 Minuten bei 28°C behandelt. Zirka 76 % der Fische waren nach der Hitzeinduktion triploid. Die Triploidisierung von SS und SS x BS führte zu Totalverlusten. Triploide BS und BS x SS-Hybriden konnten erzeugt werden, zeigten jedoch keine Vorteile hinsichtlich Salzwasserakklimation (Salzgehalt 28 ‰). Der Korpulenzfaktor von triploiden BS ($k = 0,96$) war bei einem Lebendgewicht von zirka 70 g signifikant geringer als der von diploiden BS ($k = 1,05$), aber signifikant höher als der von diploiden und triploiden Elsässer Saiblingen ($k = 0,80$ und $0,85$) und SS ($k = 0,80$).

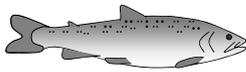
Das Verdreifachen des Chromosomensatzes hat, neben einer höheren Überlebensrate von Hybriden, den Vorteil der Sterilität, was sich besonders bei der Produktion von Speisefischen positiv auswirkt. Während sich bei Milchnern trotzdem Hoden mit unfruchtbaren Spermien ausbilden, bleiben die Eierstöcke der triploiden Rogner leer. BENFEY (1991) und



BOULANGER (1991) führten dazu Experimente an Bachsaiblingen durch. Nur in Ausnahmefällen wurden in triploiden Weibchen Eier festgestellt, so in einem Bachsaiblingsrogner (BENFEY 1995). Durch Triploidisierung können Wachstumsdepressionen und Fischverluste während der Laichzeit vermieden werden, wenn die Geschlechtsreife unterbunden wird (SCHEERER & THORGAARD 1983). Bei triploiden Fischen sind die Futterverwertung besser, das Wachstum höher, die Ausschachtungsverluste geringer und die Fleischqualität über das gesamte Jahr gleichmäßig gut (BOULANGER 1991). Da Milchner trotz Triploidisierung geschlechtsreif werden, raten BOULANGER (1991) und DUMAS et al. (1995b) zur Nutzung rein weiblicher („all female“) triploider Bachsaiblinge und Elsässer Saiblinge.

2.4 Vermehrung von Saiblingen

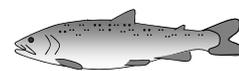
Die künstliche Vermehrung von Salmoniden stellt seit jeher höchste Anforderungen an das Wissen und das Können des Fischzuchtmeisters. Vor allem die Vermehrung von Seesaiblingen ist z. B. gegenüber Regenbogenforellen deutlich schwieriger. Häufig müssen hohe Verlustraten in Erbrütung und Aufzucht festgestellt werden. Da sich reine Seesaiblinge in Teichen schwer halten lassen und die Reproduktionserfolge oftmals nicht sehr hoch sind, werden Laichfische häufig und erfolgreich aus Wildfängen genutzt (CRITZAVA 2002). Eine verlustarme Vermehrung von Seesaiblingen aus Teichanlagen beginnt bereits mit der richtigen Haltung der weiblichen (Rogner) und männlichen Elterntiere (Milchner) vor dem Streiftermin (MAYER 2001b, 2003b). Die Haltung der Laichfische sollte im kältesten Wasser der Teichanlage stattfinden. Für die Gonadenausreifung sind nach MAYER (2003a) Wassertemperaturen zwischen 2 und 4 °C optimal. Nach JOBLING et al. (1998) sollten die Laichfische einige Wochen vor der Laichzeit bei Wassertemperaturen unter 6 °C gehalten werden, um schlechte Eiqualität zu verhindern. Ab einer Wassertemperatur von 8 °C kann die Ovulation verzögert und ab 11 °C ganz unterbunden sein (JOBLING et al. 1993a). GILLET (1991, 1994) und GILLET & BRETON (1992) stellten außerdem fest, dass die Eier von Seesaiblingen, die bei hohen Temperaturen (8 °C) gehalten wurden, sehr schnell überreif wurden. Die Kontrolle der Laichreife sollte hier mindestens zwei Mal pro Woche stattfinden. Eine gute Eiqualität konnte gesichert werden, wenn die Laichfische mindestens ein bis zwei Wochen vor der Ovulation in kälteres Wasser gesetzt wurden. In 5 °C kaltem Wasser war die Eiqualität mehr als eine Woche nach der Eireifung noch sehr hoch. Wurden die Eier erst 7 Tage nach der Ovulation abgestreift, so erreichten bei hohen Tempera-



turen nur zirka 10 – 20 % und bei niedrigen Temperaturen zirka 80 % das Augenpunktstadium. Ab einer Wassertemperatur von 11 °C blieb die Ovulation aus. JOBLING et al. (1995) vermuteten, dass die Probleme der Reproduktion von Seesaiblingen bei hohen Temperaturen auf negative Effekte bei der Biosynthese von Phospholipiden und bei der Zusammensetzung der Fettsäuren zurückzuführen sind. Eier von Laichfischen, die bei niedriger Temperatur (4 °C) gehalten wurden, wiesen im Vergleich zu Fischen in 16 °C warmen Wasser deutlich höhere Gehalte an Phospholipiden mit höheren Konzentrationen an essentiellen Omega-3-Fettsäuren EPA und DHA und geringere Werte an Triacylglycerol auf.

Salmoniden haben allgemein sehr große aber dafür eine geringe Anzahl an Eiern. Die durchschnittliche Eizahl kann pro Fisch (Absolute Fekundität) und pro Kilogramm Körpergewicht der Laichfische (Relative Fekundität) angegeben werden. In Versuchen von GILLET & BRETON (1992) wurde bei Seesaiblingen eine Relative Fekundität zwischen 2990 und 5560 Eier pro kg Körpergewicht festgestellt. Das Tausendeigewicht vor der Befruchtung und Quellung schwankte in diesen Versuchen zwischen 37 und 58 g. Bei Untersuchungen von BEBAK et al. (2000) wogen Tausend angebrütete Seesaiblingseier zwischen 65 und 73 g.

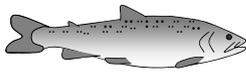
Die optimale Erbrütungstemperatur wird von BUTZ (1985) mit 2 – 12 °C für Bachsaiblinge und 3 – 8 °C für Seesaiblinge angegeben. HUMPESCH (1985) hatte den höchsten Erbrütungserfolg bei Temperaturen von 3 – 8 °C bei Bachsaiblingen und 3 – 5 °C bei Seesaiblingen festgestellt. Wärmeres Wasser über 5 °C bedeutet meist starke Verluste bei der Erbrütung von Seesaiblingen (CRITZAVA 2002). Als optimale Erbrütungstemperatur für die Entwicklung von Seesaiblingseiern wurde in Versuchen von STEINER (1984) ein Bereich von 4 bis 8 °C ermittelt. Bei dieser Temperatur liegt die Eisterblichkeit bei $\leq 10\%$. Die Sterblichkeit von Seesaiblingseiern ab der Befruchtung bis zum Schlupf liegt nach JOBLING et al. (1993a) bei einer Wassertemperatur von 5 °C zwischen 10 und 15 %, bei Temperaturen über 10 °C kann sie jedoch auf 80 – 100 % extrem ansteigen. In Versuchen von DE MARCH (1995) hatten Seesaiblinge, die bei 3 °C erbrütet wurden, signifikant höhere Schlupf- (65 % zu 47 %) und Überlebensraten (90 Tage nach dem Schlupf: 76 % zu 59 %) als bei 6 °C. BEBAK et al. (2000) fanden heraus, dass die Überlebensrate von Seesaiblingslarven bis 90 Tage nach dem Schlüpfen bei Wassertemperaturen unter 12 °C zwischen 77 und 97 % lag, bei exakt 12 °C dagegen nur bei 67 – 74 %. HJØRNGAARD LARSEN et al. (2003) führten Erbrütungsversuche in Kaltwasser (4,7 – 5,7 °C) und bei Normaltemperatur (7,4 – 8,2 °C) durch. Bei den unterschiedlichen Wassertemperaturen waren die



Eiverluste bis zum Schlupf der Fische bei Seesaiblingen mit 83 bzw. 79 % und bei Elsässer Saiblingen (BS x SS) mit 50 bzw. 53 % etwa gleich hoch. Bachsaiblinge hatten dagegen deutlich weniger Verluste bei geringeren Temperaturen (68 % gegenüber 93 %). Die Erbrütungstemperatur bei den Versuchen von SUTTERLIN et al. (1977) betrug 7–8°C. DUMAS et al. (1995a) erbrüteten Saiblingseier bis zum Augenpunktstadium bei 8°C und danach bei 8–13°C. LAPATRA et al. (1993) erbrüteten Bachsaiblinge bei 15 °C Wassertemperatur. Nur 8 % der Nachkommen erreichten das Augenpunktstadium.

Die Entwicklungsdauer von Fischeiern von der Befruchtung bis zum Schlupf (Inkubationszeit) ist abhängig von der Wassertemperatur und wird häufig in Tagesgraden ($T^\circ = \text{Wassertemperatur in } ^\circ\text{C} \times \text{Erbrütungsdauer in Tagen}$) angegeben. Nach HUMPECH (1985) dauert die Entwicklung von Bachsaiblingseiern (BS) bei 7 °C 49–74 Tage (im Durchschnitt 431 T°) und von Seesaiblingseiern (SS) 59–74 Tage (im Durchschnitt 466 T°). LEITRITZ (1980) gibt für BS 476 T° an. GJEDREM & GUNNES (1978) haben für SS bei einer Wassertemperatur von 7–8 °C eine Entwicklungsdauer von 515 T° festgestellt. Auch nach BUTZ (1985) und BOHL (1999) haben SS mit 440–450 T° (JUNGWIRTH & WINKLER 1984) eher längere Entwicklungszeiten als BS mit 390–450 T° . Dagegen hatten in den Versuchen von DUMAS et al. (1992, 1995a) reine SS eine kürzere Erbrütungszeit als reine BS. Während SS nach durchschnittlich 454 T° schlüpften, dauerte dies bei BS 503 T° . Die Erbrütungsdauer der reziproken Kreuzungen war abhängig von den Elternteilen. Die Hälfte der Nachkommen von SS x BS war bereits nach 432 T° geschlüpft während die Erbrütung von BS x SS mit 519 T° am längsten dauerte.

Die Überlebensrate und das Wachstum der Fischlarven scheinen unter anderem auch von der Eigröße abhängig zu sein. WALLACE & AASJORD (1984b) führten Untersuchungen mit Seesaiblingseiern unterschiedlicher Größe durch. Aus den größten Fischeiern (5,4–5,8 mm Eidurchmesser) schlüpften die größten Fischlarven. Der Dottersackinhalt war bei diesen Larven fast dreimal so schwer wie bei Fischen aus kleinen Eiern (3,8–4,1 mm). Die größten Larven wiesen jedoch am häufigsten Missbildungen (z. B. geringelte Wirbelsäule oder Doppelköpfigkeit) und embryonale Erkrankungen („Blue sac disease“) auf. Bei der Gruppe der kleinsten Larven waren dagegen die meisten Toten in der Anfütterungsphase zu verzeichnen. Die Mortalitätsrate durch Verhungern („Pin-head mortality“ – Stecknadelköpfe) sank mit zunehmender Größe der Eier von 33 % auf 0 %. In der Gruppe der 5,0–5,1 mm großen Eier wiesen die Larven keine Missbildungen auf und lediglich 4 % verstarben. In Versuchen von BEBAK et al. (2000) zeigten 0,065 g schwere See-

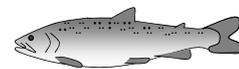


saiblingseier eine Schlupfrate zwischen 90 und 97 %, während 0,073 g schwere Eier zu 98 – 99 % schlüpften. JÓNSSON & SVAVARSSON (2000) konnten dagegen keinen signifikanten Zusammenhang zwischen Eigröße und Überlebensrate bis Ende der Dottersackphase von Seesaiblingen nachweisen. Vor allem ab Beginn der Anfütterung vermuteten jedoch auch sie Effekte auf das Überleben der Nachkommen. Diese Aussagen decken sich mit Ergebnissen von HUTCHINGS (1991) bei Bachsaiblingen, der keine Korrelation der Eigröße mit der Überlebensrate bis zum Schlüpfen, dagegen einen deutlichen Zusammenhang mit der Überlebensrate während der ersten 50 Tage der exogenen Fütterung herausfand.

2.5 Haltung von Saiblingen

Seesaiblinge sind sehr empfindlich und schwierig in der Teichwirtschaft zu halten. Zur Anfütterung von Seesaiblingen ist eine Temperatur zwischen 6 und 10 °C optimal. Die Vorzugstemperatur adulter Tiere wurde bei 11-13 °C ermittelt (MAYER 2003a). Die besten Zuwachsraten werden nach JOBLING et al. (1993a) bei Temperaturen zwischen 12 und 15 °C erreicht. Das Temperaturoptimum liegt bei 14 °C (JOBLING 1983). Nach WRAY (1998) liegt die optimale Haltungstemperatur zwischen 8 und 14 °C. Seesaiblinge fressen aber auch bei 0,5 °C und 17 °C und vertragen Temperaturen zwischen 0 °C und 22 °C. Verhältnismäßig gute Zuwachsraten bei Wassertemperaturen unter 2 °C stellten auch BRÄNNÄS & LINNÉR (2000) fest. Darin haben Seesaiblinge Vorteile gegenüber Bach- und Regenbogenforellen, die bei diesen tiefen Temperaturen kein Futter mehr aufnehmen. Tiefe Teiche mit guter Durchströmung sind nach CRITZAVA (2002) für die Seesaiblingsproduktion ideal. Die Wassertemperatur kann im Winter unter 5 °C sinken, sollte im Sommer aber 15 °C nicht übersteigen. Temperaturen ab 19 °C führten bei Versuchen von DUMAS et al. (1996) zum Totalausfall. Bachsaiblinge erreichen die besten Zuwachsraten bei Temperaturen zwischen 12 und 15 °C (BOHL 1999).

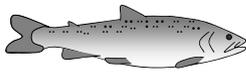
Bachsaiblinge wachsen besser bei geringer Haltungsdichte. VIJAYAN & LEATHERLAND (1988) führten Versuche mit 110 – 160 g schweren Bachsaiblingen durch. Die tägliche Wachstumsrate war bei höchster Besatzdichte der Fische (120 kg/m³) mit 0,53 %/Tag am niedrigsten und bei geringster Besatzdichte (30 kg/m³) mit 1,26 %/Tag am höchsten. Ebenso waren die Futterraufnahme (0,62 %/Tag zu 1,07 %/Tag) und die Futtermittelverwertung (1,19 zu 0,85) bei hoher Haltungsdichte schlechter. Eine geringe Haltungsdichte zwischen



15 und 19 kg/m³, wie in den Versuchen von DUMAS et al. (1995b), kommt dem Bachsaibling entgegen.

Für den Seesaibling trifft genau das Gegenteil zu, da die höchsten Zuwachsraten bei einer hohen Bestandsdichte von 40 – 60 kg/m³ erreicht werden (BAKER & AYLES 1990). Die optimale Bestandsdichte zur Aufzucht von Seesaiblingen liegt nach WALLACE et al. (1988) und JØRGENSEN et al. (1993) sogar noch höher, bei 100 kg/m³ oder gar darüber. Nach JOBLING et al. (1998) ist das Wachstum in Bestandsdichten zwischen 50 und 120 kg/m³ hoch und gleichmäßig, eine gute Wasserqualität vorausgesetzt. WALLACE et al. (1988) stellten fest, dass das Wachstum von jungen Seesaiblingen direkt proportional mit der Fischbestandsdichte korreliert. Brütlinge (0,1 – 2,0 g Lebendgewicht) bei geringen Dichten von 25 – 50 Fischen pro Liter Beckenvolumen wuchsen signifikant langsamer als bei hohen Dichten zwischen 70 und 250 Fischen pro Liter. Ähnliches wurde bei größeren Brütlingen über 5 g Lebendgewicht festgestellt. In hohen Bestandsdichten zwischen 40 und 90 kg/m³ wuchsen die Fische schneller als bei 15 – 40 kg/m³. Die Fische in mittlerer Bestandsdichte wuchsen wiederum schneller als bei 5 – 10 kg/m³. 30 g schwere Seesaiblinge wurden sogar in Bestandsdichten bis 225 kg/m³, bei guten Zuwachsraten und ohne Haut- und Flossenschäden gehalten. JØRGENSEN et al. (1993) hatten bei einer geringen Bestandsdichte von 15 kg/m³ den geringsten Zuwachs bei Seesaiblingen. Während hier die Spezifische Wachstumsrate (Specific growth rate SGR) nur zwischen – 0,10 und 0,36 %/Tag lag, erreichten Seesaiblinge bei mittleren und hohen Bestandsdichten von 60 und 120 kg/m³ eine SGR zwischen 0,86 und 1,13 %/Tag. Die schlechteren Zuwachsraten bei geringerer Bestandsdichte sind auf die spärlichere Futteraufnahme zurückzuführen. Auch größere Seesaiblinge um 200 g Lebendgewicht wuchsen in Versuchen von BRÄNNÄS & LINNÉR (2000) bei höherer Haltungsdichte schneller.

WALLACE et al. (1988) stellten die Vermutung an, dass eine geringe Bestandsdichte und/oder restriktive Fütterung das aggressive Verhalten von Seesaiblingen fördert und zu Stress und reduziertem Wachstum führt. Bei hohen Fischdichten dagegen bilden sich keine Dominanzhierarchien aus und die Fische verhalten sich disziplinierter und weniger aggressiv. Dies führt zu einem gleichmäßigen Wachstum und einer maximalen Zunahme an Gesamtbioasse (JOBLING 1995). Auch BROWN et al. (1992) beobachteten bei höheren Besatzdichten von Seesaiblingen verstärktes Schwarmbildungsverhalten und weniger Kampfkationen. Sie argumentierten, dass dieses Verhalten zu geringerem Energieverbrauch und besserem Wachstum führt. JØRGENSEN et al. (1993) stellten ähnliches fest,

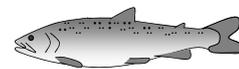


konnten diese Hypothese aber nicht zwingend beweisen. Höhere Verlustraten und tendenziell mehr Bissmarken bei geringer Besatzdichte lassen jedoch die Ausbildung einer Rangordnung vermuten. SIIKAVUOPIO & JOBLING (1995) beobachteten in Beständen von wild gefangenen juvenilen Seesaiblingen (Körperlänge ca. 20 cm) ein starkes Aggressivitätsverhalten, mehr Flossenschädigungen durch Bissattacken und höhere Mortalität aufgrund von Energieverluste und Verletzungen, wenn die Tiere bei geringer Dichte (30 kg/m^3) gehalten wurden. In Bestandsdichten von 150 kg/m^3 wurde dagegen kaum aggressives Verhalten festgestellt.

Bei hohen Besatzdichten kann auf die Größensortierung von Seesaiblingen verzichtet werden, wie WALLACE & KOLBEINSHAVN (1988) feststellten. Die Zuwachsraten und die Futtermittelverwertung waren durch die Sortierung nach Größe nicht besser, sondern in Versuchen von BAARDVIK & JOBLING (1990) sogar schlechter im Vergleich zu unsortierten Gruppen. JOBLING & REINSNES (1987) vermuteten, dass gleichgroße Seesaiblinge nach der Sortierung eine neue Hierarchie aufbauen, was den Biomassezuwachs nicht fördert. Kleinere Fische wuchsen bei Absenz großer Fische zwar besser, allerdings führte die Größensortierung bei einigen größeren Fischen zu langsamerem Wachstum.

Während der Bachsaibling nach PIWERNETZ (2002) schon mit 100 – 150 g laichreif werden kann, wächst der Elsässer Saibling in zwei Jahren vor Eintreten der Laichreife auf 300 – 500 g heran. Während der Laichzeit der Elsässer Saiblinge treten kaum Verpilzungen und wenig Verluste auf. Laut GERSTNER (2003) erreichen Bachsaiblinge dagegen ähnlich schnelles Wachstum wie Elsässer Saiblinge und im Alter von 15 – 22 Monaten, vor der Laichreife, 300 – 600 g Schlachtgewicht. Bachsaiblingseiern sind nur halb so teuer wie Eier von Elsässer Saiblingen und die Erbrütungs- und Aufzuchtverluste sind bei Bachsaiblingen geringer. Teichwirte würden deshalb Bachsaiblinge bevorzugen.

Probleme bei der Haltung von Saiblingen treten vor allem dann auf, wenn die Tiere geschlechtsreif werden. Geschlechtsreife Tiere wachsen deutlich langsamer, sind anfälliger gegen Erkrankungen und zeigen während der Laichzeit eine schlechtere Fleischqualität. JOBLING & BAARDVIK (1991) stellten fest, dass Seesaiblingsmilchner, die im zweiten Lebensjahr geschlechtsreif wurden, deutlich kleiner blieben als Milchner, die erst im dritten Jahr in die Geschlechtsreife kamen. Am größten waren die Milchner, die als letzte geschlechtsreif wurden und Rogner, die generell spätreif sind. In Versuchen von DUMAS et al. (1996) führten Temperaturen ab $19 \text{ }^\circ\text{C}$ zum Totalausfall bei Seesaiblingen. Bei Bach-

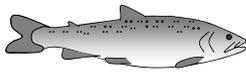


saiblingen dagegen waren in den ersten beiden Lebensjahren kaum Verluste zu beobachten. Nach der Laichzeit im zweiten und vor allem im dritten Jahr kam es jedoch zu gravierenden Fischsterben und nur 6 % überlebten das dritte Jahr. Bei Elsässer Saiblingen waren zwar auch Verluste nach der Laichzeit festzustellen, aber nicht in diesem Ausmaß. Immerhin 34 – 35 % überlebten 36 Monate. Die Zucht von spätreifen Tieren durch Selektion ist nach NILSSON (1992) möglich und sinnvoll. Die Vererblichkeit (Heritabilität h^2) der frühen oder späten Geschlechtsreife liegt nach dessen Untersuchungen mit Seesaiblingen im Durchschnitt bei 0,34. JOBLING et al. (1993a) raten zu einer genetischen Selektion auf spätreife Tiere in Kombination mit der Verwendung rein weiblicher Bestände, um einen langfristigen Erfolg in der Saiblingsproduktion sichern zu können.

Ein hoher Anteil der Elsässer Saiblinge wird bereits nach dem zweiten Sommer geschlechtsreif (SUZUKI & FUKUDA 1973b). Das Problem der frühen Geschlechtsreife von Bachsaiblingen kann demnach durch Hybridzucht nicht behoben werden (SUTTERLIN et al. 1977). Im Vergleich zu Bachsaiblingsrognern (88 %) sind zweijährige weibliche Elsässer Saiblinge (SS x BS: 34 %, BS x SS: 31 %) nach DUMAS et al. (1996) aber doch in geringerer Anzahl geschlechtsreif. Seesaiblingsrogner sind im zweiten Jahr erst zu 5 % geschlechtsreif. Im vierten Jahr sind bezüglich des Gonadenanteils (Gonadosomatischer Index GSI) keine Unterschiede mehr feststellbar.

2.6 Fütterung von Saiblingen

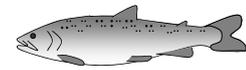
Die Anfütterung von Seesaiblingen erweist sich oftmals als schwierig, während Bachsaiblinge in dieser Beziehung unkomplizierter sind. Die besten Anfütterungserfolge und die geringste Mortalitätsrate hat man bei Seesaiblingen bei Verwendung von lebendem Plankton. Auch gefrostenes Plankton wird gerne genommen. STEINER (1984) stellte fest, dass das damals verfügbare Trockenfutter mit der „harten“ und „scharfkantigen“ Konsistenz und der inhomogenen Partikelgröße im Gegensatz zu vergleichsweise großem Plankton mit „weicher“ Konsistenz und attraktiver Form nicht so gerne aufgenommen wird. Moderne Forellenfuttermittel in kleinster Körnung sind besser geeignet. Nach MAYER (2003b) gelingt die Anfütterung von Seesaiblingen am besten in diffusem Dämmerlicht (50 – 100 Lux) bei hohen Besatzdichten in flachen Rinnen. Die optimale Anfütterungstemperatur beträgt nach MAYER (2003a) 6 – 10 °C. In Versuchen von WALLACE & AASJORD



(1984a) wurden Seesaiblinge bei 3 °C, 6 °C, 8 °C und 12 °C angefüttert. Bei 3 °C war die Spezifische Wachstumsrate (SGR) mit 1,1 – 1,5 %/Tag am geringsten. Bei 12 °C war die Mortalitätsrate gegenüber den anderen Temperaturen extrem erhöht. Die optimale Wassertemperatur zur Anfütterung von Seesaiblingen mit der höchsten Zuwachsrate und geringen Verlusten wurde bei 8 °C festgestellt. Temperaturen zwischen 6 und 8 °C werden empfohlen. Eine Anfütterung im frühen Dottersackstadium der Seesaiblinge – bereits 9 Tage nach dem Schlüpfen, wenn erst 4 % des Dottersackinhalts verbraucht sind – hat sich als optimal erwiesen (SGR 3,0 %/Tag).

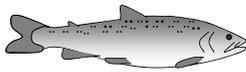
Die Trockenfuttermittel werden in der Aquakultur dem physiologischen Bedarf der wachsenden Saiblinge in Größe und Inhaltsstoffen angepasst. Die Korngröße richtet sich nach der Maulgröße der zu fütternden Fische. Um einen maximalen Zuwachs zu erreichen, empfiehlt TABACHEK (1988) eine Körnung von 1,1 – 1,3 mm für 3 g schwere Seesaiblings-Brütlinge mit einer durchschnittlichen Körperlänge von 73 mm. Mit zunehmender Fischgröße nimmt auch die optimale Korngröße zu. 9 g schwere Fische (97 mm Körperlänge) z. B. wuchsen am schnellsten mit 1,3 – 2,2 mm Futter und 21 g schwere Brütlinge (133 mm Körperlänge) hatten die höchste Spezifische Wachstumsrate (1,7 %/Tag) bei Futter mit einer Partikelgröße von 3,1 mm. Neben Zuwachs und Wachstumsrate war auch die Futtermittelverwertung bei idealer Korngröße optimal. Empfehlungen der Fa. Icy Waters wurden von BASS (1998) zusammengestellt. Für 15 – 50 g schwere Seesaiblinge wird der Einsatz von Futterpartikeln mit einem Durchmesser von 2,0 mm angeraten. 50 – 100 g-Fische sollten 2,5 mm-Futter und 100 – 350 g-Tiere Futterkörnungen von 3,5 mm Größe erhalten.

Da die Spezifische Wachstumsrate bei kleinen Fischen höher ist, ist auch der relative Eiweißbedarf in dieser Lebensphase am höchsten. Die Futtermittelhersteller reagieren auf die Änderungen der physiologischen Anforderungen wachsender Fische mit einer sinkenden Eiweiß- und einer steigenden Fettkonzentration im Fischfutter. Brutfutter enthalten üblicherweise 50 – 60 % Rohprotein und 10 – 20 % Rohfett bei einer Bruttoenergie von 20 – 22 MJ/kg. Die optimale Futterzusammensetzung für 5 – 50 g schwere Seesaiblinge besteht nach TABACHEK (1986) aus 54 % Rohprotein und 20 % Rohfett. Mastfutter dagegen weisen in der Regel einen Rohproteingehalt zwischen 40 und 50 % und einen Rohfettgehalt zwischen 15 und 30 % bei 21 – 24 MJ/kg Bruttoenergie auf. Das Eiweiß-Energie-Verhältnis wird mit zunehmender Fischgröße immer geringer.



Die Bestimmung der idealen Futtermenge wird von vielen Faktoren beeinflusst. Entscheidend sind die Fischart und -größe, die Wassertemperatur und die Energiedichte bzw. Qualität des Futters. Im Allgemeinen wird die optimale Futtermenge (Fütterungsintensität) in Prozent des Lebendgewichts angegeben. Kleine Fische erhalten in der Regel höhere Futterprozentage als große Fische. Höhere Wassertemperatur führt bei wechselwarmen Tieren zu gesteigerter Stoffwechselaktivität. Die Fütterungsintensität kann deshalb bei zunehmender Wassertemperatur bis zu einem Optimum ansteigen, muss allerdings bei zu hohen Temperaturen ($> 15\text{ °C}$) wieder reduziert werden. Im Produktkatalog der Firma BIOMAR (2002) erhalten Saiblinge die höchsten Tagesrationen bei 16 °C . Fische zwischen 50 und 150 g bekommen dann laut Futtertabelle täglich $1,58\%$ des Lebendgewichts, zwischen 150 und 400 g Lebendgewicht $1,15\%$ und zwischen 400 und 600 g $0,97\%$. JOBLING et al. (1993a) haben eine Futtertabelle für Seesaiblinge von 10 – 750 g Lebendgewicht bei $2 - 10\text{ °C}$ Wassertemperatur aufgestellt. Die tägliche Futtermenge kann demnach bei 10 °C etwa vier Mal so hoch sein wie bei 2 °C Wassertemperatur. 10 g schwere Seesaiblinge erhalten bei einer Wassertemperatur von 10 °C täglich $1,8\%$ und 750 g Fische $0,4\%$ des Lebendgewichts. POHLHAUSEN (1983b) hatte festgestellt, dass Seesaiblinge sogar unter 2 °C bis knapp über 0 °C Futter aufnehmen und wachsen. Die Tagesrationen von qualitativ hochwertigen und energiereichen Futtermitteln sind in der Regel geringer als bei minderwertvollen Futtermitteln. Extrudierte Futtermittel, die häufig fettreicher und deren Kohlenhydrate durch Druck und Hitze aufgeschlossen sind, werden üblicherweise in geringeren Mengen verfüttert als Pellets, die diesen Prozessen nicht ausgesetzt waren.

Die Fütterung von Versuchsfischen wird im Allgemeinen ad libitum (ad lib.) durchgeführt, das heißt, die Fische können fressen so viel sie wollen. Dies ermöglicht die Darstellung des maximalen Wachstumspotentials jeder Fischgruppe. Die Fische werden von Hand oder per Futterautomat gefüttert. VIJAYAN & LEATHERLAND (1988) fütterten Bachsaiblinge ein Mal täglich von Hand bis zur Sättigung. Die Fütterung wurde eingestellt, wenn einzelne Pelletkörner für mindestens eine Minute nicht mehr gefressen wurden und auf den Boden sanken. Die tägliche Futteraufnahme lag in Abhängigkeit von der Besatzdichte der 110 – 160 g schweren Bachsaiblinge zwischen $0,62$ und $1,07\%$ /Tag. Die Wachstumsrate lag zwischen $0,53$ und $1,26\%$ /Tag bei einer Futterverwertung zwischen $0,85$ und $1,19$. Zweisömmerige, nicht geschlechtsreife Seesaiblinge zwischen 16 und 25 cm Körperlänge hatten in Versuchen von BAARDVIK & JOBLING (1990) eine Spezifische Wachstumsrate zwischen $0,69$ und $0,77\%$ /Tag.

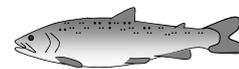


HATLEN et al. (1995) fütterten ein- (1+), zwei- (2+) und dreisömmerige (3+) Seesaiblinge über einen Zeitraum von jeweils 25 Wochen. Die Futtermittel wiesen 46 - 49 % Protein und 16 - 18 % Fett auf. Die durchschnittliche Spezifische Wachstumsrate (SGR) betrug bei 1+ Saiblingen (Anfangsgewicht 18 g – Endgewicht 209 g) 1,35 %/Tag, bei 2+ (248 – 733 g) 0,73 %/Tag und bei 3+ Fischen (509 – 1.151 g) 0,44 %/Tag.

In vorausgehenden Versuchen zur vorliegenden Arbeit am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (REITER 1999, 2000) wurden in jeweils sechs Becken je 120 Seesaiblinge von 270 auf 460 g und je 120 Elsässer Saiblinge von 230 auf 450 g aufgezogen. In dem neunwöchigen Versuch wurde ein Futtermittel mit 47 % Rohprotein und 25 % Rohfett eingesetzt. Insgesamt erhielten die Seesaiblinge durchschnittlich 184 g und die Elsässer Saiblinge 186 g Futter pro Fisch. Der Zuwachs der Elsässer Saiblinge war höher, da sie das vorgelegte Futter besser verwerten konnten. Ein Futterquotient von 0,88 steht dem von Seesaiblingen mit 0,95 gegenüber.

Die Fütterung mit Futterautomaten kann zu einem Auseinanderwachsen in der Fischgruppe führen, wenn das Nahrungsangebot zu gering ist und sich einige Vorwüchser die besten Plätze am Futtereinwurf sichern. Häufige und ausreichende Automatenfütterung in hohen Bestandsdichten führt dagegen bei Seesaiblingen zu einer gleichmäßigen Fischgröße und einer besseren Zuwachsrate der Fischgruppe (JOBILING 1985, WALLACE et al. 1988). Eine Größensortierung der Seesaiblinge ist unter diesen Bedingungen unnötig (WALLACE & KOLBEINSHAVN 1988). Die Spezifische Wachstumsrate (SGR) betrug in den Versuchen mit Seesaiblingen zwischen 3 und 23 g Lebendgewicht 1,3 – 1,4 %/Tag. PAPST et al. (1992) stellten dagegen keinen signifikanten Einfluss der Bestandsdichte auf die Variabilität der Fischgröße fest. Die SGR bei Seesaiblingen der Größenordnung 3 – 16 g lag zwischen 1,4 und 1,5 %/Tag.

Kreuzungen von Seesaibling (SS) und Bachsaibling (BS) liegen in der Wachstumsleistung meist intermediär zwischen den elterlichen Reinzuchten oder bestenfalls vergleichbar mit dem besseren Elternteil (ALM 1955, CHEVASSUS 1979). In den Experimenten von SUTTERLIN et al. (1977) mit Elsässer Saiblingen zwischen 2 und 54 g Lebendgewicht wuchsen Tiere der Kreuzung BS x SS mit 2,74 % Zuwachs pro Tag schneller als reine Bachsaiblinge (1,95 – 2,12 %/Tag) und Hybriden der Kreuzung SS x BS (2,08 %/Tag). Das Wachstum reiner Seesaiblinge wurde nicht untersucht. Bachsaiblinge hatten in Versuchen von DUMAS et al. (1996) in den ersten zweieinhalb Lebensjahren einen deutlichen



Wachstumsvorsprung gegenüber Seesaiblingen und Hybriden. Erst im dritten Sommer (26 Monate nach dem Schlupf) holten die Elsässer Saiblinge auf, während die Wachstumsrate der Bachsaiblinge mit Beginn der Reproduktionsphase deutlich zurückging.

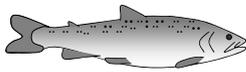
JOBLING (1987) stellte bei Seesaiblingen deutliche jahreszeitliche Schwankungen in Futteraufnahme und Zuwachs fest. Er entdeckte zwei ausgeprägte Wachstumspiks in den Monaten Juni – Juli und Dezember – Januar, trotz Haltung unter Laborbedingungen bei Dauerbeleuchtung und 10 °C Wassertemperatur. JOBLING (1987) vermutete einen endogenen Wachstumsrhythmus im 6-Monats-Zyklus. STEINER (1984) stellte fest, dass Wachstumsschübe bei Seesaiblingen ausschließlich in der kalten Jahreszeit eintreten und das Sommerwachstum bei Temperaturen über 15 °C nahezu stagniert. Von JOBLING et al. (1998) wurden eine Saisonalität im Wachstum von geschlechtsreifen und auch nicht geschlechtsreifen Fischen beschrieben. Mit Beginn der Laichzeit nahmen der Zuwachs und sogar das Gewicht der Tiere ab; die Spezifische Wachstumsrate war zwischenzeitig negativ.

MIGLAVS & JOBLING (1989) und JOBLING et al. (1993b) untersuchten das kompensatorische Wachstum von Seesaiblingen. Erstaunlicherweise waren eine teilweise restriktive Fütterung und die anschließende Umstellung auf eine Fütterung bis zur Sättigung gegenüber der ständigen Sättigungsfütterung überlegen. Anscheinend sind Seesaiblinge in der Lage das Zuwachsdefizit nach einer längeren Fastenzeit bei reichlichem Nahrungsangebot sehr gut zu kompensieren.

Die Nahrungsaufnahme ist bei Bach- und Seesaiblingen unterschiedlich. Seesaiblinge nehmen Nahrung gerne vom Boden auf („bottom feeding“) und haben deutlich schlechtere Zuwachsraten, wenn ihnen die Möglichkeit dazu genommen wird (WALLACE et al. 1988, JØRGENSEN & JOBLING 1990, BRÄNNÄS & LINNÉR 2000). Von Bachsaiblingen wird dies nicht beschrieben. JØRGENSEN & JOBLING (1989) entdeckten, dass Seesaiblinge den größten Anteil der Nahrung bei Nacht konsumierten. Im Frühling wurden 70 %, im Herbst 65 % und im Winter sogar 85 % der täglichen Futtergabe bei Dunkelheit verzehrt.

2.7 Fleischqualität bei Fischen

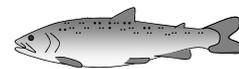
Die Qualität von Süßwasserfischen kann nach WEDEKIND (2002) in äußere und innere Qualität unterschieden werden. Zur äußeren Qualität gehören Kriterien, wie das Aussehen



(Stückmasse, Sortierung, Unversehrtheit, Frische und Körperfarbe) und die Körperzusammensetzung. Regenbogenforellen im Gewichtsbereich von 250 – 450 g weisen im Durchschnitt einen Korpulenzfaktor zwischen 1,08 und 1,48 auf. Der Schlachtkörperanteil (ausgenommen mit Kopf) liegt in der Regel zwischen 81 und 89 %, der Kopfanteil zwischen 14 und 18 % und der Filetanteil zwischen 45 und 52 %. Zur inneren Qualität zählt WEDEKIND (2002) die Fleischbeschaffenheit, die chemisch mit Wasser-, Eiweiß- und Fettgehalt und physikalisch mit pH-Wert, Wasserbindungsvermögen, Festigkeit, Farbe und Elektrische Leitfähigkeit ausgedrückt werden kann. Daneben wird die Fleischqualität technologisch (Räucher-, Gar-, Gefrier-, Kühllagerverlust, Farbhaltung), sensorisch (Farbe, Geruch, Geschmack, Konsistenz) und mikrobiologisch (Gesamtkeimzahl) überprüft. Durchschnittliche Werte für Regenbogenforellen liegen bei 23 – 29 % Trockensubstanzgehalt, 2,7 – 8,1 % Intramuskulärer Fettgehalt, pH-Wert 24 Stunden post mortem 6,1 – 6,9, Wasserbindungsvermögen 5,1 – 13,3 % (Gewichtsverlust durch freiwerdendes Muskelgewebwasser post mortem) und Gewichtsverlust beim Garen 15,4 – 23,3 %.

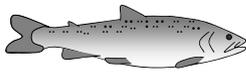
Die Schlachtkörpermaße von Saiblingen können zum Teil sehr unterschiedlich sein. Anhand der morphometrischen Daten, wie Lebendgewicht, Körperlänge, Kopflänge, Körperhöhe und Korpulenzfaktor ($k = \text{Lebendgewicht} \times 100 / \text{Körperlänge}^3$) können Fischarten unterschieden werden. Gerade der Korpulenzfaktor drückt aus, wie kompakt und voluminös bzw. schlank und langgestreckt der Körper gebaut ist. In Versuchen von DUMAS et al. (1995b) war der Korpulenzfaktor von triploiden Bachsaiblingen ($k = 0,96$) bei einem Lebendgewicht von zirka 70 g signifikant geringer als der von diploiden Bachsaiblingen (1,05), aber signifikant höher als der von diploiden und triploiden Elsässer Saiblingen (0,80 und 0,85) und Seesaiblingen (0,80). JØRGENSEN et al. (1993) stellten bei Seesaiblingen unterschiedliche Korpulenz, abhängig von der Fischbestandsdichte fest. Bei einer geringen Besatzdichte von 15 kg/m^3 hatten die zirka 50 g schweren Tiere einen Korpulenzfaktor von durchschnittlich 0,85. Bei höherer Bestandsdichte von 60 und 120 kg/m^3 und höherer Futteraufnahme sowie Zuwachsraten lagen die Werte der zirka 90 g schweren Seesaiblinge dagegen zwischen 1,04 und 1,06.

Der Gonadenanteil (Gonadosomatischer Index GSI) von ein- (1+), zwei- (2+) und dreisömmerigen (3+) Seesaiblingen wurde von HATLEN et al. (1995) untersucht. 1+ Saiblinge wiesen einen Gonadenanteil von 0,1 % auf. Bei 2+ Fischen stieg der GSI von Anfang Februar bis Ende Juli von 0,2 auf 2,1 %. Bei 3+ Tieren war in diesem Zeitraum ein starkes Gonadenwachstum von 0,6 % auf 7,9 % des Körpergewichts zu beobachten. Ein deutlicher



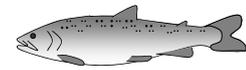
Zusammenhang von Gonadengewicht und Geschlechtsreife war erkennbar. GILLET & BRETON (1992) beobachteten bei geschlechtsreifen Seesaiblings-Rognern im Jahresverlauf eine exponentielle Zunahme des GSI von zirka 1 % im April bis zirka 20 % im November. In eigenen Versuchen am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (REITER 1999) hatten zweisömmerige Seesaiblinge im März (275 g Lebendgewicht) einen GSI von 0,5 % und im Mai (485 g LG) von 1,4 %. Elsässer Saiblinge im gleichen Alter wiesen bei einem Lebendgewicht von 225 g einen Gonadenanteil von 0,7 % und bei einem Lebendgewicht von 430 g 1,3 % auf. MCCORMICK & NAIMAN (1984) stellten fest, dass die Geschlechtsreifung von Bachsaiblingen weniger von Alter und Wachstumsrate aber mehr von der Größe abhängig ist. Bereits 44 – 72 % der Milchner und 3 – 38 % der Rogner zwischen 14 und 50 g Lebendgewicht waren bei hoher Fütterungsintensität im ersten Lebensjahr geschlechtsreif. Bei geringerer Fütterungsintensität waren die gleichaltrigen Fische nur zwischen 4 und 7 g schwer und dann nur zu 5 – 7 % geschlechtsreif. 2-sömmerige Bachsaiblinge waren mit Lebendgewichten zwischen 306 und 367 g zu 96 – 100 % und zwischen 97 und 158 g zu 86 – 100 % geschlechtsreif. Der GSI stieg bei Bachsaiblingen im zweiten Lebensjahr zu Beginn der Laichzeit auf 2 – 3 % bei Milchnern bzw. zirka 20 % bei Rognern.

Bei vierjährigen See-, Bach- und Elsässer Saiblingen wurden in Versuchen von DUMAS et al. (1996) keine signifikanten Unterschiede in Ausschlachtungsrate, Innereien- und Gonadenanteil (GSI) festgestellt. Reine Bachsaiblingsrogner (Schlachtkörpergewicht 611 g) hatten eine Ausschachtungsrate von 73,1 %, bei 26,9 % Innereien und davon 20,4 Prozentpunkte Gonaden. Weibliche Seesaiblinge (631 g, 75,5 %, 24,5 %, 18,1 %) und die Hybriden BS x SS (634 g, 74,6 %, 25,4 %, 19,6 %) und SS x BS (734 g, 75,2 %, 24,8 %, 19,7 %) zeigten ähnliche Werte. Da kein Seesaiblingsmilchner und nur ein Bachsaiblingsmilchner (731 g, 91,3 %, 8,7 %, 2,8 %) überlebten, war hier kein Vergleich mit Hybriden (BS x SS: 667 g, 92,7 %, 7,3 %, 1,9 %, SS x BS: 849 g, 93,4 %, 6,6 %, 1,6 %) möglich. In vorausgehenden Versuchen zur vorliegenden Arbeit im Jahre 1999 (REITER 1999, 2000) wiesen zweisömmerige Seesaiblinge eine Ausschachtungsrate von 87,8 % und eine Filetausbeute (mit Haut) von 50,6 % auf. Die Filets hatten einen durchschnittlich Rohprotein-gehalt von 19,0 %, 11,3 % Rohfett und 1,3 % Rohasche. Bei Elsässer Saiblingen wurden 87,3 % Ausschachtung und 48,8 % Filetanteil (mit Haut) festgestellt, bestehend aus durchschnittlich 19,5 % Rohprotein, 7,3 % Rohfett und 1,4 % Rohasche.



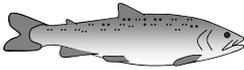
Die essbaren Anteile (Filets) von Saiblingen – häufig wird nicht zwischen den Arten unterschieden – enthalten nach KLINKHARDT (2000) bei 29,0 % Trockensubstanzgehalt, 20,2 % Protein, 8,1 % Fett und einen Mineralstoffgehalt von 0,7 %. Der Energiegehalt bezogen auf 100 g verwertbarer Anteil beträgt 644 kJ bzw. 154 kcal. In Untersuchungen von OBERLE (1998) hatten enthäutete Filets von Seesaiblingen mit einem Durchschnittsgewicht von 550 g 29,4 % Trockenmasse bestehend aus 20,0 % Protein, 6,6 % Fett und 1,2 % Rohasche. HATLEN et al. (1998) stellten fest, dass sich die Nährstoffzusammensetzung der Filets laichreifer und nicht laichreifer Seesaiblinge signifikant unterschieden. Laichreife Fische wiesen mit 74,4 % gegenüber 72,4 % deutlich mehr Wasser, dagegen signifikant geringere Rohprotein- (20,8 % zu 21,8 %) und Fettgehalte (3,0 % zu 4,0 %) auf. Interessant war auch, dass bei allen Fischen die kopfnahen Filetstücke mit durchschnittlich 5,4 % gegenüber 1,5 % in den Schwanzstücken deutlich fettreicher waren. Die Mittelstücke wiesen einen mittleren Fettgehalt von 3,5 % auf.

Freilebende Fische erhalten durch die Aufnahme von carotinhaltigem Zooplankton eine natürliche Rot-Gelb-Färbung. Bei Seesaiblingen wurden die höchsten Carotinkonzentrationen in Flossen (62 mg/kg) sowie in der Haut (37 mg/kg) und geringere Gehalte im Muskel (9 mg/kg) festgestellt (SCALIA et al. 1989). Während in Muskel und Haut nur freies Astaxanthin und Astaxanthin-Mono- und -Diester vorgefunden wurden, waren in den Flossen auch Canthaxanthin und eine nicht identifizierbare Verbindung eingelagert. Die Farbe von Fischen aus der Aquakultur wird häufig mit Hilfe carotinangereicherter Futtermittel verändert, um die Verbraucherakzeptanz zu steigern. Vor allem Saiblinge werden gerne rotfleischig verkonsumiert. Die Carotineinlagerung in ein-, zwei- und dreisömmerigen Seesaiblingen nach der Fütterung mit Carotinfutter (63 und 114 mg/kg Astaxanthin) wurde von HATLEN et al. (1995) untersucht. Nach einer 13-wöchigen Applikation führte die höhere Carotinkonzentration im Fischfutter zu höheren Carotingehalten im Fischfleisch. Nach einem Zeitraum von jeweils 25 Wochen war zwischen den Fischen aus den Fütterungsversuchen mit 63 und 114 mg/kg Astaxanthin kein Unterschied mehr feststellbar (durchschnittlich 7 mg/kg Carotin im Fleisch). Es stellte sich zudem heraus, dass die Carotineinlagerung mit zunehmendem Alter bzw. höherem Gewicht der Fische Erfolg versprechender ist. Das Fleisch der dreisömmerigen Seesaiblinge reicherte sich im Vergleich zu den jüngeren Fischen schneller mit Carotin an, blieb mit Beginn der Geschlechtsreife allerdings auf einem stabilen Niveau. Die höchsten Carotingehalte wurden in der Haut (28 – 29 mg/kg) und in den Flossen (44 – 63 mg/kg) der dreisömmerigen Tiere gemessen. Auch



CHRISTIANSEN & WALLACE (1988) maßen bei älteren Seesaiblingen (2+, Anfangsgewicht 125 g) eine höhere Carotoneinlagerung als bei jüngeren Tieren (1+, Anfangsgewicht 17 g). Zwischen der Carotinkonzentration im Filet und der Fleischfärbung von Seesaiblingen besteht ein nicht-linearer Zusammenhang, wie HATLEN et al. (1998) herausfanden. Zur objektiven Beurteilung der Färbung wurden mit dem Farbmessgerät Minolta Chroma Meter CR-200 Farbpunkte im dreidimensionalen L-a-b-Farbraum mit den drei Koordinaten L (Helligkeit), a (Rot- oder Grünfärbung) und b (Gelb- oder Blaufärbung) gemessen. Die Rot- und Gelbfärbung waren direkt, die Helligkeit indirekt proportional zur Carotinkonzentration. Die höchste Korrelation bestand zur Rotfärbung. Die Gelbfärbung war vor allem bei laichreifen Seesaiblingen stark erhöht. Dies wurde von HATLEN et al. (1998) mit einer höheren Konzentration an Idoxanthin, einem Metaboliten des Astaxanthin, im Filet laichreifer Fische begründet.

In Versuchen am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zur Färbung von Saiblingen (REITER 1999, 2000), die der vorliegenden Arbeit vorausgingen, wurden in jeweils sechs Becken je 120 Seesaiblinge von 270 auf 460 g und je 120 Elsässer Saiblinge von 230 auf 450 g aufgezogen. In dem neunwöchigen Versuch wurde ein Futtermittel mit 47 % Rohprotein und 25 % Rohfett, angereichert mit 50 mg/kg Astaxanthin, eingesetzt. Alle zwei Wochen wurden Probewiegungen durchgeführt und jeweils drei Fische der sechs Wiederholungen, also 18 Fische je Variante, geschlachtet, filetiert und die Filetfärbung mit einem Minolta-Farbmeßgerät CR-100 ermittelt. Zu Beginn und am Ende des Versuchs wurden die Schlachtkörperzusammensetzung der Fische und der Nährstoffgehalt der Filets analysiert. Die bereits sehr fettreichen Seesaiblinge lagerten im Versuch sehr viel Fett an, so dass der Fettgehalt im Filet von 8,5 % zu Versuchsbeginn auf 12,7 % bei Versuchsende anstieg. Die Elsässer Saiblinge waren zu Versuchsbeginn deutlich magerer, der Fettanteil im Filet stieg jedoch von 4,8 % auf 8,5 % bei Versuchsende. Die Fleischfärbung verlief dagegen beim Elsässer Saibling deutlich schneller. Bei vergleichbarer Färbung zu Versuchsbeginn war das Fleisch der Elsässer Saiblinge nach neun Wochen signifikant dunkler (L-Faktor für Helligkeit: 44,9) und intensiver pigmentiert (a-Faktor für Rotfärbung: 6,1 und b-Faktor für Gelbfärbung: 10,3). Die Seesaiblinge wiesen ein helleres Fleisch (L-Faktor: 48,0) und signifikant geringere Farbwerte (a-Faktor: 3,3 und b-Faktor: 7,7) auf. Die Seesaiblinge hatten einen schlechteren Futterquotienten. Eventuell war deshalb auch die Carotinabsorption weniger gut. Die ungleiche Filetfärbung ist aber wohl hauptsächlich durch Unterschiede in der Veranlagung der beiden Fischarten bedingt.



Obwohl Carotinoide fettlöslich sind, hatte der Fettgehalt im Filet keinen Einfluss auf die Fleischfärbung.

Die Laichreife hat einen erheblichen Einfluss auf die Fleischfärbung. WEDEKIND (2002) stellte eine intensivere, dunklere Färbung der Filets laichreifer, männlicher Regenbogenforellen fest. Andererseits verblasst die rote Filetfarbe, die durch carotinreiches Futter induziert werden sollte, bei beiden Geschlechtern nach Eintritt in die Laichreife. Während dieser Phase sind die Fische mit ihrem hellen Filet als so genannte Lachsforellen nicht zu verkaufen.

Nach dem Tod treten im Muskel des Fisches zwei wichtige Prozesse ein, ein pH-Wert-Abfall (Säuerung) und die Totenstarre (Rigor mortis). Durch anaerobe Stoffwechsellvorgänge wird Glykogen in Laktat umgewandelt, das zu einer Säuerung des Muskels führt. Dabei wird ATP (Adenosin-Tri-Phosphat) verbraucht. Ein typischer pH-Wert-Verlauf bei Regenbogenforellen ist in Abbildung 4 beispielhaft dargestellt. KIM (1984) beschreibt bei Regenbogenforellen einen pH-Wert-Rückgang von 7,00 (15 Minuten post mortem p. m.) auf 6,57 (19 – 24 Stunden p. m.).

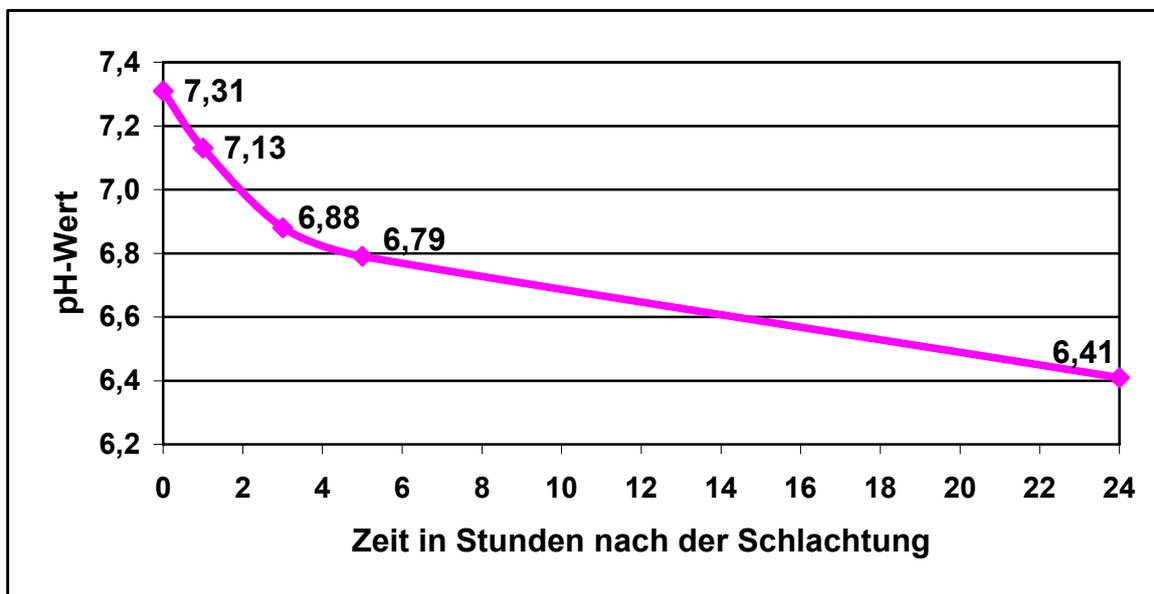
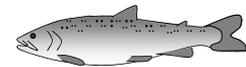


Abbildung 4: Verlauf des pH-Werts im Filet von Regenbogenforellen nach der Schlachtung

Ein niedriger pH-Wert ist wichtig und hauptverantwortlich für eine lange Haltbarkeit, da der Fleischverderb durch Abbauprozesse von Mikroorganismen im sauren Milieu (< pH 6,5) unterbunden wird. Ist ATP verbraucht, so setzt die Totenstarre ein. Nach ROBB



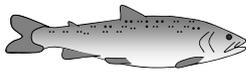
& WARRISS (1997) beginnt die totale Totenstarre bei Lachsen und Forellen je nach Tötungsart zwischen zehn und 20 Stunden nach dem Tod und endet 35 – 45 Stunden post mortem. Besonders während dieser Zeit ist auf eine niedrige Lagerungstemperatur zu achten, um Mängel bei der Fleischqualität durch die Lagerung, z. B. „gaping“ (Lückenbildung im Filet durch Aufklaffen der Muskel-Myomere) auszuschließen.

Ein anderer Qualitätsmangel kann durch eine zu tiefe Absenkung des pH-Wertes auf unter 6,0 verursacht werden. Das glasig aussehende Fleisch verliert beim Zubereiten sehr viel Wasser und wird milchig-trüb, trocken und zäh. Dieser zuerst bei Heilbutt festgestellte Zustand wird „chalky“ genannt und ähnelt laut KIM (1984) den bei PSE (pale, soft, exudative – blass, weich, wässrig) festgestellten Qualitätsfehlern des Schweinefleisches. Die Gefahr einer unerwünscht starken Fleischsäuerung ist besonders bei intensiver Fütterung bis unmittelbar vor Mastende erhöht, da gut genährte Tiere über die höchsten Energiereserven verfügen (WEDEKIND 1991).

Lange Hungerperioden können dagegen dazu führen, dass die Energiereserven des Fisches aufgebraucht werden, der Glykogengehalt sinkt und die post mortale Fleischsäuerung nur unzureichend ablaufen kann (WEDEKIND 2002). Ein hoher End-pH-Wert mit nur kurzer Haltbarkeit des Fischfleisches ist die Folge.

Eine schonende, stressarme Behandlung vor dem Schlachten bewirkt, dass der Fisch ante mortem wenig Glykogen verbraucht, wodurch der pH-Wert-Abfall und die Totenstarre nicht überstürzt sondern langsam eintritt, was für eine gute Fleischqualität sehr wichtig ist (WARRISS & ROBB 1997, ROBB & WARRISS 1997). Ein Rückschluss auf die maximale Lagerzeit lässt sich daraus jedoch nicht ableiten. SCHRECKENBACH & WEDEKIND (1998) beobachteten, dass der pH-Wert im Fleisch von Regenbogenforellen durch Stressbelastung direkt nach einem Angelvorgang auf unter 6,6 abfiel aber nach anschließender vier- bis achtstündiger Hälterung wieder auf über 6,8 anstieg.

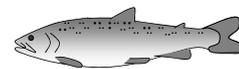
Die Fleischfestigkeit ist abhängig von Fischart, Alter, Größe und Ernährungszustand der Fische (DUNAJSKI 1979). Des Weiteren ist zu beachten, ob rohes oder gegartes Fischfleisch analysiert wird. Durch das Garen verändert sich die Muskelstruktur. Die Fleischfestigkeit kann nach dem Kochen ansteigen (BORDERIAS et al. 1983) oder abnehmen (WEDEKIND 1991). Hierbei kann die Zubereitungstemperatur wiederum Einfluss haben. DUNAJSKI (1979) stellte fest, dass Kabeljau, der bei 70 °C zubereitet wurde, die höchste Scherkraft



aufwies. Daneben beobachtete er, wie auch HOWGATE (1977), einen dominanten Einfluss des pH-Wertes auf die Fleischfestigkeit. Niedrigere pH-Werte führten zu einer mehrfach erhöhten Zähigkeit des Fleisches. Auch LOVE et al. (1974) stellten eine negative Korrelation zwischen Zähigkeit und pH-Wert (24 h p. m.) von gekochtem Kabeljaufilet fest. WEDEKIND (1991) konnte ebenfalls eine abgesicherte negative Beziehung der Fleischfestigkeit zum End-pH-Wert (24 h p. m.) von gekochten Filets des Afrikanischen Welses zeigen, während zum rohen Fisch keine Beziehung bestand. OBERLE (1995) beobachtete dagegen eine höhere Fleischfestigkeit bei höheren pH-Werten von rohem Karpfenfilet.

Wenn keine gravierenden, abstoßenden Fleischtexturmängel vorliegen, werden dem Geschmack und dem Aussehen von Fischfleisch eine viel größere Bedeutung beigemessen (HOWGATE 1977). Die sensorischen Eigenschaften von Saiblingen werden jedoch häufig unterschiedlich beurteilt. KOCH (1960) beschrieb den Seesaibling als sehr hochwertig und wohlschmeckend, während das Fleisch des Bachsaiblings trocken und verschiedentlich weniger beliebt sei. Der Bachsaibling galt um die Jahrhundertwende – entgegengesetzt der nordamerikanischen Beurteilung – als minderwertig gegenüber der Bachforelle, erlebte allerdings gerade in den letzten Jahren eine wahre Renaissance (SCHMID 1998). Laut GERSTNER (2003) ist es möglich, bei Einsatz hochwertigen Futters und bei kontrollierter Wasserqualität ganzjährig Bachsaiblinge in Premiumqualität anzubieten. Der Elsässer Saibling gehört nach PIWERNETZ (2002) zu den schmackhaftesten Fischen, die im Süßwasser produziert werden können. Den Bachsaibling, der schon mit 100 – 150 g laichreif werden kann und dann an Geschmack verliert, lässt der Elsässer Saibling „im Geschmack weit hinter sich“. Seesaiblinge wurden in einem Vergleichessen, bei dem 195 Testpersonen teilnahmen, gegenüber Regenbogenforellen, Karpfen, Graskarpfen und Brachsen in Geschmack, Aussehen und Gesamteindruck signifikant besser beurteilt (OBERLE 1998). Auch WRAY (1998) bezeichnet den Seesaibling als den feinsten Süßwasserfisch auf dem Markt und vermutete einen weiteren „Goldrausch“ auf die unter „Yukon Gold“ angebotenen Fische aus Kanada.

Die sensorische Bewertung der organoleptischen Eigenschaften von Fischen kann nach verschiedenen Methoden durchgeführt werden. WEDEKIND (2002) beschreibt die Paarweise Unterschiedsprüfung und die Rangordnungsprüfung. Getestet werden Geruch, Farbe, Festigkeit und Geschmack von in einem Umluftherd gegarten, ungewürzten Filets ohne Haut. OBERLE (1995) verwendete das Prüfverfahren „Bewertende Prüfung mit Skale“ (1 = unzureichend bis 9 = hohe Qualität) und ließ Geruch, Geschmack, Festigkeit, Faserig-

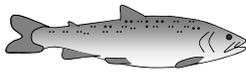


keit, Saftigkeit, Farbe und Gesamteindruck von Karpfenfilets überprüfen. Die ungewürzten Teilstücke wurden im Wasserdampf gegart. BAEDER et al. (1947) testeten Wild- und Zuchtformen von Bachsaiblingen auf Geruch, Geschmack, Textur und Saftigkeit. Die gebratenen Fische wurden von einem Juroren-Panel auf einer Skala von 1 bis 7 (geringe bis hohe Qualität) bewertet. Die wild gefangenen Fische wurden in allen vier Kriterien besser beurteilt, fast immer hochsignifikant. Zu berücksichtigen ist allerdings, dass die Zuchtfische über 1,5 Jahre mit einem Futter basierend auf Rinder- und Schweineschmalz und Pferdefleisch gefüttert wurden. Während die Wildfische ein schönes, rosa gefärbtes Filet aufwiesen, waren die Filets der Farmfische sahnig-weiß.

2.8 Fischgesundheit

Fische stehen in enger Wechselwirkung mit Umwelt und Erregern und können in vielfältiger Weise erkranken. Bereits die leichte Form einer Erkrankung kann zu Störungen im Wohlbefinden, reduzierter Futteraufnahme, langsamerem Wachstum und schlechterer Futtermittelverwertung führen. Stärker ausgeprägte Krankheiten oder multifaktorielle Einflüsse führen häufig auch zum Tod. Eine schlechte Wasserqualität, die beim Fisch Stress hervorruft, in Verbindung mit parasitologischen oder bakteriologischen Erkrankungen ist eine der häufigsten Todesursachen in der Fischhaltung. Darüber hinaus können seuchenartig auftretende Viruserkrankungen ganze Fischbestände ausrotten. Um die Verbreitung dieser gefährlichen Krankheiten zu vermeiden wurde die Fischseuchen-Verordnung nach der europäischen Richtlinie 91/67/EWG erlassen. Davon speziell erfasst sind in Anhang A, Liste I und II, die Infektiöse Anämie der Lachse (ISA), die Infektiöse Hämato-poetische Nekrose der Salmoniden (IHN) und die Virale Hämorrhagische Septikämie der Salmoniden (VHS).

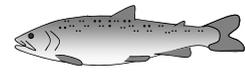
Vor allem Regenbogenforellen gelten als sehr empfänglich gegenüber den Viruserkrankungen IHN und VHS (WAHLI 1997b, 1997c, SCHEINERT & BAATH 2004). Dagegen werden Fische der Gattung *Salvelinus* häufig als nicht empfänglich oder resistent gegen diese Viruserkrankungen beschrieben (YAMAMOTO & CLERMONT 1990, GOLDES & MEAD 1992, BOHL 1999). In bayerischen Forellenteichanlagen traten nach BAATH (2003) Viruserkrankungen nur in Beständen mit Regenbogenforellen, dagegen nicht bei Saiblingen auf. DORSON et al. (1991) führten Infektionsversuche mit zwei verschiedenen Stämmen von VHS-Viren (VHSV) und einem IHN-Virus (IHNV) durch. Während Regenbogenforellen

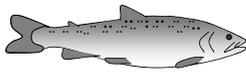


(RF) in den VHS-Versuchen zu 68 – 98 % starben, war die Mortalitätsrate bei reinen diploiden Bachsaiblingen (BS) und bei triploiden RF x BS-Hybriden nur bei 6 – 10 % bzw. 1 – 7 %. In Bachsaiblingen konnte kein VHSV entdeckt werden. Reine diploide Seesaiblinge (SS) und triploide RF x SS-Hybride starben zu 6 – 38 % bzw. 18 – 43 %. In den IHN-Versuchen starben 80 % der infizierten Regenbogenforellen aber nur 3 – 7 % der RF x BS-Kreuzungen. Anhand der Ergebnisse schlussfolgerten DORSON et al. (1991), dass Bachsaiblinge, Seesaiblinge und RF x BS gegenüber VHSV und RF x BS auch gegenüber IHNV resistent sind. LAPATRA et al. (1993) entdeckten nach einer IHN-Infizierung bei keinem der diploiden Bachsaiblinge mit Durchschnittsgewichten von 0,5 g und 1,2 g IHN-Viren. Dagegen wurden von nahezu allen triploiden RF x BS-Hybriden und reinen diploiden (2n) und triploiden (3n) Regenbogenforellen IHNV isoliert. Die Mortalitätsrate lag bei BS zwischen 5 und 8 %, bei RF x BS zwischen 10 und 23 %, bei RF (2n) zwischen 54 und 58 % und bei RF (3n) zwischen 33 und 56 %.

Im Gegensatz zu den vorhergehenden Versuchen beschreiben BOOTLAND et al. (1994), dass Bachsaiblinge an hohen Dosen (10^6 plaque-forming units (pfu) pro ml) eines IHNV sehr wohl erkranken und sterben können. Die Wassertemperatur war mit 12 °C in diesem Versuch für IHNV optimal, im Gegensatz zu Untersuchungen von GOLDES & MEAD (1992) und LAPATRA et al. (1993), die ihre Experimente bei 4 bzw. 15 °C durchführten. Zwei IHNV-Stämme verursachten in geringen Virus-Dosen nur 0 – 1 %, in hohen Konzentrationen dagegen 5 – 35 % Verluste. Im ersten Fall wurden eine Woche nach der Virusinfizierung bei keinem und im letzten Fall bei 89 % der Fische IHNV entdeckt. Fünf Wochen nach Versuchsbeginn waren auch bei der höchsten Konzentration IHNV nicht mehr feststellbar.

Neben viralen sind vor allem bakterielle Erkrankungen in der Fischzucht sehr gefährlich. Furunkulose ist eine bakteriell bedingte Infektionskrankheit, die durch den Krankheitserreger *Aeromonas salmonicida* s. s. hervorgerufen wird. Dieser spezifisch pathogene Krankheitserreger, der ubiquitär in fast allen Teichen vorhanden ist, vermehrt sich vor allem bei ansteigenden Temperaturen. Die Erkrankung tritt v. a. bei Sauerstoffmangel, Überfütterung oder anderen Stressfaktoren auf. Saiblinge und Bachforellen sind nach WAHLI (1997a) und BASS (1998) besonders anfällig.



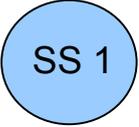


3 MATERIAL UND METHODEN

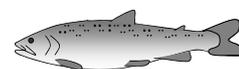
3.1 Versuchsplanung und Untersuchungsparameter

Um die Auswirkungen der Abstammung von Saiblings auf verschiedene Leistungs- und Qualitätsparameter der Nachkommen prüfen zu können, wurden zwei Seesaiblings- (SS) und zwei Bachsaiblingsherkünfte (BS) gekreuzt. Die Kreuzungen zum so genannten Elsässer Saibling (ES) wurden jeweils reziprok durchgeführt, d. h. Bachsaiblingsrogner wurden mit Seesaiblingsmilchnern (BS x SS) und Seesaiblingsrogner mit Bachsaiblingsmilchnern (SS x BS) gekreuzt. Daneben wurden auch Nachkommen in Reinzucht (BS x BS und SS x SS) aufgezogen. Insgesamt ergaben sich somit acht verschiedene Gruppen mit Elsässer Saiblings , zwei Seesaiblings-  und zwei Bachsaiblingsgruppen , zusammen zwölf verschiedene Kreuzungsvarianten. Es wurden vier verschiedenen Farben vergeben, geordnet nach dem weiblichen Elternteil: **SS 1 = blau**, **SS 2 = grün**, **BS 1 = rot**, **BS 2 = orange** (Übersicht 1).

Übersicht 1: Kreuzungsschema

	SS 1 ♂	SS 2 ♂	BS 1 ♂	BS 2 ♂
SS 1 ♀		--		
SS 2 ♀	--			
BS 1 ♀				--
BS 2 ♀			--	

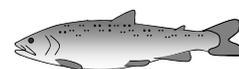
Hinweis: Diese Übersicht ist als Einlegeblatt beigefügt und kann zur besseren Übersichtlichkeit entnommen und neben den Text gelegt werden. So ist ein schneller Überblick über die Abstammung der zwölf Kreuzungsvarianten möglich.



Der Versuch wurde in zwei Durchgängen durchgeführt und umfasste zwei vollständige Produktionsperioden, beginnend mit der Besamung und abschließend mit der Schlachtung. Durchgang I begann im Oktober 1998 mit dem Streifen der Elterntiere und der Besamung der Fischeier. Der Start von Durchgang II war im Oktober 1999.

Bei der Planung der Versuchsdurchführung wurde mit folgenden Zahlen kalkuliert (graphischer Überblick in Übersicht 2):

- ① Bei Saiblingen ist bekannt, dass Rogner pro Kilogramm Körpergewicht zirka 2.000 Eier produzieren. Von 3 – 10 Rognern pro Herkunft mit einem Gesamtgewicht von 2 – 4 kg konnte eine Anzahl von 6.000 Eiern pro Herkunft erwartet werden. Bei vier Herkünften wurde mit einer Gesamtanzahl von 24.000 Saiblingseiern pro Durchgang kalkuliert. Für jede der zwölf Kreuzungsvarianten aus vier Rognerherkünften und der Kreuzung mit jeweils drei Herkünften männlicher Tiere errechnen sich durchschnittlich 2.000 Eier, die in zwei Chargen (jeweils 1 Wiederholung) aufgeteilt werden sollten.
- ② In acht Brutschalen mit je drei Unterteilungen sollten demnach jeweils 1.000 Eier ($8 \times 3 \times 1.000 = 24.000$ Eier) erbrütet werden. Der Brutschrank muss von oben nach unten befüllt werden, deshalb werden die zuerst befruchteten Eier auf die obersten Brutschalen verteilt.
- ③ Bei einer erwarteten durchschnittlichen Verlustrate von 50 % sollten anschließend die verbleibenden 12.000 Fische in vier Unterstromkästen mit je sechs Unterteilungen á 500 Stück ($4 \times 6 \times 500 = 12.000$ Fische) schlüpfen können.
- ④ Nach der Dottersackphase sollten die Jungfische (bei 20 % Verlust 9.600 Stück pro Durchgang) zum Anfüttern („Vorstrecken“) in insgesamt zwölf Unterstromkästen umgesetzt werden – jeweils eine Kreuzungsvariante je Unterstromkasten.
- ⑤ Es war geplant, aus der Gesamtanzahl der überlebenden Fische einer Kreuzungsvariante je 2 x 200 vorgestreckte Brütlinge zufällig auszuwählen und in 2 x 12 = 24 Rundstrombecken im Bruthaus aufzuziehen.
- ⑥ Anschließend sollten alle Setzlinge einer Kreuzungsvariante aus beiden Becken (bei 10 % Verlust zirka 360 Stück) zusammengelegt und in 12 Rundstrombecken im Freiland bis Speisefischgröße gehalten werden.



- ⑦ Wenn in einer Kreuzungsvariante ein Durchschnittsgewicht zwischen 330 und 350 g erreicht war, sollte aus der Gesamtheit der Gruppe eine Stichprobe von 20 Tieren geschlachtet werden. Pro Durchgang waren also maximal zwölf Schlachtermine zu erwarten.

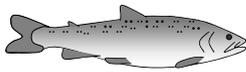
Die folgenden, für die wirtschaftliche Produktion von Fischen wichtigen Leistungs- und Qualitätsparameter wurden untersucht:

- Verlust- bzw. Überlebensraten der Saiblinge in verschiedenen Altersabschnitten, wie Ei-, Dottersack-, Larven- und Setzlingsstadium bis hin zum Speisefisch, bei gleichen Haltungsbedingungen.
- Zuwachs und Futtermittelverwertung der verschiedenen Kreuzungsvarianten bei gleichem Futter und gleicher Fütterungstechnik.
- Ausschachtungsergebnisse, wie Schlachtkörper- und Filetanteil sowie die Fleischqualität des Endprodukts.
- Krankheitsresistenzen gegen Infektiöse Hämato-poetische Nekrose der Salmoniden (IHN), Virale Hämorrhagische Septikämie der Salmoniden (VHS) und Furunkulose (Erreger *Aeromonas salmonicida* s. s.).

3.2 Genetische Analyse der Laichfische und deren Nachkommen

3.2.1 Herkunft der Laichfische

In beiden Durchgängen wurden die Elterntiere jeweils rechtzeitig vor Beginn der Laichzeit in die Forellenteichanlage der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei Starnberg verbracht. Die Herkünfte SS 2, BS 1 und BS 2 stammten aus bayerischen Fischzuchtanlagen. Die Seesaiblinge SS 2 (insgesamt wurden in beiden Durchgängen 18 Fische, 8 Rogner ♀ und 10 Milchner ♂ in der Kreuzungszucht eingesetzt) und die Bachsaiblinge BS 2 (14, 7 ♀, 7 ♂) wurden aus der Lehranstalt für Fischerei Aufseß des Bezirks Oberfranken abgegeben. Die Bachsaiblinge BS 1 (13, 5 ♀, 8 ♂) stammten aus dem Fischereilichen Lehr- und Beispielsbetrieb Lindbergmühle des Bezirks Niederbayern. Die Fischbestände werden in den beiden Betrieben bereits seit mehreren Generationen gehalten



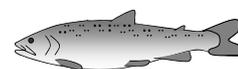
und die Laichfische haben sich im Laufe der Zeit an die Haltungsbedingungen in den Teichen angepasst. Die Seesaiblinge SS 1 (33, 15 ♀, 18 ♂) waren Wildfänge aus dem Starnberger See. Sie wurden von Fischermeister S. Huber an Laichplätzen im Starnberger See in zirka 50 m Tiefe mit bodennahen Stellnetzen gefangen. Die Netze wurden schonend gehoben (Abbildung 5), so dass die Fische im guten gesundheitlichen Zustand in Betonbecken des Instituts für Fischerei bis zum Streifen gehalten werden konnten.



Abbildung 5: Laichfischfang im Starnberger See

3.2.2 Genetische Analyse der Laichfische

Für die genetischen Untersuchungen wurden Dr. R. Gross vom Institut für Tierwissenschaften der Estischen Landwirtschaftlichen Universität in Tartu und Dr. R. Kühn vom Fachgebiet für Wildbiologie und Wildtiermanagement der TU München-Weihenstephan in



Freising beauftragt. Die Untersuchung wurde je zur Hälfte vom Landesfischereiverband Bayern e. V. und dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten finanziert. Die Ergebnisse wurden von GROSS et al. (2001b, 2004) zusammengefasst. Mit der Genanalyse der Elterntiere sollten folgende Fragestellungen beantwortet werden: Sind die im Versuch eingesetzten Saiblingsherkünfte genetisch reinerbig, das heißt, zeigt das Genom der Saiblinge nur artspezifische DNA-Fragmente von Seesaibling bzw. Bachsaibling? Oder sind die vier elterlichen Herkünfte bereits artvermischt (Hybride) und tragen Fragmente von beiden Fischarten (Elsässer Saibling)? Und wie stark sind die genetische Variabilität bzw. der Inzuchtgrad innerhalb der Herkünfte und der Verwandtschaftsgrad zwischen den Herkünften?

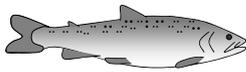
Zur besseren Einordnung der Populationen und sichereren Abschätzung der Ergebnisse wurden zusätzlich Saiblinge anderer Herkünfte zur Untersuchung herangezogen. Tabelle 2 zeigt die analysierten Fischarten und -herkünfte.

Tabelle 2: Fischarten und -herkünfte für die Genanalyse

Phänotyp	Genotyp	Herkunft		Bezeichnung	Alter	Anzahl n
SS	SS	Starnberger See	Wildfang	SS 1	Laichfische	36
SS	ES	Aufseß	Fischzucht	SS 2	Laichfische	18
BS	ES	Lindbergmühle	Fischzucht	BS 1	Laichfische	18
BS	BS	Aufseß	Fischzucht	BS 2	Laichfische	23
SS	SS	Königssee	Wildfang	K	gemischt	30
SS	SS	Ammersee	Wildfang	Am	gemischt	30
SS	SS	Hintersee	Fischzucht	H	Nachzucht	30
SS	SS	Schweden	Fischzucht	R	Nachzucht	30
SS	SS	Schweden	Fischzucht	Sw	Nachzucht	25
SS	ES	Aufseß	Fischzucht	SA	Laichfische	40
BS	BS	Kuhalmbach	Wildfang	AB	gemischt	30

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische

Die DNA (Desoxyribonukleinsäure) der Elterntiere wurde aus zirka 1 cm² großen Schwanzflossenabschnitten isoliert. Anschließend wurden bekannte arttypische Genomfragmente mit Hilfe der PCR (Polymerase-Kettenreaktion) vermehrt (amplifiziert). Die kleinen Abschnitte des Erbguts wandern bei der Elektrophorese in einem Trägermedium



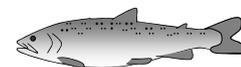
(Gel) entsprechend ihrer Länge oder wegen ungleicher Basensequenz unterschiedlich weit (STEIN et al. 2000). An dem Verlaufsmuster ist die Identität der Tiere abzulesen.

Für die Untersuchungen wurden sowohl die Erbsubstanz des Zellkerns als auch die der Mitochondrien verwendet. Mitochondrien werden nur über die Eizelle und damit nur von der Mutter an die Nachkommen weitergegeben, weshalb sich die Mitochondrien-DNA (mtDNA) besonders für die Charakterisierung von Mutterlinien eignet. Dagegen wird die Kern-DNA mendelistisch vererbt und gibt Aufschluss über das Genmaterial beider Elternteile. Man unterscheidet einerseits aktive Gene, die den Aufbau des Organismus steuern. Die seltenen Abweichungen in den aktiven Genen sind letztlich für die phänotypischen Unterschiede der Tiere verantwortlich. Andererseits gibt es Gene, die nicht aktiv sind. Dieses restliche Genom ist für die detaillierte genetische Unterscheidung verschiedener Populationen oder gar Individuen interessanter, da darauf kein unmittelbarer Selektionsdruck liegt. Unterschiedliche Basenabfolgen (Punktmutationen oder Basentausch) und Mikrosatelliten (Sequenzwiederholungen, z. B. CACACA.....CACACA) mit unterschiedlichen Längen findet man hier viel häufiger. Die Tiere sind umso näher miteinander verwandt, je größer die DNA-Identität und je weniger Mutationen in vergleichbaren DNA-Abschnitten zu finden sind (STEIN et al. 2000).

3.2.2.1 Prüfung auf Reinerbigkeit der Elterntiere und deren Nachkommen

Um die Reinerbigkeit der Elterntiere zu testen, wurden drei Gene der Kern-DNA (Insulin-like growth factor 2 gene (IGF-2), Growth hormone 1 gene (GH-1) und Internal transcribed spacer 1 (ITS-1)) herangezogen. Eine Region der mtDNA (NADH-3, NADH-4 dehydrogenase gene (ND-3/4)) wurde kontrolliert, um die mütterliche Abstammung der Elterntiere festzustellen. Die Punktmutationen in den PCR-amplifizierten Segmenten wurden über RFLP-Analyse (Restriktions-Fragment-Längen-Polymorphismus) ermittelt. Nachkommen von Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus*, homozygot AA) bzw. Bachsaiblingen (*Salvelinus fontinalis*, homozygot FF) oder Hybriden (*Salvelinus alpinus* x *Salvelinus fontinalis*, heterozygot AF bzw. FA) sind dabei eindeutig zu unterscheiden. Das mitochondriale ND-3/4-Gen beschreibt die mütterliche Linie (A oder F).

Neben Punktmutationen wurden insgesamt 24 Mikrosatelliten getestet, wovon sich sechs als geeignet erwiesen. Drei davon (Sfo18, Ssa85, Ssa197) zeigten artspezifische Längen



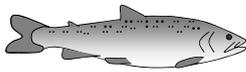
der Allele und wurden für diese Untersuchung ausgewählt. Nachkommen von Seesaiblingen bzw. Bachsaiblingen oder Hybriden wurden mit AA, FF oder AF bzw. FA gekennzeichnet. Die sechs Haplotypen der Kern-DNA-Untersuchung und die sechs Haplotypen der Mikrosatellitenanalyse eines jeden Tieres wurden schließlich zusammengefasst und der Anteil des Seesaiblingsgenoms berechnet. Reine Seesaiblinge wiesen 100 %, reine Bachsaiblinge 0 % und F1-Hybriden an allen Genorten exakt 50 % Seesaiblingsgenom auf. Andere Werte deuten auf post-F1-Hybriden hin, das heißt die Artenkreuzung liegt mehr als eine Generation zurück.

Neben der Prüfung der in der Kreuzungszucht eingesetzten Elterntiere wurden in Durchgang II zudem jeweils 4 – 5 Nachkommen aus allen Kreuzungsvarianten untersucht. Zu diesem Zweck wurden jeweils drei Mikrosatelliten (Sfo18, Ssa85, Ssa197) auf artspezifische Unterschiede getestet.

3.2.2.2 Prüfung der genetischen Variabilität innerhalb der Herkünfte und des Verwandtschaftsgrades zwischen den Herkünften

Die genetische Variabilität der Populationen in Tabelle 2 wurde anhand der durchschnittlichen Anzahl von Allelen (A) pro Mikrosatelliten-Locus sowie der erwarteten Heterozygotie (H_E) und der durchschnittlich festgestellten Heterozygotie (H_O) gemessen. Sechs Mikrosatelliten-Loci (Sfo8, Sfo18, Sfo23, Ssa85, Ssa197 und BFRO004) wurden von GROSS et al. (2001b) untersucht. Je höher die Werte, desto größer ist die genetische Variabilität.

Die genetischen Unterschiede zwischen den verschiedenen Populationen wurden anhand von F_{ST} -Werten („coefficient of differentiation“) und mittels Assignment-Test gemessen. Der F_{ST} -Wert beschreibt, wie stark sich die Genotypen verschiedener Herkünfte unterscheiden. Je höher der Wert zwischen zwei Populationen in der berechneten Matrix ist, desto stärker unterscheiden sie sich. Werte unter 0,10 zeugen von einer engen Verwandtschaft. Im Assignment-Test wird die Genauigkeit gemessen, inwieweit sich Individuen ihrer eigenen Population zuordnen lassen. Vor allem zwischen sehr eng verwandten Populationen gibt es hier vermehrten Austausch. Mit dem „neighbour-joining tree“ basierend auf NEI et al.'s (1983) D_A Distanzen ist der Verwandtschaftsgrad schließlich grafisch darstellbar. Die Verteilung der verschiedenen Saiblingspopulationen gleicht hier einem (Stamm-)Baum mit Ästen und Zweigen. Fische auf verschiedenen Ästen sind nicht oder

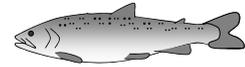


kaum miteinander verwandt. Fischpopulationen am gleichen Zweig sind dagegen sehr eng verwandt.

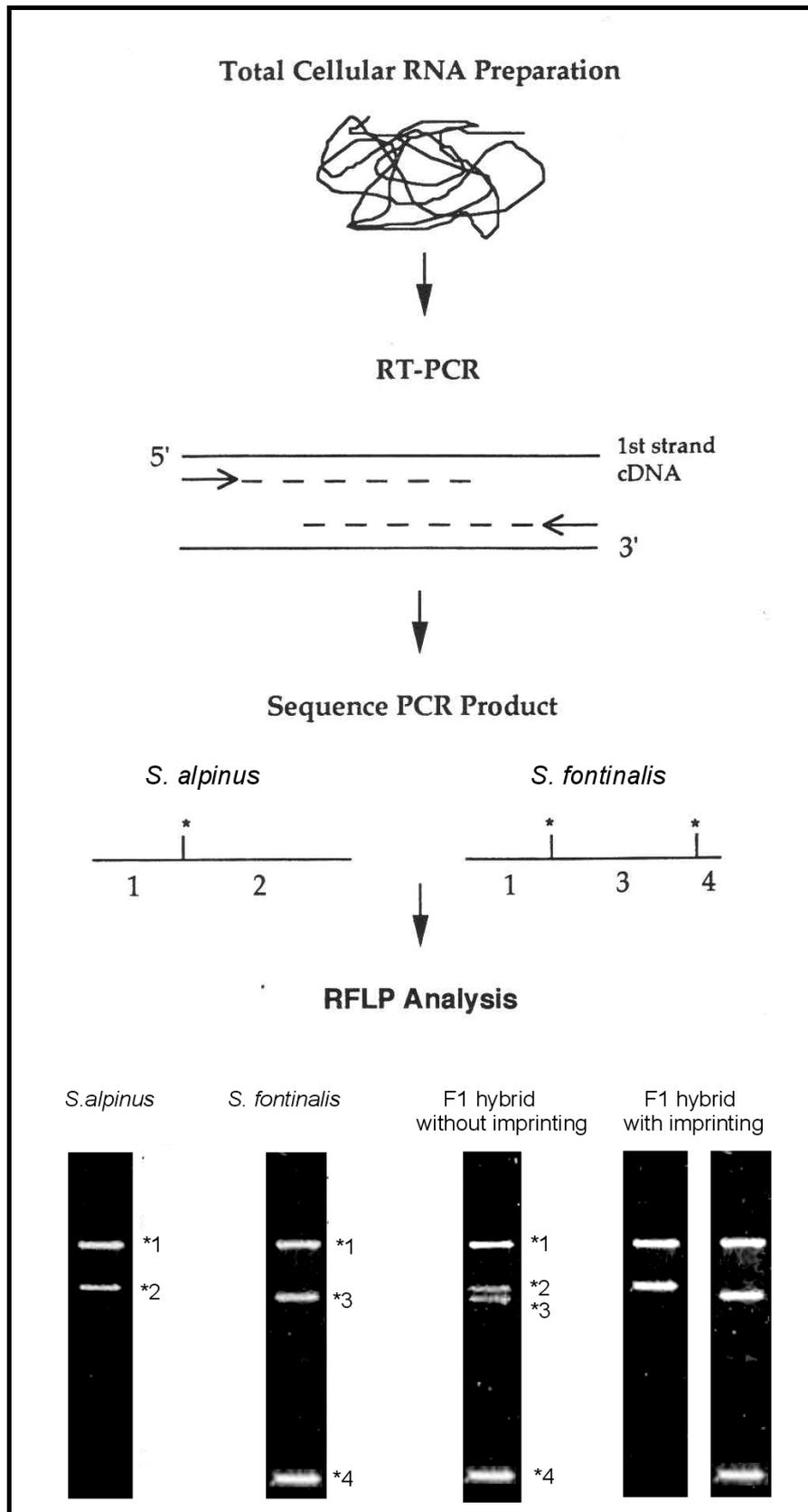
3.2.3 Genetische Analyse der Nachkommen

Gerade während der Eientwicklung, aber auch im späteren Wachstum der F1-Tiere war in den erhaltenen Daten eine auffällige Übereinstimmung zur mütterlichen Linie festzustellen. Dies ließ vermuten, dass einzelne Gene maternal beeinflusst sind. Durch die genetische Prägung („genomic imprinting“) wäre die phänotypische Ausprägung, wie z. B. Schlupfrate, Vitalität oder Wachstum nur von einem Elternteil, in diesem Fall von der Mutter, überwiegend beeinflusst. Die Frage, ob bei den Nachkommen solche maternalen, ausschließlich von der Mutter vererbten Effekte genetisch festzustellen und mit der phänotypischen Ausprägung in Einklang zu bringen sind, sollte in der vorliegenden Untersuchung geklärt werden.

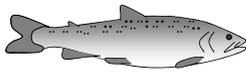
Es wurden hierzu jeweils zehn Nachkommen, fünf Untersuchungs- plus fünf Ersatztiere, je Kreuzungsvariante entnommen. Die Auswahl dieser Fische erfolgte exakt nach dem Durchschnittsgewicht und der Standardabweichung der gesamten Kreuzungsvariante (SS 1: $74,1 \pm 37,5$ g, SS 2: $114,7 \pm 54,4$ g, BS 1: $76,8 \pm 34,4$ g, BS 2: $79,2 \pm 24,0$ g, ES 1: $62,2 \pm 33,3$ g, ES 2: $41,5 \pm 20,7$ g, ES 3: $110,4 \pm 39,5$ g, ES 4: $80,8 \pm 42,5$ g, ES 5: $59,6 \pm 30,5$ g, ES 6: $87,6 \pm 41,1$ g, ES 7: $57,7 \pm 29,1$ g, ES 8: $48,6 \pm 28,4$ g). Von GROSS et al. (2001b) wurden von je vier bis fünf Fischen RNA (Ribonukleinsäure) aus Lebergewebe isoliert. Hier interessierte vor allem die Ausprägung des insulin like growth factor 2 (IGF-2) Gens. Die aus der Leber gewonnene IGF-2 mRNA wurde in komplementäre cDNA übersetzt und per PCR amplifiziert (Übersicht 3). Die Ausprägung der Allele des IGF-2 Gens lässt Rückschlüsse über die Art der Vererbung zu. Arttypisch von SS oder BS geprägte Allele (s. Darstellung in Übersicht 3, unten rechts: „F1 hybrid with imprinting“) wären ein Hinweis auf maternale (bzw. paternale) Vererbung.



Übersicht 3: Ablauf der Untersuchung auf genetische Prägung („genomic imprinting“) am IGF-2-Gen von Seesaibling (*S. alpinus*), Bachsaibling (*S. fontinalis*) und Elsässer Saibling (F1 hybrid)



aus: GROSS et al. (2001b)



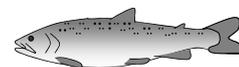
3.3 Vermehrung der Saiblinge

3.3.1 Behandlung der Laichfische beim Streifen

Zur Überprüfung der Laichreife wurden die Elterntiere einmal wöchentlich der Hälterung entnommen und untersucht. Damit wurde sichergestellt, den optimalen Reifezeitpunkt der Eier, der sich über einige Tage hinzieht, nicht zu verpassen. Laichreife Rogner sind am weichen Bauch mit den frei in der Bauchhöhle liegenden Eiern (Rogen) zu ertasten. Laichreife Milchner zeigen sich durch Spermaabgabe (Milch) bei leichtem Druck auf die Flanke. Während der optimale Streiftermin bei Rognern nur zirka eine Woche andauert, sind Milchner mehrere Wochen laichbereit. Diese Tatsache ermöglichte die Kreuzung der zwei verschiedenen Fischarten aus vier verschiedenen Herkünften, die erwartungsgemäß abweichende Laichzeiten aufwiesen. An maximal vier Terminen pro Durchgang (Ende Oktober bis Anfang November) konnten somit alle zwölf Kreuzungsvarianten erzeugt werden.

Wenn mindestens drei oder vier Rogner einer Herkunft gleichzeitig laichreif waren, wurden die Tiere in einem Narkosebad betäubt und anschließend gestreift. Die Fischeier wurden in einem Sieb aufgefangen, so dass die Ovarialflüssigkeit ablaufen konnte. Je zehn Eier pro Fisch wurden getrennt aufbewahrt und die Farbe sowie der Durchmesser (Genauigkeit 0,1 mm) der Eier jedes einzelnen Rogners nach dem Quellen bestimmt. Die restlichen Eier einer Rognergruppe wurden schließlich gemischt und in drei gleich große Partien aufgeteilt. Zur Kreuzung wurden danach je Rognerstamm drei Milchnerherkünfte (mit je zwei bis vier Milchnern) ausgewählt und gestreift. Für die Reinzuchtvariante wurden männliche und weibliche Tiere aus der gleichen Herkunft verwendet. Für die beiden Kreuzungsvarianten wurden zu den Rognern Milchner der jeweils anderen Fischart ausgewählt (s. Übersicht 1). Die Eier und das Sperma wurden in Bechern bzw. Gläsern aufgefangen und bis zur Besamung beiseite gestellt.

Alle Laichfische wurden gewogen (Lebendgewicht LG, Genauigkeit 1 g) und gemessen. Bei den Messungen interessierten vor allem die morphometrischen Daten (Gesamt-) Körperlänge GL (Kopfspitze bis Ende der zusammengelegten Schwanzflosse, Genauigkeit 1 cm), Kopflänge KL (Kopfspitze bis Ende des Kiemendeckels, 0,5 cm) und Körperhöhe H (Bauch bis Ansatz der Rückenflosse, 0,5 cm). Aus dem Verhältnis von Körperlänge zu Lebendgewicht war es möglich, mit der Formel $k = LG \times 100 / GL^3$ den Korpulenzfaktor k zu berechnen. Dieser lässt einen Rückschluss auf die körperliche Verfassung zu. Eine weitere Möglichkeit zur Beschreibung der Körperform ist das Längen-Höhen-Verhältnis



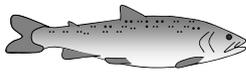
$L/H = GL / H$. Hochrückige Fische weisen hierbei einen niedrigen Wert auf. Die Rogner wurden vor und nach dem Streifen gewogen, um den Gewichtsverlust bei der Eiabgabe feststellen zu können. Um die Laichfische auch nach der Laichzeit identifizieren und zu ordnen und eventuell für weitere Vermehrungsdurchgänge verwenden zu können wurden sie schließlich markiert. Hierzu wurde eine kleine, weiche und fluoreszierende Kunststoffmarke (Soft Visible Alphanumeric Tag „Soft V1alpha“) der Firma Northwest Marine Technology/USA unter die Oberhaut hinter dem linken Auge injiziert (Abbildung 6). Eine exakte Applikation war hier für eine lange Haltbarkeit der Identifikationsmarken besonders wichtig. Ein kleiner, zirka 1 cm² großer Gewebeabschnitt, der von der Schwanzflosse entnommen wurde, diente zur genetischen Analyse.



Abbildung 6: Markieren eines Seesaiblings mit „Soft V1alpha“-Tag

3.3.2 Behandlung der Fischeier

Das Spermium wurde zu den einzelnen Fischeipartien hinzu gegeben und mit der Hand untergemischt. Diese Art der Vermehrung, d. h. mit Fischeiern ohne Ovarialflüssigkeit, bezeichnet man als „Trockene Besamung“. Bei Zugabe von Wasser muss die Besamung innerhalb einer Minute abgeschlossen sein, nur dann beginnt die Entwicklung zum Fisch. Die Fischspermien werden durch Wasserzugabe zunächst aktiviert, verlieren jedoch nach sehr kurzer Zeit ihre Bewegungsfähigkeit. Auch schließt sich die Mikropyle, durch die jeweils nur ein Spermium ins Ei eindringen kann, rasch mit der Quellung der Fischeier.



Nach einer Ruhephase von zirka einer halben Stunde, während der die Befruchtung stattfindet und die Eier quellen und härter werden, wurden die Eier in einer Schüssel durch mehrmaligen Wasseraustausch gewaschen und dabei von Spermarückständen, leeren Eihüllen und etwaigen Schmutzstoffen befreit. Die gesamten Eier der Kreuzungsvarianten wurden anschließend gezählt und daraus die durchschnittliche Eizahl pro Fisch (Absolute Fekundität) und pro Kilogramm Körpergewicht der Laichfische (Relative Fekundität) errechnet. Jede Charge der befruchteten Eier wurde in zwei gleich großen Partien (je eine Wiederholung) auf zwei Brutschalen des Brutschrankes verteilt. Der Brutschrank muss aus technischen Gründen von oben nach unten befüllt werden, deshalb wurden die zuerst befruchteten Eier auf die obersten Brutschalen verteilt. Insgesamt 24 Einheiten (12 Kreuzungsvarianten x 2 Partien) wurden gebildet. Die Schalen waren in drei gleich große Bereiche unterteilt, so dass immer alle drei verschiedenen Kreuzungsvarianten eines Vermehrungstages (1 Rognerherkunft x 3 Milchnerherkünfte) auf der gleichen Schale Platz fanden (Anhang 1 und 2 und Abbildung 7). Auf acht Schalen konnten so 24 (= 8 x 3) verschiedene Einheiten untergebracht werden. Um eine sichere Frischwasserversorgung zu gewährleisten, wurden die Eier in maximal zwei Lagen übereinander aufgelegt. Einen Tag nach dem Streifen wurden die unbefruchteten, weißen Eier abgezählt und entfernt.

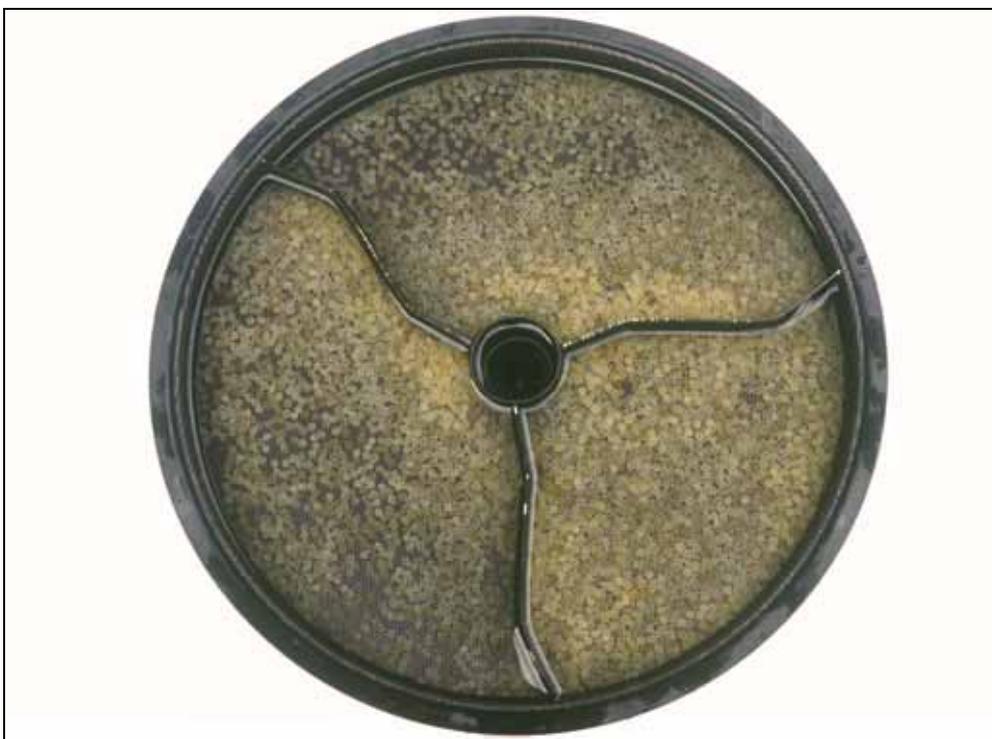


Abbildung 7: Dreigeteilte Brutschale zur Erbrütung von Saiblingseiern



Für die Erbrütung der Saiblingseier in einem Brutschrank wurde das Wasser auf 6,5 °C heruntergekühlt. Zirka 2,2 l Wasser flossen pro Minute im Kreislauf durch die acht Brut-schalen des Brutschrankes. Der Sauerstoffgehalt wurde regelmäßig überprüft und betrug auch in den unteren Schalen im Schnitt 9,5 mg/l bei einer Sättigung von zirka 80 %.

Saiblingseier sind, wie die meisten Salmonideneier, zu Beginn ihrer Entwicklung sehr stoßempfindlich und müssen deshalb in der Phase ab dem zweiten Tag nach der Befruchtung bis zum Augenpunktstadium sehr behutsam behandelt werden. Sterben in dieser Zeit Eier ab und beginnen zu verpilzen, so kann ein Ausbreiten von Mycelwucherungen nur mit chemischen Behandlungen unterbunden werden. Gegen Saprolegnien (Schimmelpilze) wird von REICHENBACH-KLINKE (1980) ein Durchlaufbad mit Malachitgrün empfohlen. Bei Feststellen größerer Pilzwucherungen wurden bis zum Augenpunktstadium zirka drei Mal pro Woche je 100 – 200 ml einer Stammlösung von 0,1 %-igem Malachitgrün bei unvermindertem Wasserdurchlauf eingesetzt. Malachitgrün färbt das Wasser blau, so dass die Einwirkung recht genau beobachtet werden konnte. Die Badedauer betrug hierbei je nach Einsatzmenge der Lösung zirka 30 – 60 Minuten. Das mit Malachitgrün versetzte Wasser wurde aufgefangen, entfernt und durch frisches gekühltes Wasser ersetzt. Nur in den Schalen 1 und 2 und nur in Durchgang I wurden die Augenpunkteier der Kreuzungsvarianten SS 2, ES 3 und ES 4 wegen der extremen Verpilzungserscheinungen mit einem Jodpräparat auf Polyvinylpyrrolidon-Basis (Actomar K 30, 12,5 ml/l Wasser) über eine Dauer von 20 Minuten gebadet (Tabelle 3).

Ein wichtiges Stadium in der Entwicklung der Fische ist das Augenpunktstadium, wenn die Augen der Fischlarven durch die Eihülle schimmern. Der Zeitpunkt, an dem zirka 90 % des Bestandes das Augenpunktstadium erreichten, wurde notiert und die Entwicklungsdauer in Tagesgraden T° (Tage der Entwicklung x Durchschnittliche Wassertemperatur in °C) berechnet. Am 22.12.1998 (Durchgang I) bzw. 21.12.1999 (Durchgang II) wurden die Augenpunkteier der einzelnen Partien mit einem Kunststoffschlauch abgesaugt und über eine Höhe von zirka 30 cm in einen Eimer fallen gelassen. Durch diesen Vorgang werden die Fischeier geschockt und „bekennen Farbe“, das heißt alle unbefruchteten oder abgestorbenen Eier, die bisher unauffällig normal gefärbt waren, werden weiß. Die weißen, toten und zum Teil verpilzten Saiblingseier wurden gezählt und entfernt. Die übrig gebliebenen Augenpunkteier wurden anschließend auf vier Unterstromkästen mit je sechs Unterteilungen (4 x 6 = 24 Einheiten) aufgeteilt (Abbildung 8), wo die Fische schlüpfen konnten.

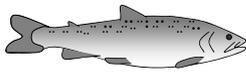


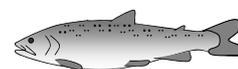
Tabelle 3: Behandlung der Saiblingseier gegen Saprolegnien während der Erbrütung

Durchgang I	Durchgang II
09.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	17.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
11.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	19.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
16.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	22.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
18.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	24.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
20.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	26.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
24.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	29.11.1999: 100 ml Malachitgrün, 30 min
27.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	01.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min
30.11.1998: 100 ml Malachitgrün, 30 min	03.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min
02.12.1998: Actomar K 30, 20 min (Schale 1 und 2)	06.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min
	08.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min
	10.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min
	13.12.1999: 200 ml Malachitgrün, 60 min

Malachitgrün (Malachitgrün-Stammlösung 1 g/l), Actomar K 30 (12,5 ml/l)



Abbildung 8: Unterstromkästen mit je sechs Unterteilungen zur Aufzucht der Saiblingslarven



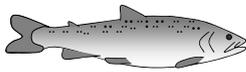
3.3.3 Erbrütungseinrichtungen

3.3.3.1 Brutschrank

Für die Erbrütung der Saiblingseier bis zum Augenpunktstadium wurde ein Brutschrank (Fa. AGK) gewählt, da sein Wasserbedarf sehr gering ist und das Erbrütungswasser mit geringem Energieaufwand heruntergekühlt werden kann. Außerdem können relativ kleine Einheiten von Eiern getrennt gehalten werden. Von einem Vorratsbehälter am Kopf des Brutschrankes fließt Wasser in den Einlauftrichter der ersten Brutschale – im dargestellten Versuch zirka 2,2 l pro Minute. Durch die Bodenlöcher im Siebeinsatz der Brutschale wird das Wasser nach oben gedrückt und versorgt die darauf liegenden Fischeier mit Sauerstoff. Anschließend rinnt das Wasser durch Auslaufbohrungen an der Seite der Schale nach unten und reichert sich auf dem Weg entlang der Unterseite der Schale wieder mit Sauerstoff an, bevor es in den Einlauftrichter der nächsten Schale tropft. Nach Durchlaufen aller acht Schalen wurde das Wasser in einem Kühlaggregat (Hersteller Fa. Lauda, Typ Ecoline RE 207, Leistung 2,7 kW) aufgefangen, auf 6,5 °C abgekühlt und wieder nach oben in den Vorratsbehälter gepumpt. Das gekühlte Wasser wurde ohne Frischwasserzufuhr im Kreislauf geführt und nur nach einer Behandlung mit Malachitgrün vollständig erneuert.

3.3.3.2 Brutrinne

Am 22.12.1998 (Durchgang I) bzw. 21.12.1999 (Durchgang II) wurden die Augenpunkteier zum Schlüpfen in eine Brutrinne mit so genannten Unterstromkästen (Fa. AGK) umgesiedelt. Das Funktionsprinzip eines Unterstromkastens ähnelt dem einer Brutschale. Frischwasser dringt durch das gelochte Bodensieb in den Bruteinsatz und versorgt die darauf liegenden Eier und Larven mit Sauerstoff. Vier Unterstromkästen in einer Brutrinne wurden je sechs Mal unterteilt (Abbildung 8). Die Eier der einzelnen Kreuzungsvarianten wurden in den ersten beiden Unterstromkästen zufällig verteilt. Da davon auszugehen war, dass sich die Wasserqualität in der Brutrinne vom ersten zum vierten Unterstromkasten geringfügig verschlechtert, vor allem nach Beginn der Fütterung, wurde die Verteilung der Wiederholungsgruppen gezielt gewählt. Die Wiederholungen der Varianten in Unterstromkasten 1 wurden in Kasten 4 und die Wiederholungen von Unterstromkasten 2 in Kasten 3 untergebracht. Ebenso wurde darauf geachtet, dass die zwei Gruppen der gleichen Kreuzungsvariante einmal in Randnähe und einmal im Zentrum der Unterstromkästen platziert wurden (Anhang 3 und 4).



Das Brutwasser wurde nach der Umsiedlung der Eier in die Brutrinnen anfangs weiterhin im Kreislauf geführt und gekühlt. Später wurde auf Teilkreislauf umgestellt und in zunehmendem Maße Frischwasser zugeführt, was zu einer stufenweisen Temperaturerhöhung führte (Tabelle 4). So wurde sichergestellt, dass sich die Fische an die langsam steigenden Wassertemperaturen gewöhnen konnten. Am 29.01.1999 (Durchgang I) bzw. 28.01.2000 (Durchgang II) wurde das Kühlaggregat abgeschaltet und die Wasserführung auf Durchlauf umgestellt, worauf sich die normale Temperatur des Quellwassers (9,2 bzw. 9,6 °C) einstellte.

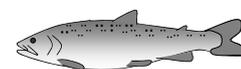
Tabelle 4: Wassertemperatur in der Brutrinne

Durchgang I		Durchgang II	
22.12.1998 – 12.01.1999	6,6 °C	21.12.1999 – 04.01.2000	7,0 °C
13.01.1999	6,7 °C	05.01.2000 – 26.01.2000	7,4 °C
14.01.1999 – 16.01.1999	7,0 °C	27.01.2000	8,5 °C
17.01.1999 – 21.01.1999	7,9 °C	28.01.2000	9,6 °C
22.01.1999 – 24.01.1999	8,0 °C		
25.01.1999	8,5 °C		
26.01.1999 – 27.01.1999	8,8 °C		
28.01.1999	9,0 °C		
29.01.1999	9,2 °C		

3.4 Aufzucht der Saiblinge

3.4.1 Behandlung der Fischlarven

Die Fischlarven schlüpften in den Unterstromkästen je nach Entwicklungsdauer zu unterschiedlichen Terminen. Die Termine, wenn zirka 90 % der Larven geschlüpft waren, wurden aufgezeichnet und die Eientwicklungsdauer in Tagesgraden T° (Tage der Entwicklung x Durchschnittliche Wassertemperatur in °C) errechnet. Die Fische wurden nach ihrem Schlupftermin in vier (Durchgang I) bzw. zwei Altersgruppen (Durchgang II) eingeteilt, die sich an der Kalenderwoche des Schlüpfens orientierten. So wurden für Durchgang I die Altersgruppen 0 (Schlupf in Kalenderwoche 52 des Jahres 1998), 1 (KW 1/1999), 2 (KW 2/1999) und 3 (KW 3/1999) vergeben. In Durchgang II fand eine Einteilung in Altersgruppe 1 (KW 1/2000) und 2 (KW 2/2000) statt. Alle folgenden Maßnahmen, z. B. Umsetzen oder Futterwechsel, wurden zeitversetzt nach dieser Einteilung vorgenommen,



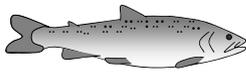
um gleiche Voraussetzungen zu schaffen und den später schlüpfenden Fischen gleiche Chancen zur Entwicklung zu bieten. Fische aus Altersgruppe 3 wurden z. B. drei Wochen nach den Fischen aus der Altersgruppe 0 in die Rundstrombecken versetzt. Mit dem Schlupftermin beginnt die Altersangabe der Fische (Alter in Wochen).

Die Larven sind zunächst schwimmunfähig und nehmen keine externe Nahrung auf, sondern sind mit einem Dottersack versehen, von dessen Inhalt sie sich in ihrer ersten Entwicklungsphase ernähren. Wie im Eistadium wurden auch im Larvenstadium (Dottersackphase) die Verluste notiert und die Verlust- bzw. Überlebensrate berechnet. Des Weiteren interessierte die Häufigkeit des Auftretens von körperlichen Missbildungen. Festgestellt wurden überwiegend Wirbelsäulendeformationen, wie krumme Körperform, geringelter Schwanz, Stummelschwanz, Doppelköpfigkeit, siamesische Zwillinge und deformierter Kopf. Auch Verletzungen (abgerissener Dottersack) und Krankheiten (Dotterblasenwasser-sucht oder Kümmerwuchs) wurden verzeichnet.

3.4.2 Vorstreckperiode

Bei einer Wassertemperatur von 9 – 10 °C beginnen die Larven im Alter von etwa drei Wochen (drei Wochen nach dem Schlupf) Luft aufzunehmen, um ihre Schwimmblase zu füllen. Mit zunehmendem Alter sind die Fische stärker pigmentiert, können bereits frei schwimmen und beginnen mit der aktiven Nahrungssuche. Wenn der Inhalt des Dottersackes zu zirka zwei Drittel aufgebraucht war – im Alter von zirka fünf Wochen – wurde mit der Fütterung der Fische begonnen. Das Datum der Anfütterung wurde jeweils vermerkt.

Die gestorbenen Fische in der Vorstreckperiode wurden entnommen und aufgezeichnet. Viele Fischverluste, gerade in diesem Altersabschnitt nach der Dottersackphase, sind jedoch auf Fraß durch Artgenossen zurückzuführen. Einige größere Tiere attackierten und fraßen Artgenossen, die kaum kleiner waren und wuchsen deshalb noch schneller. Einzelne Vorwüchser hatten sich regelrecht auf Kannibalismus spezialisiert. Fehlbestände bei der Fischmenge durch gefressene Fische konnten durch Subtraktion der überlebenden und der entnommenen toten Fische von der ursprünglichen Fischanzahl berechnet werden. Je größer die Wachstumsunterschiede innerhalb der Gruppe waren, desto ausgeprägter war der Kannibalismus. Um diese Verluste einzuschränken wurde in Durchgang I mit einer Sortierung in groß- und kleinwüchsige Brütlinge reagiert. Dazu wurden die Saiblinge der zwölf



Kreuzungsvarianten im Alter von zirka zehn Wochen von den vier sechsfach unterteilten auf zwölf zweigeteilte Unterstromkästen in drei Brutrinnen aufgeteilt. Da die Trennung wenig Erfolg zeigte, wurde in Durchgang II auf die Sortierung verzichtet und jeweils die gesamte Gruppe auf einen Unterstromkasten verteilt.

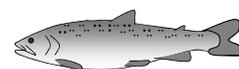
Die Futtergröße wurde der Fischgröße jeweils angeglichen. Die Fütterung erfolgte mehrmals täglich. Die Futtermenge wurde dem Bedarf angepasst und per Augenschein verabreicht.

Im Alter von 10 – 12 Wochen (Durchgang I) bzw. 8 – 9 Wochen (Durchgang II), bei der Umsetzung der Saiblingsbrut aus den sechsfach unterteilten Unterstromkästen, erfolgten Zwischenzählungen. Im Alter von 21 (Durchgang I) bzw. 19 Wochen (Durchgang II) wurden alle überlebenden vorgestreckten Brütlinge gezählt, im Gesamten gewogen und das Durchschnittsgewicht berechnet.

3.4.3 Setzlingsperiode

Jeweils einen Tag nach Ende der Vorstreckperiode wurden je Kreuzungsvariante 2 x 200 Saiblinge zufällig aus der Gesamtprobe gezogen, einzeln gewogen (Genauigkeit 0,1 g) und auf 2 x 12 Rundstrombecken verteilt. Aus den Ergebnissen wurden Häufigkeitsverteilungen erstellt und Durchschnittsgewichte mit Varianz berechnet, wovon sich ein Bild über die Homogenität in der Größenstruktur der einzelnen Kreuzungsvarianten ableiten lässt. In den Kreuzungsvarianten SS 1 (Durchgang I: 311 Stück), SS 2 (Durchgang I: 139 Stück, Durchgang II: 221 Stück), ES 3 (I: 322, II: 237), ES 4 (I: 228, II: 252), BS 1 (I: 376) und ES 5 (I: 322, II: 344) waren am Ende der Vorstreckperiode jeweils weniger als 400 Brütlinge übrig. Die Wiederholungsgruppe musste deshalb ausfallen bzw. mit weniger Fischen besetzt werden.

Die ersten zwölf Rundstrombecken in zwei Reihen (Wassertemperatur 9 – 10 °C) wurden beginnend bei Becken 1 mit den ältesten (Altersgruppe 0 in Durchgang I am 24.05.1999) bis zu Becken 12 mit den jüngsten vorgestreckten Brutfischen (Altersgruppe 3 in Durchgang I am 14.06.1999) besetzt. Die Wiederholungsgruppen wurden systematisch auf die anderen zwölf Becken verteilt, so dass jede Kreuzungsgruppe mal am Rand einer Reihe und mal im Zentrum einer Reihe vorzufinden war (Anhang 5). Im zweiten Durchgang



wurde eine andere Reihenfolge gewählt (Anhang 6). Fische der Altersgruppe 1 wurden hierbei am 22.05.2000 und der Altersgruppe 2 am 29.05.2000 umgesetzt.

Die gestorbenen Tiere während der Aufzuchtphase wurden entnommen und gewogen. Die Verlust- bzw. Überlebensraten wurden berechnet. Die Fütterung erfolgte nach einem Futterplan, der jede Woche dem erwarteten Wachstum der Setzlinge angepasst wurde (s. Kap. 3.5.1). Gestorbene Fische wurden im Futterplan berücksichtigt und die Futterzuteilung durch eine Reduzierung der täglichen Futtermenge korrigiert. Bei Beobachtung von Futterresten auf dem Beckenboden wurde die Fütterungsintensität gesenkt.

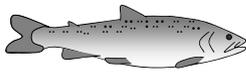
Alle vier Wochen fand eine Kontrollwiegung aller Saiblinge statt, um den tatsächlichen Wachstumsverlauf überprüfen zu können. Anhand der Ergebnisse der Kontrollwiegungen konnten die Futtermittelverwertung und die Spezifische Wachstumsrate SGR (specific growth rate) errechnet werden.

Die Bestandsdichte wird in kg Fischmasse pro m^3 Wasservolumen angegeben. Zu Beginn der Setzlingsaufzucht bei geringen Fischgewichten waren die Bestandsdichten in den Rundstrombecken sehr gering. Bei einem Besatzgewicht von 40 bis 330 g auf 220 l Volumen errechnen sich Werte von $0,2 - 1,5 \text{ kg/m}^3$. Am Ende der Setzlingsaufzucht hatte sich mit dem Zuwachs der Fische die Fischmasse vervielfacht. Die Fischbestandsdichte wuchs in der Setzlingsaufzucht langsam auf 7 bis 78 kg/m^3 (durchschnittlich 50 kg/m^3) an.

Am Ende der Setzlingsperiode wurden alle Saiblinge gezählt und einzeln gewogen (Genauigkeit 1 g) und daraus eine Grafik über die Größenverteilung erstellt. Aus den Ergebnissen wurden Durchschnittsgewichte mit Varianz berechnet.

3.4.4 Aufzucht zum Speisefisch

Nach der Setzlingsperiode wurden die Saiblinge im Alter von zirka einem Jahr aus den 24 Rundstrombecken des Bruthauses in zwölf Rundstrombecken des Außenbereiches der Forellenteichanlage mit Wassertemperaturen zwischen 8 und $10 \text{ }^\circ\text{C}$ umgesetzt. Hierbei wurden alle Fische einer Kreuzungsvariante von zwei Bruthaus-Haltungseinheiten in ein großes Freiland-Rundstrombecken zusammengelegt. Die Reihenfolge der Belegung entsprach den ersten zwölf Becken im Bruthaus (Anhang 7 und Anhang 8). Eine Zusammenlegung



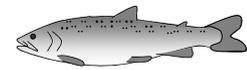
verschiedener Kreuzungsvarianten in ein Becken wurde überlegt, aber aufgrund zu erwartender Interaktionen nicht verwirklicht.

Die Futtermenge wurde anhand der Fischmasse im Becken, die alle vier Wochen durch Wiegen festgestellt wurde, berechnet und wöchentlich anhand des zu erwartenden Zuwachses erhöht (s. Kap. 3.5.1). Fischverluste wurden notiert und durch Reduzierung der Futtermenge berücksichtigt. Wurden Futterreste auf dem Beckenboden festgestellt, so wurde die Fütterungsintensität gesenkt.

Wenn hohe Verlustzahlen beobachtet wurden und die Fische ein auffälliges Gruppenverhalten sowie gespreizte Kiemendeckel zeigten, wurden sie in Durchgang II in einer 2 %-igen Kochsalzlösung ohne Frischwasserzulauf über die Dauer von einer Stunde gebadet und die Fütterung ein bis zwei Tage ausgesetzt. Am 15.05.2001 wurde die Gruppe BS 1, am 08.06.2001 BS 2 und am 26.06.2001 SS 1 mit Kochsalz behandelt. Darüber hinaus wurde wegen anhaltender Probleme in Gruppe SS 1 am 01. und 02.08.2001 eine Desinfektion des Wassers mit einem chlorhaltigen Mittel durchgeführt. Weitere Behandlungen der Fische mit chemischen oder antibiotischen Wirkstoffen unterblieben, trotz z. T. hoher Verluste.

Die Bestandsdichten in den Rundstrombecken des Außenbereiches mit einem Volumen von 2,5 m³ nahmen mit zunehmenden Fischgewichten von 3 – 12 kg/m³ (durchschnittlich 7 kg/m³) zu Beginn auf 13 – 45 kg/m³ (durchschnittlich 33 kg/m³) zum Ende der Speisefischaufzucht zu.

Bei einem Durchschnittsgewicht von 330 – 350 g je Kreuzungsvariante wurden jeweils 20 Saiblinge mit durchschnittlicher Größe (300 – 400 g) aus der Gesamtheit entnommen, vermessen, gewogen und tags darauf geschlachtet. In den beiden Kreuzungsvarianten ES 1 und ES 2 wurde das gewünschte Schlachtgewicht nach zweijähriger Aufzucht nicht erreicht. In diesen Fällen wurde der Versuch vorzeitig bei geringeren Durchschnittsgewichten beendet. Die 20 Saiblinge, die für die Ausschachtungsversuche benötigt wurden, konnten jedoch auch hier aus dem Gewichtsbereich 300 – 400 g ausgewählt werden.



3.4.5 Aufzuchteinrichtungen

3.4.5.1 Rundstrombecken im Bruthaus

Die Rundstrombecken im Bruthaus bestehen aus Glasfaserkunststoff (GFK) und weisen ein Volumen von zirka 0,5 m³ auf (Abbildungen 9 und 10). Der Frischwasserzulauf erfolgt tangential und setzt den Wasserkörper in Drehbewegung. Das Ablaufwasser wird über ein zentrales Bodensieb abgezogen. Der Wasserstand ist über ein Standrohr regulierbar. Bei der täglichen Beckenreinigung wird das Standrohr abgezogen, so dass abgesetzte Kot- und Futterreste mit dem schnell ablaufenden Wasser mitgerissen werden. Über den Becken ist je eine Lichtquelle montiert.

Für die Versuchsdurchführung wurde das Wasservolumen auf 220 l/Becken begrenzt. Alle 24 im Versuch verwendeten Rundstrombecken wiesen nahezu identische Umweltbedingungen auf. Der Frischwasserzulauf (Wassertemperatur 9 – 10 °C) und die Beleuchtung wurden regelmäßig überprüft und für alle Becken gleich gehalten.



Abbildung 9: Rundstrombecken im Bruthaus (12 Becken in zwei Reihen)

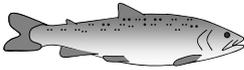


Abbildung 10: Rundstrombecken im Bruthaus (tangentialer Wasserzulauf, zentrales Bodenablaufgitter und Standrohr) mit Bandfutterautomat

3.4.5.2 Rundstrombecken im Freiland

Die Rundstrombecken im Freiland bestehen ebenfalls aus Glasfaserkunststoff (GFK) und haben ein Gesamtvolumen von 3,5 m³. Die Becken sind mit einem Deckel aus Lochblech als Schutz gegen Fisch fressende Vögel versehen (Abbildung 11). Alle zwölf Rundstrombecken im Außenbereich der Forellenteichanlage wurden im Versuch auf zirka 2,5 m³ Wasservolumen eingestellt. Der Zulauf war wie im Bruthaus tangential und die Wassermenge in l/s wurde regelmäßig überprüft und für alle Becken gleich dimensioniert. Die Temperatur des Quellwassers war im Jahresverlauf sehr konstant zwischen 8 °C in den Wintermonaten und 10 °C im Sommer.

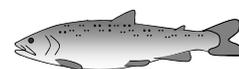
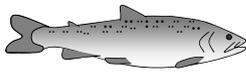


Abbildung 11: Rundstrombecken im Freiland (12 Becken in einer Reihe, mit Abdeckung) mit Bandfutterautomaten

3.5 Fütterung der Saiblinge

3.5.1 Fütterungstechnik

Etwa fünf Wochen nach dem Schlüpfen begannen die Fischlarven mit der aktiven Nahrungsaufnahme. Wenn der Inhalt des Dottersackes zu zirka zwei Drittel aufgebraucht war, wurde mit der Fütterung der Fische begonnen. Für jede der 24 Haltungseinheiten in den Unterstromkästen wurden eigene Futterbecher mit abgewogener Futtermenge vorbereitet, aus denen die Fütterungen vorgenommen wurden. Die Fütterung erfolgte mehrmals täglich. Die Futtermenge wurde dem Bedarf angepasst und per Augenschein verabreicht. Die nicht benötigte Futtermenge wurde am Ende der Fütterungsperiode wieder zurück gewogen. Über die verabreichte Futterart und -menge wurden Aufzeichnungen geführt. Die Futterpartikelgröße wurde der Fischgröße jeweils angeglichen. Zur Anfütterung der Saiblinge wurde feinstes Trockenmischfutter der Marke Trouvit Perla Marine Response 5.0 (60,0 % Rohprotein, 14,0 % Rohfett) und später 4.0 (60,0 % Rohprotein, 15,0 % Rohfett) vorgelegt. Anschließend wurde bei zunehmender Fischgröße Brutfutter Trouvit pro aqua Brut/00



und Brut/0 (jeweils 60,0 % Rohprotein, 15,0 % Rohfett) gefüttert. Da vor allem die reinen Nachkommen der Seesaiblinge SS 1 in Durchgang I das Trockenfutter nur sehr bedingt annahmen und viele hungernde und verhungerte Tiere zu verzeichnen waren, wurde diesen Brütlingen neben Trockenfutter zusätzlich geringe Mengen gefrostenes Zooplankton vorgelegt. Das Plankton schwimmt im Eispaket auf der Wasseroberfläche, löst sich langsam auf und sinkt in kleinen Portionen ab. Ein Teil der Seesaiblinge akzeptierte die Naturnahrung besser, womit die Brutverluste in dieser Variante geringfügig begrenzt werden konnten. In Durchgang II wurde auf die Zufütterung mit Zooplankton verzichtet.

Die Fütterung ab Beginn der Setzlingsperiode bis zum Speisefisch erfolgte mit Bandfütterautomaten. Per Uhrwerksantrieb wird ein Band bewegt und das darauf liegende Futter bis zu zwölf Stunden am Tag in kleinen Gaben vorgelegt. Die Futterart und -partikelgröße wurde der Fischgröße jeweils angeglichen (Tabelle 5). Die genauen Gehalte an Inhalts- und Zusatzstoffen sind in Anhang 9 aufgeführt. Ab einem Gewicht von etwa 180 g erhielten die Saiblinge carotinangereichertes Futter. Im Durchschnitt betrug die Carotingabe über die letzten beiden Gewichtsabschnitte 10 mg ($\pm 10\%$) Astaxanthin pro Fisch.

Tabelle 5: Verabreichte Futterart und -größe in Abhängigkeit von der Fischgröße

Fisch-		Futtermittelart			Futtermittelinhaltsstoffe		
gewicht	länge	Name	Struktur	Größe	Rohprotein	Rohfett	Carotin ¹⁾
g	cm			mm	%	%	mg/kg
0,5 – 1,2	3,5 – 5	Trouvit pro aqua Brut 00	Granulat	0,6 – 0,9	60,0	15,0	0
1,2 – 10	5 – 10	Trouvit pro aqua Brut 0	Granulat	0,9 – 1,4	60,0	15,0	0
10 – 50	10 – 16	Trouvit pro aqua Brut 1A	Granulat	1,4 – 2,2	60,0	15,0	0
50 – 70	16 – 18	Trouvit pro aqua Brut 1	Extrudat	1,8	55,0	15,0	0
70 – 120	18 – 23	Trouvit pro aqua 20/2	Extrudat	2,0	46,0	20,0	0
120 – 180	23 - 25	Trouvit pro aqua 20/2A	Extrudat	2,5	46,0	20,0	0
180 – 250	25 – 28	BioMar Ecolife 10/3	Extrudat	3,0	49,0	23,0	50
250 – 350	28 – 32	BioMar Ecolife 10/4,5	Extrudat	4,5	48,5	24,0	75

¹⁾ Astaxanthin

Die Fütterung erfolgte nach einem Futterplan, der jede Woche dem erwarteten Wachstum der Setzlinge angepasst wurde. Alle vier Wochen fand eine Kontrollwiegun g aller Saiblinge statt, um den tatsächlichen Wachstumsverlauf überprüfen zu können (Abbildung 12).

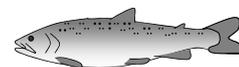


Abbildung 12: Kontrollwiegung der Saiblinge

Die tägliche Futtermenge (Futt) wurde nach Fütterungsempfehlungen der Futtermittelhersteller (Fütterungsintensität Futt%, Futtermenge in Prozent der Fischbiomasse) für vier Wochen im Voraus berechnet. Entscheidend für die Berechnung waren das Anfangsgewicht der Gruppe (A) und die erwartete Futterverwertung (FQ). Gestorbene Fische wurden bei der Berechnung des Futterplanes für die darauf folgende Woche berücksichtigt (Übersicht 4).

Übersicht 4: Formeln zur Berechnung der täglichen Futtermenge Futt (in g)

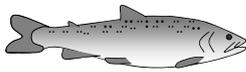
Woche 1: Tägliche Futtermenge **Futt1** = (Anfangsgewicht **A** × Fütterungsintensität **Futt%**) / 100

Woche 2: **Futt2** = (A + Futtermenge in Woche 1 **M1*** / Erwartete Futterverwertung **FQ**) × (Fischanzahl in Woche 2 **Z2** / Fischanzahl in Woche 1 **Z1**) × **Futt%** / 100

Woche 3: **Futt3** = (A + **M1** / **FQ** + **M2** / **FQ**) × (**Z3** / **Z1**) × **Futt%** / 100

Woche 4: **Futt4** = (A + **M1** / **FQ** + **M2** / **FQ** + **M3** / **FQ**) × (**Z4** / **Z1**) × **Futt%** / 100

(* Futtermenge in Woche 1 **M1** = Tägliche Futtermenge **Futt1** × Fütterungstage in Woche 1)



Die Futtermenge konnte nach Beobachtung des Fressverhaltens korrigiert werden. Wurde festgestellt, dass die Futtermenge zu hoch gewählt war und sich Futterreste im Becken ansammelten, so wurden die Futtergaben in der darauf folgenden Woche durch Verringerung der Fütterungsintensität (Futt%) reduziert. Minimale, maximale und durchschnittliche tägliche Futtergaben – Futtermenge in % des Lebendgewichts – in Abhängigkeit der Fischgröße und bei Wassertemperaturen zwischen 8 und 10 °C sind in Tabelle 6 genannt.

Tabelle 6: Fütterungsintensität (Futt%) in Abhängigkeit von der Fischgröße

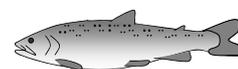
Fisch-		Fütterungsintensität Futt%		
gewicht	länge	(Täglich verabreichte Futtermenge in % des Lebendgewichts)		
g	cm	minimal	maximal	durchschnittlich
		%	%	%
0,5 – 1,2	3,5 – 5	2,5	2,5	2,5
1,2 – 10	5 – 10	1,2	2,5	2,0
10 – 50	10 – 16	0,7	1,8	1,2
50 – 120	16 – 23	0,7	1,2	1,0
120 – 250	23 - 28	0,5 (0,2*)	1,0	0,8
250 – 350	28 – 32	0,5 (0,2*)	0,9	0,7

* vorübergehend während der Laichzeit oder im Krankheitsfall

3.5.2 Zuwachs, Futtermittelnutzung, Spezifische Wachstumsrate

Alle vier Wochen fand eine Kontrollwiegung aller Saiblinge statt, um den tatsächlichen Wachstumsverlauf überprüfen zu können. Die Ergebnisse wurden dokumentiert und die Gewichtszunahme grafisch dargestellt.

Anhand der Ergebnisse der Kontrollwiegungen wurden die Futtermittelnutzung FQ und die Spezifische Wachstumsrate SGR (specific growth rate) im 4-Wochen-Rhythmus errechnet. Zur Berechnung der Spezifischen Wachstumsrate wurde die Formel nach SCHRECK & MOYLE (1990) herangezogen (Übersicht 5). Die bei den Endwiegungen ermittelten Fischgesamtgewichte dienen für eine abschließende Berechnung von FQ und SGR jeweils über die gesamte Setzlingsperiode und über die Aufzuchtperiode zum Speisefisch.



Übersicht 5: Formeln zur Berechnung der Futtermittelverwertung FQ und der Spezifischen Wachstumsrate SGR

FQ = Futtermittelverbrauch / Fischzuwachs
 = (Tägliche Futtermenge × Fütterungstage) / (Fischgesamtgewicht am Ende der Aufzucht + Gesamtgewicht der Fischverluste – Fischgesamtgewicht zu Beginn der Aufzucht)

$$\text{SGR} = (\sqrt[d]{W_d / W_0} - 1) \times 100 = ((W_d / W_0)^{1/d} - 1) \times 100 \text{ } ^1 \text{ oder}$$

$$= (\ln W_d - \ln W_0) / d \times 100 \text{ } ^2$$

d = Aufzuchtdauer in Tagen

W₀ = Lebendgewicht zum Zeitpunkt 0 (Fischgesamtgewicht zu Beginn der Aufzucht)

W_d = Lebendgewicht zum Zeitpunkt d (Fischgesamtgewicht am Ende der Aufzucht (d) + Gesamtgewicht der Fischverluste)

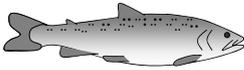
¹⁾ nach SCHWARZ (1998)

²⁾ nach SCHRECK & MOYLE (1990)

3.6 Schlachtkörper- und Fleischqualität

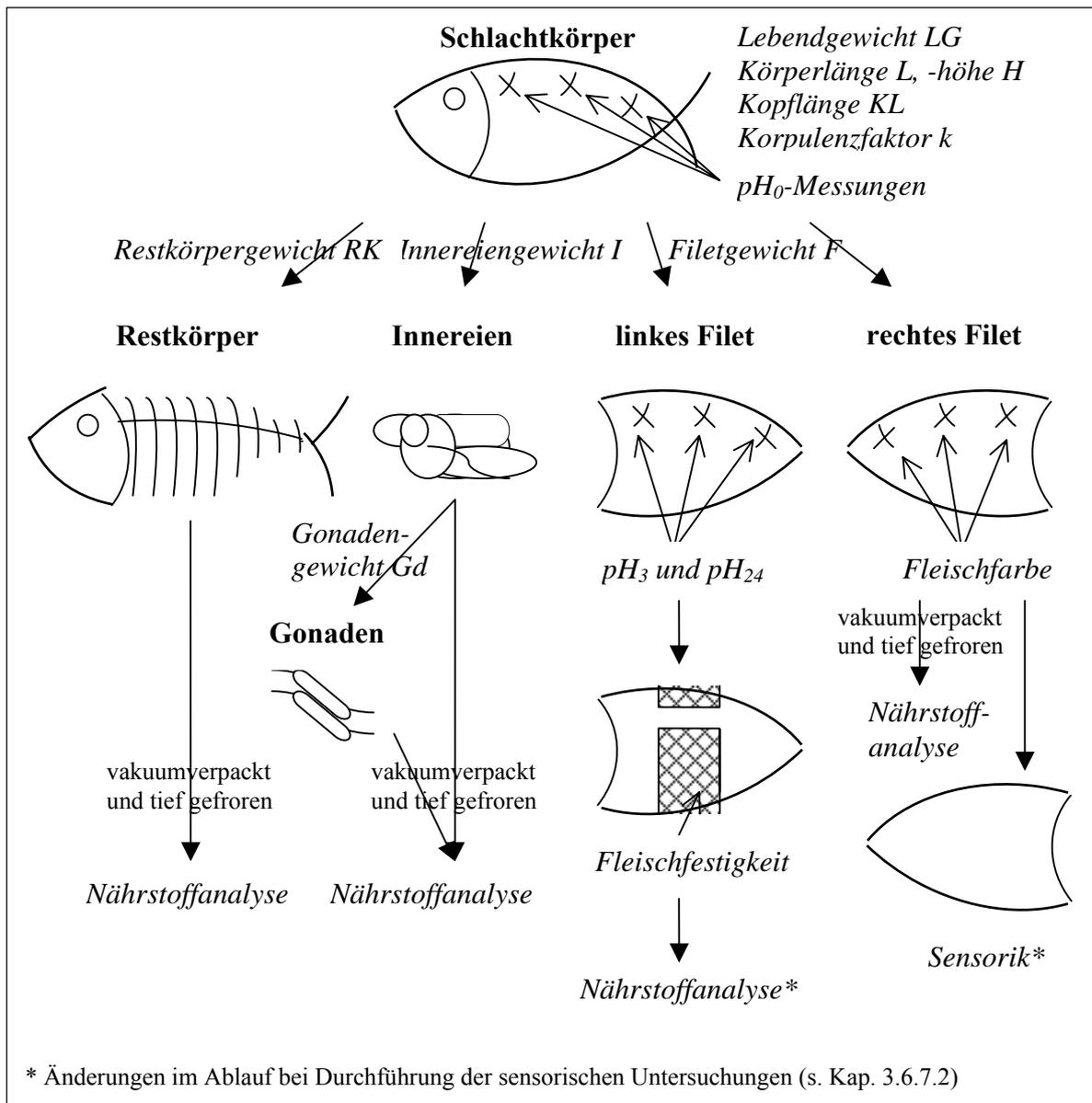
Bei einem Durchschnittsgewicht von 330 – 350 g je Kreuzungsvariante waren jeweils das gewünschte Endschlachtgewicht und damit das Versuchsende erreicht. In den beiden Kreuzungsvarianten ES 1 und ES 2 wurde das gewünschte Schlachtgewicht nach zweijähriger Aufzucht nicht erreicht. In diesen Fällen wurde der Versuch vorzeitig bei geringeren Durchschnittsgewichten beendet. Das Versuchsende wurde in Durchgang I auf den 15.01.2001 und in Durchgang II auf den 14.01.2002 festgelegt.

Die abschließende Behandlung der Fische erfolgte nach einem einheitlichen Zeitrahmen. Jeweils am Dienstag (2,5 Tage nach Fütterungsende) wurden alle Fische des Beckens einzeln gewogen und gemessen. Je 20 Saiblinge mit einem Gewicht zwischen 300 und 400 g wurden dabei aus der Gesamtheit entnommen. Anschließend kamen diese ausgewählten Fische über Nacht in ein Hälterbecken aus Edelstahl, um sie tags darauf zu schlachten. Insgesamt waren die Saiblinge bei der Schlachtung jeweils 3,5 Tage (Samstag Abend bis Mittwoch Früh) genüchert. Bei der Schlachtung wurden jeweils fünf Fische gleichzeitig mit einem Schlag auf den Kopf betäubt und per Kiemenrundschnitt getötet. Nach dem Fo-



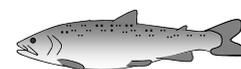
tografieren wurden die Saiblinge gewogen, vermessen, ausgenommen, filetiert und den verschiedenen Qualitätsuntersuchungen unterzogen. Die letzten Qualitätsmessungen (pH_{24} und Fleischfestigkeit) fanden jeweils am Donnerstag statt, 24 Stunden nach dem Töten. Ein schematischer Ablauf der durchgeführten Qualitätsuntersuchungen ist in Übersicht 6 dargestellt.

Übersicht 6: Schematische Darstellung der durchgeführten Messungen und Qualitätsuntersuchungen am Schlachtkörper



3.6.1 Messungen am Schlachtkörper

Die getöteten Saiblinge wurden einzeln gewogen (Lebendgewicht LG , Genauigkeit 1 g) und vermessen. Bei den Messungen interessierten vor allem die morphometrischen Daten



Körperlänge GL (Kopfspitze bis Ende der zusammengelegten Schwanzflosse, Genauigkeit 1 cm), Kopflänge KL (Kopfspitze bis Ende des Kiemendeckels, 0,5 cm) und Körperhöhe H (Bauch bis Ansatz der Rückenflosse, 0,5 cm). Aus dem Verhältnis von Körperlänge zu Lebendgewicht konnte mit der Formel $k = LG \times 100 / GL^3$ der Korpulenzfaktor k berechnet werden.

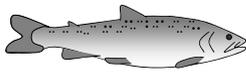
3.6.2 Ausschlachtung

Nach dem Töten wurde die Bauchhöhle geöffnet und die inneren Organe einschließlich der Niere entnommen. Aus den Innereien wurden die Geschlechtsorgane (Gonaden) herauspräpariert und die Geschlechtsbestimmung durchgeführt. Das Gonadengewicht Gd (Genauigkeit 0,1 g) und das Gewicht der Innereien einschließlich der Gonaden I (Genauigkeit 1 g) wurden bestimmt und im Verhältnis zum Lebendgewicht betrachtet. Der prozentuale Anteil der Gonaden am Lebendgewicht wird auch als Gonadosomatischer Index (GSI) bezeichnet. Anhand des GSI kann ein Rückschluss auf die Geschlechtsreife gezogen werden. Sterile oder juvenile Tiere haben in der Regel einen GSI, der kleiner 1 % ist.

Die Saiblinge wurden anschließend von Hand filetiert, das heißt die essbaren Muskelanteile am Schlachtkörper wurden herausgeschnitten. Da die exakte Schnittführung sehr viel Übung erfordert, wurden die Filets immer von den gleichen Fischwirtschaftsmeistern (W. Strohmeier und A. Streicher) gewonnen, die in der Fischverarbeitung sehr erfahren sind. Ein Personeneinfluss wurde durch genau definierte Schnittvorgaben ausgeschlossen. Die Filets wurden nicht enthäutet, da die Haut von Saiblingen mit ihren sehr kleinen Schuppen nach der Zubereitung üblicherweise mit gegessen wird. Die Filets F (mit Haut) wurden gewogen (Genauigkeit 1 g) und die prozentuale Filetausbeute F% berechnet.

Alle anderen Körperteile, wie Kopf, Wirbelsäule, Rippen, Flossen und Kiemen, werden als Restkörper bezeichnet. Das Gewicht des Restkörpers RK wurde ermittelt (Genauigkeit 1 g) und in Beziehung zum Lebendgewicht (Restkörperanteil RK%) gesetzt.

Häufig ist zwischen dem Lebendgewicht und der Summe von Innereien-, Filet- und Restkörpergewicht eine Differenz festzustellen. Die Addition dieser drei Körperteile beträgt im Regelfall etwas weniger als 100 % des Lebendgewichts. Geringe Gewichtsverluste in Höhe von etwa 0,5 % des Lebendgewichts entstehen beim Abwaschen von Schleim und Blut. Diese Differenz wird als Schwund S bezeichnet.



Die Formeln zur Berechnung der einzelnen Schlachtkörperteile in Beziehung zum Lebendgewicht sind in Übersicht 7 aufgeführt.

Übersicht 7: Formeln zur Berechnung der Schlachtkörperanteile in %

Innereienanteil (mit Gonaden):	I%	= Innereingewicht I × 100 / Lebendgewicht LG
Gonadenanteil:	GSI	= Gonadengewicht Gd × 100 / LG
Filetausbeute (mit Haut):	F%	= Filetgewicht F × 100 / LG
Restkörperanteil:	RK%	= Restkörpergewicht RK × 100 / LG
Schwund:	S	= LG – (I + F + RK)

3.6.3 Messung des pH-Wert-Verlaufs

Der pH-Wert im Fischmuskel verändert sich nach der Tötung (post mortem) in einer typischen Weise. Biochemische Vorgänge im Gewebe führen zu einer Fleischsäuerung und der pH-Wert sinkt. Abweichungen vom idealen Verlauf, also eine reduzierte oder eine überstürzte Ansäuerung, können Fleischmängel oder eine geringere Haltbarkeit verursachen.

Für die pH-Messungen im Versuch wurde das pH-Meter 197 mit der Einstichelektrode SenTix Sp der Fa. WTW verwendet. Da der pH-Wert temperaturabhängig ist, musste gleichzeitig zur pH-Wert-Messung die Korrektur der Filettemperatur mit dem Temperaturfühler TFK 150/E der Fa. WTW erfolgen. Das pH-Gerät wurde vor jedem Messtag mit zwei Standardpufferlösungen (pH 4,01 und pH 7,00) kalibriert. Zu beachten war, dass der Elektrodenkopf bei der Messung immer bis über das Diaphragma in den Fischmuskel eingeführt wurde. Die Messwerte wurden notiert, wenn die Anzeige am Display einige Sekunden stabil blieb. Zwischen den Messungen wurde die Elektrode im destillierten Wasser gereinigt und gelagert.

Der pH-Wert wurde bei der Tötung (pH₀), drei Stunden post mortem (pH₃) und 24 Stunden nach der Tötung (pH₂₄) an drei definierten Stellen im Fischfilet gemessen. Die Messsonde wurde jeweils in den Rückenmuskel des linken Filets hinter dem Kopf, an der Rückenflosse und vor der Fettflosse eingeführt. Zur Messung des pH₀, die vor der Schlachtung erfolgte, mussten dazu drei kleine Schnitte in die Haut ausgeführt werden. Bei pH₃ und pH₂₄ konnten die Messungen am Filet auf der geschnittenen Seite erfolgen (Abbildung 13).

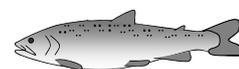
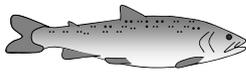


Abbildung 13: pH-Wert-Messung am Fischfilet (links: pH-Einstichelektrode, rechts: Temperaturfühler)

3.6.4 Messung der Fleischfarbe

Die Fleischfarbe im Fischmuskel wird von vielen Faktoren beeinflusst. Auf Verbrauchewunsch werden dem Fischfutter gegen Ende der Aufzucht zuweilen Carotinoide zugesetzt, die eine lachsrote Fleischfärbung hervorrufen. In den letzten beiden Gewichtsabschnitten ab einem Lebendgewicht von 180 g bis zur Endschlachtung mit etwa 330–350 g erhielten die Versuchs-Saiblinge carotinangereichertes Futter, etwa 10 mg ($\pm 10\%$) Astaxanthin pro Fisch (Tabelle 5). Je nach Zuwachsleistung dauerte diese Phase mit Carotinzufütterung unterschiedlich lange, mindestens 10 Wochen, im Durchschnitt 16 Wochen. Die Gruppe SS 1 verweilte in diesen Gewichtsabschnitten aufgrund des langsamen Wachstums sehr lange, durchschnittlich 26 Wochen, und erhielt deshalb unter Berücksichtigung der Futterverwertung etwa 40 % mehr Astaxanthin. Fische der Gruppe ES 2 dagegen erreichten nicht das gewünschte Endgewicht und erhielten deshalb etwa 50 % weniger Carotinzusatz. Dies ist in den Ergebnissen zu berücksichtigen. Weiterhin ist die Intensität der Färbung bei ver-



schiedenen Fischarten zu unterschiedlichen Jahreszeiten häufig ungleich. Vor allem während der Laichzeit kann die Fleischfarbe laichreifer Fische stark beeinflusst sein.

Mit dem Fleischfarbmessgerät Chroma Meter CR 300 der Fa. Minolta wurde die Oberflächenfarbe der Filets bestimmt. Dabei wird ein Farbpunkt im dreidimensionalen L-a-b-Farbraum (Abbildung 14) mit den drei Koordinaten L (Helligkeit), a (Rot- oder Grünfärbung) und b (Gelb- oder Blaufärbung) definiert. Anhand dieser Werte kann die Intensität der Pigmentierung und die Ausprägung der Farbgebung objektiv beurteilt werden. Jeweils zu Beginn des Messtages wurde die Messsonde mit einer Kalibrierplatte geeicht.

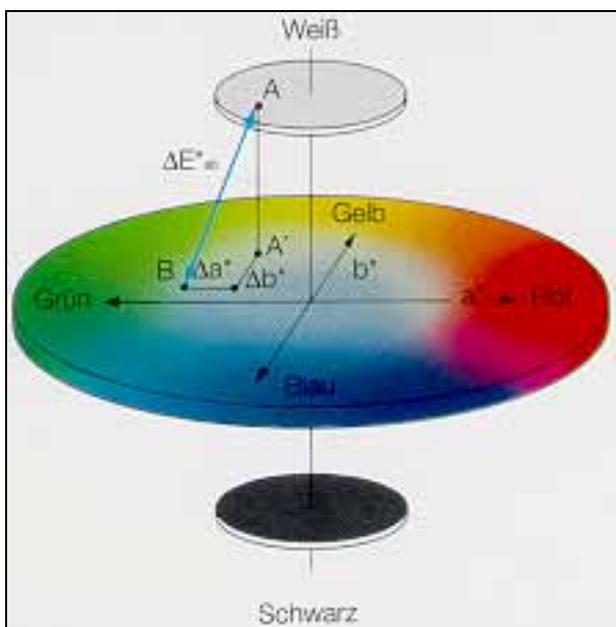


Abbildung 14: L-a-b-Farbraum

Im Versuch wurde die Farbe an drei Stellen des Rückenmuskels (hinter dem Kopf, unterhalb der Rückenflosse und vor der Fettflosse) des rechten Filets, direkt nach Schlachtung und Filetierung, gemessen (Abbildung 15). Der Messkopf wird dabei ohne starken Druck plan auf das Fischfleisch aufgesetzt. Punktuelle Farbveränderungen, z. B. durch Blutergüsse oder Fetteinlagerungen, wurden nach Möglichkeit ausgespart.

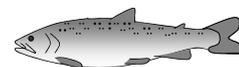


Abbildung 15: Messung der Fleischfarbe am Fischfilet

3.6.5 Messung der Fleischfestigkeit

Da Fische kaum Bindegewebe aufweisen, ist die Fleischfestigkeit vorwiegend abhängig von der Stärke und Dichte der Muskelstränge. Mit zunehmendem Alter bzw. steigender Größe der Fische ist eine Zunahme der Fleischfestigkeit feststellbar. Mit dem Fleischfestigkeitsmessgerät Model 4411 der Fa. Instron wird die Scherkraft (Genauigkeit 0,1 Newton) gemessen, die aufgebracht werden muss, um Fleisch zu zerteilen. Je fester das Fleisch, desto höher ist der Wert.

Zur Bestimmung der Fleischfestigkeit wurden die Filets mit einem Messer von Hand enthäutet. Jeweils der mittlere Bereich des linken Filets wurde in kleine Würfel mit einer Kantenlänge von zirka 0,5 cm geschnitten. Um Fehler bei den Messungen zu vermeiden, wurde der Bereich mit „Stehgräten“ (zweites Rippenpaar) großzügig entfernt. Die ausgewählten Bereiche sind in Abbildung 16 ersichtlich. Je $10,00 \pm 0,02$ g der gewürfelten Fleischstückchen wurden in eine so genannte Kramer-Scherzelle eingebracht und gleichmäßig verteilt. Nach Inbetriebnahme des Gerätes werden die Filetwürfel beim Verzahnen der gegenläufigen Schereinheiten zerschnitten. Die gemessene Scherkraft wird am Display angezeigt.

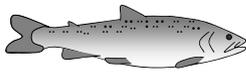
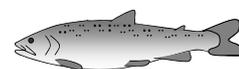


Abbildung 16: Gewürfelte Fleischstückchen (in den Schalen) zur Messung der Fleischfestigkeit

3.6.6 Nährstoffanalyse

Jeweils das rechte Filet, die Innereien mit Gonaden und der Restkörper der Saiblinge wurden im Anschluss an die Farbmessung der Filets vakuumverpackt, beschriftet und tief gefroren. Alle Proben wurden auf diese Weise konserviert. Am Zentrallabor Grub der Abteilung Qualitätssicherung und Untersuchungswesen (AQU) der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) fand die Weender-Analyse auf die Inhaltsstoffe Wasser, Rohprotein, Rohfett und Rohasche statt. Zwölf verschiedene Messdaten wurden je Fisch erhoben.

Die folgenden Beschreibungen der Analysendurchführung sind den Angaben der AQU (verantwortlicher Laborleiter: Dr. M. Schuster) entnommen.



3.6.6.1 Probenvorbereitung

Die angetauten Filets (mit Haut) wurden in kleine Würfel geschnitten und im Grindomix 200 (Fa. Retsch, Haan) zu einer homogenen Paste vermast (10 Sekunden Intervallbetrieb mit 3000 Umdrehungen pro Minute (U/min), 50 Sekunden Dauerbetrieb bei 6000 U/min). Sollte sich die Probe am Becherrand absetzen, musste zwischendurch auf Intervallbetrieb umgestellt werden. Ein Erwärmen der Probe beim Vermusen wurde unter diesen Bedingungen vermieden. Die Fischpaste wurde in ein Kunststoffgefäß überführt (randvoll), zur Probenidentifikation das laminierte Barcodeetikett hinzugefügt, mit dem Deckel luftdicht verschlossen und bis zur weiteren Bearbeitung maximal zwei Stunden im Kühlschrank aufbewahrt. Zur Nährstoffanalyse wurden die Proben nach der Kühlschrankentnahme auf Raumtemperatur gebracht und mit einem Spatel intensiv verrührt.

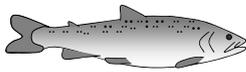
Die aufgetauten Innereienproben wurden je nach Menge im Waring Blendor mit 50 ml bis 100 ml Aufsätzen bei maximaler Drehzahl homogenisiert. Aufgrund des hohen Ölgehaltes war die Probe unmittelbar nach dem Homogenisieren einzuwiegen.

Die gefrosteten Restkörper wurden in einem Kunststoffbeutel (mindestens 0,3 µm) auf einem Hackstock mit einem Hammer vorzerkleinert. Anschließend wurden die so vorbereiteten Proben wie bei den Filets beschrieben im Grindomix homogenisiert und weiter bearbeitet.

3.6.6.2 Bestimmung von Wasser- und Aschegehalten

$5,00 \pm 0,02$ g des vorbereiteten Fischfilets oder $2,00 \pm 0,02$ g Innereien bzw. $3,00 \pm 0,02$ g Restkörper wurden in einen Porzellantiegel eingewogen und mit einem Spatel am Tiegelrand zur Vergrößerung der Probenoberfläche ausgestrichen. Die Proben wurden über Nacht im Trockenschrank bei 103 ± 2 °C getrocknet und anschließend für 30 Minuten im Exsikkator mit Trockenmitteln zur Abkühlung auf Raumtemperatur stehen lassen. Danach wurde die Rückwaage 1 durchgeführt.

Nach der Wägung wurden die Tiegel im Hochtemperatur-Ofen (Muffelofen) bei 575 ± 5 °C 7 Stunden lang verascht. Die heißen Tiegel ließ man zirka 7 Minuten abkühlen und bewahrte sie weitere 30 Minuten im Exsikkator auf um sie auf Raumtemperatur zu bringen. Anschließend wurde die Rückwaage 2 durchgeführt.



Sollten die Ergebnisse der Doppelbestimmungen zu sehr voneinander abweichen, musste die vermusste Probe mit zirka 1 g Seesand verrieben und wie oben beschrieben am Tiegelrand ausgestrichen werden. Die zugegebene Menge Sand musste in der Einwaage enthalten sein.

Anhand der Rückwaagen konnten die Parameter Wassergehalt (in %) und Aschegehalt (in %) nach folgenden Formeln errechnet werden:

$$\text{Wassergehalt (\%)} = (1 - (\text{Rückwaage 1} - \text{Tiegellegewicht}) / \text{Probeneinwaage}) \times 100$$

$$\text{Aschegehalt (\%)} = (\text{Rückwaage 2} - \text{Tiegellegewicht}) / \text{Probeneinwaage} \times 100$$

3.6.6.3 Bestimmung des Rohproteingehalts

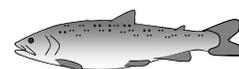
Durch Verwendung von zwei Referenzmaterialien aus Ringuntersuchungen wurde das Analysengerät vor jeder Messserie unter Berücksichtigung der atmosphärischen Bedingungen des Analysenzeitpunktes auf die Kjeldahlmethode geeicht.

Zirka 500 mg der vorbereiteten Fischprobe (350 bis 400 mg bei Innereien) wurde in die Edelstahltiegel eingewogen und das Gewicht der bereits eingegebenen Probenidentifikationsnummer automatisch zugewiesen. Die Probentiegel wurden in entsprechender Reihenfolge in das Probenkarussell gestellt.

Mit dem Stickstoffanalysator VarioMax (Fa. Elementar, Hanau) wird der Gesamtstickstoffgehalt nach der DUMAS-Verbrennungsmethode ermittelt. Die Probe wird in einem Trägergasstrom unter Sauerstoffzugabe bei etwa 1000 °C verbrannt. Nach der Reduktion gebildeter Stickoxide zu molekularem Stickstoff und der Entfernung anderer Verbrennungsprodukte durch selektive Absorption wird der molekulare Stickstoff mit einem Wärmeleitfähigkeitsdetektor ermittelt. Die Berechnung des Stickstoffgehaltes erfolgt mit der geräteeigenen Software. Der Rohproteingehalt wird daraus durch Multiplikation mit dem Umrechnungsfaktor 6,25 errechnet.

3.6.6.4 Bestimmung des Gesamtfettgehalts

Bei der Hydrolyse von Filet, Innereien und Restkörper wurden $5,00 \pm 0,01$ g der homogenisierten Probe am Online-Wägeplatz unter Einsatz des Programms „Fettbestimmung“ auf



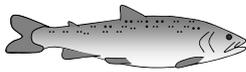
der Analysenwaage direkt in die Aufschlussgefäße (Doppelbestimmung) gewogen und mit 60 ml reiner 4-molarer Salzsäure und einigen Siedesteinchen versetzt. Die Schraubdeckel wurden locker auf die Kolben aufgesetzt und die Kolben im Aluminiumaufschlussblock für 45 Minuten auf 185 °C erhitzt. Nach 2 – 3 Minuten wurden die Schraubdeckel in der Aufwärmphase fest zuge dreht. Die Probengefäße wurden anschließend abgekühlt, im Abzug vorsichtig geöffnet und über befeuchtete Faltenfilter abfiltriert. Das Aufschlussgefäß wurde mit 100 bis 150 ml heißem, destilliertem Wasser ausgespült und abfiltriert. Die Filter wurden mit warmem destilliertem Wasser solange nachgespült, bis der pH-Wert des Spülwassers 6,5 – 7,0 betrug (insgesamt mind. 400 ml Wasser). Die Extraktionshülsen mit den Filtern wurden dann in Kunststoffbecher gestellt, die mit der Probennummer versehen waren, und über Nacht (18 Stunden) bei 50 °C im Trockenschrank getrocknet.

Das Leergewicht der beschrifteten Rundkolben mit den darin befindlichen Glaskügelchen wurde bereits bestimmt und im Programm Fettbestimmung abgespeichert. Vor der Extraktion nach Soxhlet musste die Zuordnung der Probennummern zu den Kolbennummern der Extraktionsapparaturen erfolgen. In die Rundkolben wurden zirka 200 ml Petrolbenzin 40/60 vorgelegt, die Filterhülsen in die Soxhletapparatur gesteckt, diese auf den Rundkolben aufgesetzt und oben mit einem Rückflusskühler versehen. Die Reihenheizpilze wurden aufgeheizt und das Fett aus den Filterpapieren mindestens 5 Stunden unter Rückfluss extrahiert. Der Sollwert des Temperaturprogramms war auf 190 °C einzustellen, um einen kontinuierlichen Siedevorgang zu gewährleisten.

Nach der Extraktion wurde die Extraktionshülse entnommen, das Petrolbenzin abdestilliert und über das Heberrohr aus der Apparatur entfernt. Dieser Vorgang wurde so oft wiederholt, bis im Kolben nur noch Spuren von Petrolbenzin zu sehen waren. Der Kolben wurde aus der Soxhletapparatur entfernt und zum Abdampfen der Petrolbenzinspuren über Nacht im Abzug stehen gelassen. Am nächsten Morgen wurden die Kolben im vorgeheizten Trockenschrank bei 103 ± 2 °C 90 Minuten lang getrocknet, im Exsikkator zirka 1 Stunde auf Raumtemperatur abgekühlt und online (PC-Wägeplatz) das Gesamtgewicht des Kolbens mit Fettrückstand bestimmt.

Der Gesamtfettgehalt in % der Frischprobe errechnet sich wie folgt:

$$\text{Fett (\%)} = (\text{Rückwaage Gesamtgewicht} - \text{Kolbenleergewicht}) / \text{Probeneinwaage} \times 100$$



3.6.7 Sensorik

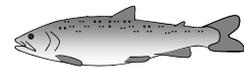
3.6.7.1 Haltung und Auswahl der Versuchsfische für die sensorische Prüfung

Die Konservierung von Fischen durch Tiefgefrieren gewährleistet im Allgemeinen eine sehr lange Haltbarkeit. Da eine Veränderung sensorischer Merkmale durch Tiefgefrieren jedoch nicht ausgeschlossen werden kann, sollten die Fische für die Verkostung frisch geschlachtet und filetiert werden. Da das Versuchsende der einzelnen Kreuzungsvarianten je nach Wachstum zu unterschiedlichen Zeitpunkten eintrat, wurden deshalb die verbliebenen Versuchsfische bis zu einem gemeinsamen Schlachtermin weiter gehalten.

Um vergleichbare Bedingungen beizubehalten, verblieben die nicht geschlachteten Fische auch nach Versuchsende in ihren Rundstrombecken und wurden weiterhin, allerdings mit geringerer Intensität gefüttert. Diese Erhaltungsfütterung bis zur Schlachtung wurde mit einer Mischung der Futtermittel BioMar Ecolife 10/4,5 (48,5 % Rohprotein, 24,0 % Rohfett, 75 mg/kg Astaxanthin) und Trouvit pro aqua 20/5 (44,0 % Rohprotein, 22,0 % Rohfett, ohne Astaxanthin) im Verhältnis 1 : 1 durchgeführt. Die tägliche Futterrationsration wurde kontinuierlich auf 0,4 bis 0,2 % des Lebendgewichts gesenkt.

Zur Ausweitung des sensorischen Vergleiches sollten auch Regenbogen- und Bachforellen in die Untersuchung einbezogen werden. Dazu wurden je fünf Tiere in einem Rundstrombecken gemeinsam mit Saiblingen aufgezogen. Es wurde jeweils ein Becken ausgewählt, in dem das Versuchsende für die Saiblinge bereits erreicht war. Am 09.10.1999 bzw. am 09.07.2000 wurden je fünf zweisömmerige Regenbogenforellen und fünf dreisömmerige Bachforellen zur Seesaiblingsgruppe SS2 besetzt und über einen Zeitraum von zirka vier bzw. sieben Monaten gemeinsam aufgezogen. Die Erhaltungsfütterung wurde in diesem Fall für alle Seesaiblings, Regenbogen- und Bachforellen gemeinsam berechnet.

Jeweils nach Abschluss der Durchgänge I und II fanden die vergleichenden Sensoriktests für alle zwölf Saiblings-Kreuzungsvarianten und die Regenbogen- und Bachforellengruppen statt. Aus allen 14 Gruppen wurden je drei Fische mit einem Durchschnittsgewicht zwischen 500 und 800 g ausgewählt. Die etwas kleineren Bachforellen bewegten sich im unteren Gewichtsbereich, während die Regenbogenforellen eher schwerer waren.



3.6.7.2 Messung der Schlachtkörper- und Fleischqualität und Vorbereitung der sensorischen Prüfung

Die Messungen und Qualitätsuntersuchungen der $14 \times 3 = 42$ Fische wurden wie in Übersicht 6 dargestellt durchgeführt. Im Unterschied zu den vorangegangenen Untersuchungen wurde hierbei jeweils das linke Filet nach den pH-Wert- und Fleischfestigkeits-Messungen zur Nährstoffanalyse herangezogen, während das unversehrte rechte Filet verköstigt wurde. Den Filets wurden nach einem Zufallssystem Nummern von 1 bis 42 zugeteilt. Filets der Kreuzungsvariante ES 4 erhielten im Testjahr 2001 z. B. die Nummern 1, 20 und 35. Die Filets der Regenbogenforellen (RF) und der Bachforellen (BF) wurden mit den Nummern 4, 9 und 40 (RF) bzw. 5, 12 und 39 (BF) zufällig unter die Saiblingsfilets gemischt. Die vakuumverpackten Filets wurden mit den festgelegten Nummern beschriftet und bis zur Zubereitung zwei Tage kühl gelagert.

Zur Verköstigung am 26.01.2001 bzw. am 25.01.2002 wurden die Vakuumverpackungen entfernt und je sechs Filets je Sensorik-Durchgang auf mit Nummern versehenen Edelstahlblechen verteilt. Anschließend wurden die Filets im Combi-Dämpfer CM 6 der Fa. Rational in zirka 100°C heißem Wasserdampf über einen Zeitraum von acht Minuten gegart. Die ungewürzten Filets wurden danach in fünf zirka 25 – 40 g schwere Stücke zerteilt und nach einem Probenplan auf kleinen, vorgewärmten Tellern ausgeteilt. Die Teller waren mit der Nummer der Prüfer (1 – 10) und der Ziffer der Fischprobe (A, B oder C) beschriftet, so dass Verwechslungen ausgeschlossen waren. Für die Erhaltung des vollen Aromas war darüber hinaus besonders wichtig, dass die Fischproben schnell, im heißen Zustand, bei den Testessern ankamen. Ferner wurde darauf geachtet, dass jeder Prüfer von allen Proben immer vergleichbare Teilstücke, z. B. Kopfstück, Mittelstück oder Schwanzstück vorgesetzt bekam (Abbildung 17).

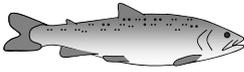


Abbildung 17: Ein Prüfer bei der sensorischen Untersuchung gedämpfter Saiblingsfilets

3.6.7.3 Durchführung der sensorischen Prüfung

Jede Testperson erhielt sieben Bewertungsbögen, auf denen jeweils drei Fischproben (A, B und C) gleichzeitig zu beurteilen waren. Insgesamt hatte jeder Prüfer 21 Fische zu testen, was der Hälfte des gesamten Probenumfangs entspricht. Jeder Fisch wurde von fünf Prüfern beurteilt. Die drei Fische jeder Gruppe erhielten demnach insgesamt 15 Bewertungen. Es wurde darauf geachtet, dass jeder Prüfer mindestens einen und maximal zwei Fische aus jeder Gruppe vorgesetzt bekam. Auswahl und Reihenfolge der Fischproben wurden nach einem verschlüsselten System vorgenommen und waren somit für die Testesser nicht nachvollziehbar. Der Probenplan für die Zuteilung der Fischproben ist in Tabelle 7 ersichtlich. Prüfer Nr. 1 z. B. hatte demnach die Fische mit den Nummern 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33, 35, 37, 39 und 41 zu testen. Die Fischproben in Sensorik-Durchgang 1 mit den Nummern 1, 3, und 5 z. B. wurden mit A, B und C beschriftet und entstammten im Versuchsjahr 2001 den Gruppen ES 4, SS 2 und BF.

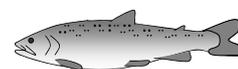
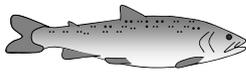


Tabelle 7: Probenplan für die sensorische Prüfung der Fische

Durchgang	Prb. Nr.	Prüfer									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		Fisch-Nummer									
1	A	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2
	B	2	3	3	3	4	4	4	4	4	3
	C	3	5	6	5	6	5	6	5	6	5
2	A	4	7	7	7	7	7	8	8	8	8
	B	5	9	9	9	10	10	10	10	10	9
	C	6	11	12	11	12	11	12	11	12	11
3	A	7	13	13	13	13	13	14	14	14	14
	B	8	15	15	15	16	16	16	16	16	15
	C	9	17	18	17	18	17	18	17	18	17
4	A	10	19	19	19	19	19	20	20	20	20
	B	11	21	21	21	22	22	22	22	22	21
	C	12	23	24	23	24	23	24	23	24	23
5	A	13	25	25	25	25	25	26	26	26	26
	B	14	27	27	27	28	28	28	28	28	27
	C	15	29	30	29	30	29	30	29	30	29
6	A	16	31	31	31	31	31	32	32	32	32
	B	17	33	33	33	34	34	34	34	34	33
	C	18	35	36	35	36	35	36	35	36	35
7	A	19	37	37	37	37	37	38	38	38	38
	B	20	39	39	39	40	40	40	40	40	39
	C	21	41	42	41	42	41	42	41	42	41

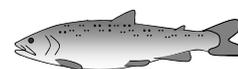
Das Sensorikpanel wurde mit erfahrenen Fischessern besetzt. Zehn Prüfer, die vor Beginn der Tests von Dr. G. Krauß und Dr. J. G. Marx, vom Institut für Hygiene und Technologie der Lebensmittel tierischen Ursprungs an der Tierärztlichen Fakultät der Ludwig-Maximilians-Universität München (LMU) in Grundlagen der Sensorik geschult wurden, führten die Untersuchungen durch. Mit einer Ausrichtungsprobe wurden alle Teilnehmer auf die typischen Eigenschaften der folgenden Proben vorbereitet und auf eine gemeinsame Beurteilungsebene eingestellt.

Der Bewertungsbogen nach dem Prüfverfahren „Bewertende Prüfung mit Skala“, der in Zusammenarbeit mit der LMU entstanden ist, ist in fünf Kriterien untergliedert (Übersicht 8). Für die wichtigsten Kriterien „Geruch“ und „Geschmack“ können auf einer Skala 1 bis 6 Punkte, von „abstoßend“ bis „sehr gut“ vergeben werden. Die Merkmale „Festigkeit“, „Saftigkeit“ und „Farbe“ sind geringer gewichtet und erhalten im besten Fall maximal 3 Punkte. Die Beurteilungen der einzelnen Kriterien werden zu Gesamtnoten addiert, die die Fischproben mit 5 – 21 möglichen Punkten bewerten.



Übersicht 8: Bewertungsbogen für die Sensorische Prüfung

<u>Sensorische Prüfung – Bewertungsbogen -</u>						
am	Prüfer Nr.:	Name:				
<p>Verkostung von gedämpften Filets der Fischarten Seesaibling, Bachsaibling, Elsässer Saibling sowie Regenbogenforelle und Bachforelle.</p> <p>Bewertende Prüfung mit Skale</p> <p style="text-align: center;">Durchgang 1 2 3 4 5 6 7</p>						
<p>• Geruch</p> <p>sehr gut, angenehm gut eher gut eher nicht gut nicht gut abstoßend Fisch:</p>						
6	5	4	3	2	1	A
6	5	4	3	2	1	B
6	5	4	3	2	1	C
<p>• Geschmack</p> <p>sehr gut, angenehm gut eher gut eher nicht gut nicht gut abstoßend</p>						
6	5	4	3	2	1	A
6	5	4	3	2	1	B
6	5	4	3	2	1	C
<p>• Festigkeit</p> <p>Muskelsegmente halten fest zusammen Muskelsegmente sind leicht zu trennen Muskelsegmente zerfallen leicht, breiig</p>						
3	2		1			A
3	2		1			B
3	2		1			C
<p>• Saftigkeit</p> <p>saftig weder sehr saftig noch sehr trocken trocken</p>						
3	2		1			A
3	2		1			B
3	2		1			C
<p>• Farbe</p> <p>kräftige, ansprechende Farbe unauffällige Färbung unerwünschter Farbton, untypisch blass oder grau</p>						
3	2		1			A
3	2		1			B
3	2		1			C



3.7 Fischkrankheiten

Für externe Infektionsversuche wurden in beiden Produktionsjahrgängen insgesamt drei Mal Fische entnommen (Januar 2000: VHS-Versuch, August 2000: IHN-Versuch und Februar 2001: VHS-Versuch). Die Auswahl der Fische erfolgte entsprechend dem Durchschnittsgewicht und der Standardabweichung der jeweiligen Kreuzungsvariante (Tabelle 8).

Tabelle 8: Fischartnahmen für Infektionsversuche

Eltern		Kreuzungsvariante	Infektionsversuch (VHS)	Infektionsversuch (IHN)	Infektionsversuch (VHS)
Mutter	Vater		am 19.01.2000 in Durchgang I	am 14.08.2000 in Durchgang II	am 01.02.2001 in Durchgang II
♀	♂		N = 20	N = 15	N = 15
			Durchschnittsgewicht in g		
SS1	SS1	SS1	58,4 ± 28,0	7,0 ± 1,2	74,6 ± 38,0
	BS1	ES1	44,4 ± 24,3	6,5 ± 1,2	61,4 ± 34,1
	BS2	ES2	35,6 ± 17,0	5,2 ± 0,5	41,1 ± 21,0
SS2	SS2	SS2	124,4 ± 56,7	11,7 ± 1,8	114,9 ± 54,3
	BS1	ES3	67,3 ± 40,0	13,0 ± 2,0	110,1 ± 40,1
	BS2	ES4	83,7 ± 43,8	11,8 ± 1,9	80,9 ± 41,7
BS1	BS1	BS1	75,0 ± 35,1	8,8 ± 1,6	77,5 ± 33,0
	SS1	ES5	74,6 ± 38,5	7,0 ± 1,6	59,8 ± 30,5
	SS2	ES6	69,6 ± 31,6	8,1 ± 1,5	87,5 ± 40,7
BS2	BS2	BS2	58,0 ± 18,2	7,4 ± 0,9	79,4 ± 25,2
	SS1	ES7	54,8 ± 31,2	7,5 ± 1,4	58,1 ± 28,4
	SS2	ES8	50,0 ± 29,2	6,9 ± 0,8	47,8 ± 29,2
Durchschnitt			66,3 ± 32,8	8,4 ± 1,4	74,4 ± 34,7

N: Anzahl der entnommenen Fische

Für die Infektionsversuche wurden die Saiblinge hinter beiden Augen mit Visible Implant Fluorescent Elastomer (VIE) Tagging System der Fa. Northwest Marine Technology/USA in vier Farben (gelb, grün, rot oder orange) markiert. Dabei wurde mit einer sehr dünnen Nadel vorsichtig ein feiner Silikonstreifen hinter den Augen unter die Oberhaut injiziert (Abbildung 18).

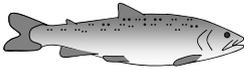


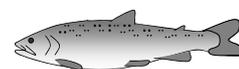
Abbildung 18: Markierung eines Saiblingssetzlings (Auge links: orange) mit VIE tagging system

Anhand der vier Farben an zwei Applikationsstellen war es möglich alle zwölf Kreuzungsvarianten voneinander zu unterscheiden. Das war notwendig, um alle Fische gemeinsam in einem Infektionsbecken halten zu können. Das Markierungsschema in Tabelle 9 wurde z. B. beim zweiten VHS-Versuch angewandt.

Tabelle 9: Schema zur Markierung der zwölf Kreuzungsvarianten mit vier Farben an zwei Applikationsstellen (beispielhaft)

Kreuzung	Auge links	Auge rechts	Kreuzung	Auge links	Auge rechts
BS 2	grün	grün	SS 2	orange	rot
ES 7	grün	orange	ES 1	orange	gelb
ES 8	grün	rot	BS 1	rot	grün
ES 3	grün	gelb	ES 5	rot	orange
ES 4	orange	grün	ES 6	rot	rot
ES 2	orange	orange	SS 1	rot	gelb

Die Tierversuche fanden am Tiergesundheitsdienst Bayern e. V., Fachabteilung Fischgesundheitsdienst (FGD) in Grub statt. Für die Versuchsdurchführung war Dr. C. Baath verantwortlich. Die zuständige Regierung von Oberbayern hatte das Versuchsvorhaben mit



dem Titel „Untersuchung der Empfänglichkeit von Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus*), Bachsaiblingen (*Salvelinus fontinalis*) und deren Kreuzungen (bezeichnet als Elsässer Saiblinge) gegenüber VHS- und IHN-Erkrankungen (anzeigepflichtige Viruseuchen bei Salmoniden) im Vergleich zur äußerst seuchenanfälligen Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*)“ unter dem Aktenzeichen 211-2531-16/2000 genehmigt.

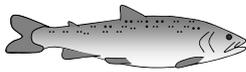
Die folgenden Beschreibungen der Versuchsdurchführung sind zum großen Teil den Angaben des FGD entnommen.

3.7.1 Untersuchungen zur Infektion mit der Infektiösen Hämato-poetischen Nekrose der Salmoniden (IHN)

Je zehn zirka acht Monate alte Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten mit einem Durchschnittsgewicht von $8,4 \pm 1,4$ g (Tabelle 8) und zehn spezifisch pathogenfreie (spf) Regenbogenforellen vergleichbarer Größe wurden gemeinsam in einem 200-l-Durchflussaquarium mit Belüftung (Abbildung 19) gehalten. Die Wassertemperatur des Zulaufwassers betrug zirka $9,5$ °C. Der Wasserwechsel erfolgte etwa fünf Mal täglich. Die Fische wurden mit einem handelsüblichen Forellenfutter in einer Fütterungsintensität von 1 % des Lebendgewichts gefüttert.



Abbildung 19: 200-l-Durchflussaquarium am FGD Grub zur Haltung von Fischen im IHN-Infektionsversuch



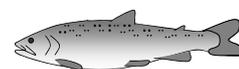
In dem Kontaktversuchsbecken wurden zu den 130 Fischen 13 mit IHN-Virus infizierte Regenbogenforellen zugesetzt, was 10 % der Versuchsfische entspricht. Die Virusübertragung sollte von Fisch zu Fisch erfolgen. Die 13 Überträgerfische wurden zuvor in einem 10-l-Aquarium ohne Durchfluss, bei Belüftung, über eine Zeit von zwei Stunden mit dem IHN-Virus infiziert.

Getrennt von den Versuchsfischen wurden je fünf Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten und fünf Regenbogenforellen in einem 10-l-Durchflussaquarium als Kontrollgruppe gehalten. Wasserbedingungen und Fütterung entsprachen der Versuchsgruppe.

Nach elf Wochen wurde der Versuch beendet und die virologische Untersuchung nach den von der EU-Kommission empfohlenen Diagnoseverfahren (2001/183/EG) durchgeführt. Von verstorbenen Fischen wurden Organproben (z. B. Niere, Leber, Milz) in Zellkulturmedium mit Antibiotikazusatz gegeben, mit sterilem Seesand verrieben und bei $2.200 \times g_n$ (g_n = Fallbeschleunigung) über 10 Minuten zentrifugiert. Der Überstand, in dem sich die leichteren Viren ansammeln, wurde mit der permanenten Zelllinie FHM - aus der Amerikanische Elritze (Fathead Minnow, *Pimephales promelas*) gezüchtet - bei 12 °C inkubiert. Zur Kontrolle eines zytopathogenen Effektes (CPE) wurden die Zellen bis zu 14 Tage lang überprüft. Isolate, in denen sichtbar CPE-positive Effekte auftraten, wurden mittels Indirektem Fluoreszenz-Antikörpertest (IFAT) mit kommerziellen monoklonalen Antikörpern (Fa. BIO-X) auf IHN-Viren geprüft. Viruspositive Zellkulturen werden unter Einwirkung von UV-Licht an der Farbreaktion erkannt (REICHENBACH-KLINKE 1980).

Neben der virologischen fand auch eine serologische Untersuchung statt. Von vier Kontrollfischen (Regenbogenforellen) und von den 121 überlebenden Versuchsfischen (116 Saiblinge und 5 Regenbogenforellen) wurde jeweils 1 ml Blut aus der Caudalvene entnommen und daraus durch Zentrifugation jeweils 0,5 ml Serum gewonnen. Die Seren wurden im Bundesforschungsinstitut für Tierkrankheiten, Insel Riems, unter Leitung von Dr. S. Bergmann, mittels eines spezifischen Tests (ELISA, Enzymgebundener Immunoassay) auf Antikörper gegen IHN getestet. Die Überprüfung der ELISA-Ergebnisse erfolgte im Serumneutralisationstest (SNT).

Um auszuschließen, dass die Saiblinge nicht bereits vor Versuchsbeginn mit dem IHN-Virus infiziert waren, wurden bei zwölf Kontrollfischen aus der Forellenteichanlage des Instituts für Fischerei Seren entnommen (Abbildung 20) und auf Antikörper untersucht.



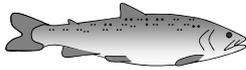
Die ELISA und SNT waren über alle zwölf Seren negativ. Das heißt, die Seren aller zwölf Saiblinge waren zum Zeitpunkt der Blutung frei von IHNV-Antikörpern (BERGMANN 2003).



Abbildung 20: Entnahme von Blut aus der Caudalvene eines Saiblings

3.7.2 Untersuchungen zur Infektion mit der Viralen Hämorrhagischen Septikämie der Salmoniden (VHS)

Ein erster Versuch im Frühjahr 2000 mit jeweils 20 Saiblingen je Kreuzungsvariante wurde aufgrund zu hoher Fischverluste in den Haltungseinheiten des FGD vor Versuchsbeginn abgebrochen. In einem zweiten Versuch im Frühjahr 2001 wurden je zehn zirka 13 Monate alte Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten mit einem Durchschnittsgewicht von $74,4 \pm 34,7$ g (Tabelle 8) und zehn Regenbogenforellen vergleichbarer Größe gemeinsam in einem 3000-l-Durchflussbecken mit Belüftung (Abbildung 21) gehalten. Die Wassertemperatur des Zulaufwassers betrug etwa $9,5$ °C. Der Wasserwechsel erfolgte zirka fünf



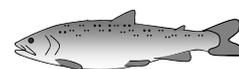
Mal täglich. Die Fische wurden mit einem handelsüblichen Forellenfutter in einer Fütterungsintensität von 1 % des Lebendgewichts gefüttert.



Abbildung 21: 3000-l-Durchflussbecken am FGD Grub zur Haltung von Fischen im VHS-Infektionsversuch

Aufgrund eines Ausbruchs von Furunkulose in der Eingewöhnungsphase der Saiblinge wurde der Beginn des VHS-Versuchs um acht Wochen verschoben. 31 der 180 Saiblinge der Versuchs- und Kontrollgruppen verstarben in dieser Zeit. Gegen Ende der achtwöchigen Eingewöhnungsphase wurde das Antibiotikum Aciphen zur Bekämpfung der bakteriellen Erkrankung über eine Zeitdauer von zehn Tagen eingesetzt. 29 der 31 eingegangenen Saiblinge wurden aus den Beständen am Institut für Fischerei ersetzt. Im Einzelnen waren dies 14 SS 1 (103 ± 34 g), 1 ES 1 (102 g), 2 ES 2 (59 ± 9 g), 5 SS 2 (168 ± 32 g), 5 ES 5 (89 ± 20 g), 1 BS 2 (113 g) und 1 ES 7 (76 g).

Zu den 130 Fischen wurden ebenso wie beim IHN-Versuch 13 (entspricht 10 % der Versuchsfische) mit VHS-Virus infizierte Regenbogenforellen zugesetzt. Auch hier sollte die Virusübertragung von Fisch zu Fisch erfolgen. Die 13 Überträgerfische wurden zuvor in einem 10-l-Aquarium, ohne Durchfluss, aber mit Belüftung, über eine Zeit von zwei Stunden mit dem VHS-Virus infiziert.



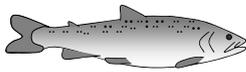
Getrennt von den Versuchsfischen wurden je fünf Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten und fünf Regenbogenforellen in einem 200-l-Durchflusssaquarium als Kontrollgruppe (Abbildung 22) gehalten. Wasserbedingungen und Fütterung entsprachen der Versuchsgruppe.



Abbildung 22: 200-l-Durchflusssaquarium am FGD Grub zur Haltung von Kontrollfischen während des VHS-Infektionsversuchs

Der Versuch endete nach zehn Wochen. Die virologische Untersuchung wurde ähnlich wie beim IHN-Versuch durchgeführt. Von verstorbenen Fischen wurden Organproben in Zellkulturmedium mit Antibiotikazusatz gegeben, mit sterilem Seesand verrieben und bei $2.200 \times g_n$ über 10 Minuten zentrifugiert. Der Überstand wurde hierbei mit der permanenten Zelllinie BF-2 - aus dem Sonnenbarsch (Bluegill fry, *Lepomis gibbosus*) gezüchtet - bei 12°C inkubiert. Diese Zellen wurden zur Kontrolle eines zytopathogenen Effektes bis zu 14 Tage lang überprüft. Isolate, in denen sichtbar CPE-positive Effekte auftraten, wurden mittels IFAT mit kommerziellen monoklonalen Antikörpern (Fa. BIO-X) auf VHS-Viren geprüft.

Neben der virologischen fand auch hier eine serologische Untersuchung statt. Aus der Caudalvene der überlebenden Versuchs- und Kontrollfische wurden jeweils 1 ml Blut entnommen und daraus durch Zentrifugation jeweils 0,5 ml Serum gewonnen. Die Seren wurden am Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Insel Riems (Dr. S. Bergmann), mit-



tels eines spezifischen ELISA auf Antikörper gegen VHS getestet. Ein Serumneutralisationstest (SNT) zur Überprüfung der ELISA-Ergebnisse folgte.

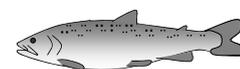
Um auszuschließen, dass die Saiblinge nicht bereits am Institut für Fischerei mit dem VHS-Virus befallen waren, wurden nach Versuchsende bei zwölf Kontrollfischen aus der Forellenteichanlage des Instituts Seren entnommen (Abbildung 20) und auf Antikörper untersucht. Der ELISA zeigte in acht Seren keine Reaktion. Vier Seren zeigten verdächtige Reaktionen gegen VHSV, die aber nicht als positive Reaktionen einzuschätzen waren. Im SNT waren die vier verdächtigen Seren negativ. Das heißt, die Seren aller zwölf Saiblinge waren zum Zeitpunkt der Blutung frei von VHSV-Antikörpern (BERGMANN 2003).

3.7.3 Untersuchungen zur Erkrankung an Furunkulose (Erreger *Aeromonas salmonicida* s. s.)

Begleitend zu den IHN- und VHS-Virus-Infektionsversuchen erfolgten bakteriologische Untersuchungen. Die Anzucht der Bakterienstämme wurde nach Standardmethoden durchgeführt. Zur Anwendung kamen hierbei Blut- und Furunkulose-Agar sowie Nährböden nach GASSNER (1918). Die Erkrankungs- bzw. Verlustraten der einzelnen Kreuzungsvarianten wurden ermittelt.

3.8 Statistische Auswertung der Versuchsergebnisse

Die statistische Auswertung des gesamten Datenmaterials erfolgte mit Hilfe des Statistikprogramms SAS 8.2 der Fa. SAS Institute Inc./USA. Es wurden zwei- und mehrfaktorielle Modelle verwendet. In allen Modellen stehen ein Einflussfaktor für die Kreuzungsvariante und ein zweiter Faktor für den Durchgang, da die Versuche zeitversetzt in zwei Durchgängen durchgeführt wurden. Interaktionen zwischen jeweils zwei Einflussfaktoren wurden getestet und in den Modellen berücksichtigt, wenn sie signifikant waren. Folgendes Modell in Übersicht 9 beschreibt die statistische Auswertung der Merkmale Eientwicklungsdauer, Schlupfrate, Anomalien, Überlebensrate in der Dottersackphase sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Setzlingsaufzucht in den jeweiligen Bestandsgruppen. Die Unterschiede zwischen den Haltungseinheiten (Erbrütungsschalen, Unterstromkästen



oder Rundstrombecken) waren nicht signifikant und wurden deshalb in den statistischen Modellen nicht berücksichtigt.

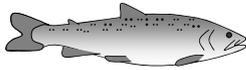
Übersicht 9: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Eientwicklungsdauer, Schlupfrate, Anomalien, Überlebensrate in der Dottersackphase sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Setzlingsaufzucht

$y_{ijk} = \mu + K_i + D_j + K \times D_{ij} + e_{ijk}$	
y_{ijk}	= Beobachtungswert der k-ten Gruppe der Kreuzungsvariante i im Durchgang j
μ	= Mittelwert aller Gruppen
K_i	= Einfluss der i-ten Kreuzungsvariante
D_j	= Einfluss des j-ten Durchgangs
$K \times D_{ij}$	= Einfluss der Interaktionen zwischen Kreuzungsvariante i und Durchgang j
e_{ijk}	= Restabweichung der k-ten Gruppe der Kreuzungsvariante i im Durchgang j

Folgendes Modell in Übersicht 10 beschreibt die statistische Auswertung der Merkmale Überlebensrate in der Vorstreckphase, Setzlings- und Speisefischaufzucht sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Speisefischperiode und über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht in den jeweiligen Bestandsgruppen. Für diese Merkmale konnten aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen keine Interaktionen berechnet werden.

Übersicht 10: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Überlebensrate in der Vorstreckphase, Setzlings- und Speisefischaufzucht sowie Futterquotient und Spezifische Wachstumsrate in der Speisefischperiode und über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht

$y_{ijk} = \mu + K_i + D_j + e_{ijk}$	
y_{ijk}	= Beobachtungswert der k-ten Gruppe der Kreuzungsvariante i im Durchgang j
μ	= Mittelwert aller Gruppen
K_i	= Einfluss der i-ten Kreuzungsvariante
D_j	= Einfluss des j-ten Durchgangs
e_{ijk}	= Restabweichung der k-ten Gruppe der Kreuzungsvariante i im Durchgang j



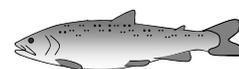
Das Modell in Übersicht 11 beschreibt die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse zu Schlachtkörper- und Fleischqualität der Einzeltiere. In dieses Modell wurde neben Kreuzungsvariante und Durchgang auch das Geschlecht der Saiblinge mit einbezogen. Interaktionen zwischen jeweils zwei Einflussfaktoren wurden getestet. Interaktionen zwischen Durchgang und Geschlecht waren nicht signifikant und wurden deshalb in diesem Modell nicht berücksichtigt.

Übersicht 11: Modell zur statistischen Auswertung der Merkmale Schlachtkörper- und Fleischqualität

$$y_{ijkl} = \mu + K_i + D_j + G_k + K \times D_{ij} + K \times G_{ik} + e_{ijkl}$$

y_{ijkl}	=	Beobachtungswert des l-ten Tieres der Kreuzungsvariante i im Durchgang j mit Geschlecht k
μ	=	Mittelwert aller Tiere
K_i	=	Einfluss der i-ten Kreuzungsvariante
D_j	=	Einfluss des j-ten Durchgangs
G_k	=	Einfluss des k-ten Geschlechts
$K \times D_{ij}$	=	Einfluss der Interaktionen zwischen Kreuzungsvariante i und Durchgang j
$K \times G_{ik}$	=	Einfluss der Interaktionen zwischen Kreuzungsvariante i und Geschlecht k
e_{ijkl}	=	Restabweichung des l-ten Tieres

Das Modell in Übersicht 12 beschreibt die statistische Auswertung der sensorischen Beurteilung der Speisefische. Neben den Einflüssen der Kreuzungsvariante, des Durchgangs und des Geschlechts wurde zusätzlich der Einfluss des Prüfers in das Modell einbezogen. Interaktionen zwischen jeweils zwei Einflussfaktoren wurden getestet. Die Interaktionen Kreuzungsvariante \times Geschlecht, Kreuzungsvariante \times Prüfer, Durchgang \times Geschlecht und Geschlecht \times Prüfer waren nicht signifikant und wurden deshalb in diesem Modell nicht berücksichtigt.



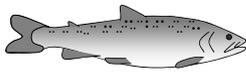
Übersicht 12: Modell zur statistischen Auswertung der Sensorischen Merkmale

$$y_{ijklm} = \mu + K_i + D_j + G_k + P_l + K \times D_{ij} + D \times P_{jl} + e_{ijklm}$$

y_{ijklm}	=	Beobachtungswert des m-ten Tieres der Kreuzungsvariante i im Durchgang j mit Geschlecht k durch Prüfer l
μ	=	Mittelwert aller Tiere
K_i	=	Einfluss der i-ten Kreuzungsvariante
D_j	=	Einfluss des j-ten Durchgangs
G_k	=	Einfluss des k-ten Geschlechts
P_l	=	Einfluss des l-ten Prüfers
$K \times D_{ij}$	=	Einfluss der Interaktionen zwischen Kreuzungsvariante i und Durchgang j
$D \times P_{jl}$	=	Einfluss der Interaktionen zwischen Durchgang j und Prüfer l
e_{ijklm}	=	Restabweichung des m-ten Tieres

Wurde im Globaltest (F-Test) bei einem Einflussfaktor die Nullhypothese (= kein signifikanter Unterschied zwischen den Stufen) abgelehnt, so wurden die Differenzen zwischen den Stufen mittels Least-Significant-Difference-(LSD)-Test weiter untersucht. Bei signifikanten Unterschieden (Irrtumswahrscheinlichkeit $p \leq 0,05$) zwischen den Mittel- bzw. Schätzwerten („Least Squares Means“) wurden die Werte in den Ergebnistabellen mit unterschiedlichen Hochbuchstaben gekennzeichnet. Werte mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant. Die Ergebnisdarstellung beinhaltet neben der Anzahl der Wiederholungen (n) die Mittel- bzw. Schätzwerte und die Standardfehler der Einzelwerte.

Berechnungen mit der SAS-Prozedur „ESTIMATE“ lieferten Werte, mit denen gezielte und sachlich relevante Vergleiche verschiedener Gruppierungen möglich waren. Es wurde getestet, ob sich die Differenzen zweier Vergleichswerte signifikant von Null unterscheiden. So wurden Durchgang I mit Durchgang II und die reziproken Kreuzungsvarianten miteinander verglichen sowie alle Elsässer Saiblings mit den beiden Seesaiblings- und den beiden Bachsaiblingsnackkommenschaften gegeneinander getestet. Weitere Vergleiche von Kreuzungstieren mit Reinzuchtstieren ließen Rückschlüsse auf mögliche Heterosiseffekte zu.



4 ERGEBNISSE

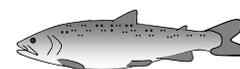
Die Werte in den Tabellen beschreiben die Mittel- bzw. Schätzwerte der Kreuzungsvarianten mit Standardfehler, grundsätzlich als Mittel aus beiden Durchgängen. Die Kreuzungsvarianten sind farblich und nach den Herkünften in der Reihenfolge **SS 1 = blau**, **SS 2 = grün**, **BS 1 = rot**, **BS 2 = orange** geordnet. Wenn es die Datenfülle erlaubte, wurden die Tabellen nach dem Schema in Tabelle 10 aufgebaut (s. auch Kreuzungsschema in Übersicht 1 bzw. Einlegeblatt). Werte mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant.

Tabelle 10: Beispielstabelle

Mittelwert xxx ± y			Milchner				n
			SS 1	SS 2	BS 1	BS 2	
Rogner	SS 1	%	XXX^a ± Y	-	XXX^b ± Y	XXX^c ± Y	n
	SS 2	%	-	XXX^d ± Y	XXX^e ± Y	XXX^f ± Y	n
	BS 1	%	XXX^g ± Y	XXX^h ± Y	XXXⁱ ± Y	-	n
	BS 2	%	XXX^j ± Y	XXX^k ± Y	-	XXX^l ± Y	n

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen, Werte mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, p ≤ 0,05)

Alle grafischen Darstellungen sind, wie in der Tabellenform, in vier verschiedenen Farben nach dem weiblichen Elternteil (**SS 1 = blau**, **SS 2 = grün**, **BS 1 = rot**, **BS 2 = orange**) geordnet. Die Reinzucht-Varianten werden mit durchgezogener Linie (—) und die Kreuzungen mit gestrichelten (-----) oder gepunkteten Linien (.....) dargestellt.



4.1 Genetische Merkmale der Elterntiere und deren Nachkommen

4.1.1 Prüfung auf Reinerbigkeit der Elterntiere

Die drei Gene der Kern-DNA (IGF-2, GH-1 und ITS-1) sowie die drei Mikrosatelliten (Sfo18, Ssa85, Ssa197) zeigen typische für See- oder Bachsaiblinge spezifische Ausprägungen (Abbildung 23). Reine Nachkommen von Seesaiblingen (*Salvelinus Alpinus*) zeigen auf allen Markern „AA“ (ein A von der Mutter, ein A vom Vater) und Bachsaiblinge (*Salvelinus Fontinalis*) stets „FF“. F1-Hybriden dagegen tragen auf allen Genorten einheitlich „AF“ oder „FA“. Vermischungen verschiedener Ausprägungen deuten auf post-F1-Kreuzungen oder Rückkreuzungen hin. Das mitochondriale ND-3/4-Gen beschreibt die Abstammungslinie auf der mütterlichen Seite (A = Seesaibling oder F = Bachsaibling).

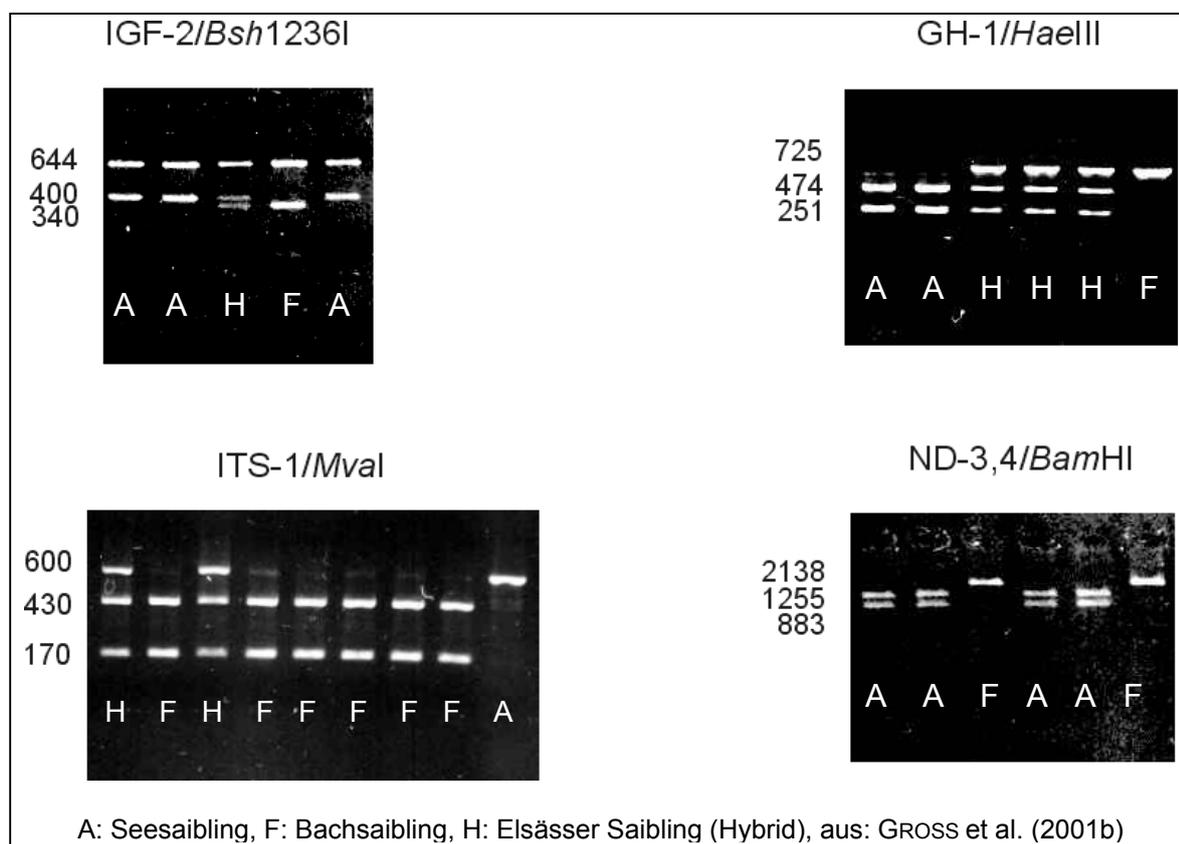
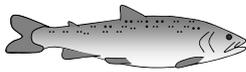


Abbildung 23: Fischartspezifische Fragmentmuster der IGF-2-, GH-1-, ITS-1- und mtDNA ND-3/4-Gene in 2 % Agarose-Gel

In Tabelle 11 sind die Ergebnisse der genetischen Untersuchungen jedes einzelnen Elterntieres (markiert mit S = Seesaibling und E = Bachsaibling) von GROSS et al. (2001b) aufgelistet, das in der Kreuzungszucht eingesetzt wurde. Im Gegensatz zu den anderen drei Her-



künften, die an die Haltung in Teichen bereits seit mehreren Generationen adaptiert waren, wurden die SS 1-Saiblinge (Starnberger See) wild gefangen. Alle 15 Rogner und 17 von 18 Milchnern der SS 1-Herkunft wiesen zu 100 % reines und für Seesaiblinge typisches Erbgut auf. Ein Milchner (S 12), der im ersten Durchgang in der Kreuzung zu ES 5 eingesetzt wurde, hatte mit Bachsaiblingsgenom durchmisches Erbgut, was auf einen post-F1-Hybriden hinweist, abstammend auf mütterlicher Seite von einem Bachsaibling. Bei allen anderen Tieren, die in dem Versuch eingesetzt wurden ist anzunehmen, dass es sich um reine Seesaiblinge handelte.

Die Elterntiere der Herkunft SS 2 (Fischzucht Aufseß) waren dagegen allesamt erbvermischt, mit einem Seesaiblingsgenom zwischen 50 und 92 %, im Durchschnitt 79 %. Rogner S 20, der in beiden Durchgängen eingezüchtet wurde, hatte den typischen Genotyp eines F1-Hybriden, da auf allen Markern gleichermaßen „AF“ festgestellt wurde. Da jedoch alle anderen Fische post-F1-Hybriden sind, ist denkbar, dass diese Ausprägung nur eine zufällige Erscheinung ist. Es ist davon auszugehen, dass bereits etliche Generationen zurück Artkreuzungen durchgeführt oder nicht ganz artreine Zuchttiere verwendet wurden. Wie am ND-3/4-Gen zu erkennen, wurden Bachsaiblinge nicht nur eingekreuzt, sondern stellten zum Teil auch die Ausgangspopulation auf der mütterlichen Seite. Drei von 18 Elterntieren (S 20, S 35 und S 64) stammten von weiblichen Bachsaiblingen ab.

Die meisten der BS 1-Laichfische (Fischzucht Lindbergmühle) waren ebenfalls zu 8 bis 25 % erbvermischt mit einem Seesaiblingsgenom. Nur drei Milchner (E 12, E 13 und E 52) hatten ausschließlich Bachsaiblingsgenom. Im Durchschnitt wurde 13 % Seesaiblings- bzw. 87 % Bachsaiblingsgenom festgestellt. Auffällig ist, dass es sich bei der mütterlichen Abstammung aller Fische ausnahmslos um Bachsaiblinge handelte. Entweder wurden einige Generationen vorher Seesaiblingsmilchner eingekreuzt oder es wurden Milchner verwendet, die bereits zu einem gewissen Grad mit Seesaiblingserbgut vermischt waren, was phänotypisch kaum zu erkennen ist.

Alle Laichfische der Herkunft BS 2 (Fischzucht Aufseß) waren absolut reinerbig und mit einem zu 100 % typischen Genotyp für Bachsaiblinge ausgestattet. Gene von Seesaiblingen wurden in keinem der zur Zucht eingesetzten Tiere festgestellt.

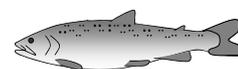


Tabelle 11: Genotypen aller in der Kreuzungszucht eingesetzten Laichfische
(A = SS-spezifischer Haplotyp, F = BS-typischer Haplotyp)

Laich- Fisch Nr.	Nach- kommen	Kern-Gene						mtDNA- Gen ND-3/4	Anteil SS-Kern- genom in %
		Punktmutationen			Mikrosatelliten				
		GH-1	IGF-2	ITS-1	Sfo18	Ssa85	Ssa197		
SSI-Rogner									
Durchgang I									
S00	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S01	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S02	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S03	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S04	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
Durchgang II									
S40	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S41	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S42	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S43	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S44	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S45	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S46	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S47	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S48	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S49	SS1,ES1,ES2	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
SSI-Milchner									
Durchgang I									
S10	ES5	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S11	ES5	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S12	ES5	AF	FF	AF	FF	AF	AA	F	41,7
S13	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S14	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S15	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S16	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S17	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S18	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S19	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
Durchgang II									
S50	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S51	ES5,ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S52	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S53	ES7	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S55	ES5	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S56	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S57	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
S58	SS1	AA	AA	AA	AA	AA	AA	A	100,0
Durchschnitt									98,2

Fortsetzung nächste Seite

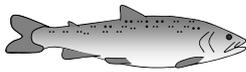


Tabelle 11: Fortsetzung

SS2-Rogner									
Durchgang I									
S20	SS2,ES3,ES4	AF	AF	AF	AF	AF	AF	F	50,0
S21	SS2,ES3,ES4	AF	AA	AA	AA	AA	AA	A	91,7
S22	SS2,ES3,ES4	AF	AF	AA	AF	AA	AA	A	75,0
S23	SS2,ES3,ES4	AA	AA	AA	AF	AA	AF	A	83,3
Durchgang II									
S20	SS2,ES3,ES4	AF	AF	AF	AF	AF	AF	F	50,0
S60	SS2,ES3,ES4	AA	AF	AA	AA	AA	AA	A	91,7
S62	SS2,ES3,ES4	FF	FF	AF	AF	AA	AA	A	50,0
S63	SS2,ES3,ES4	AF	AF	AF	AF	AA	AA	A	66,7
S64	SS2,ES3,ES4	AF	AA	AF	AA	AF	AA	F	75,0
SS2-Milchner									
Durchgang I									
S30	SS2	AF	AA	AA	AF	AA	AA	A	83,3
S31	SS2,ES6,ES8	AF	AF	AA	AF	AA	AA	A	75,0
S32	SS2	AA	AA	AA	AF	AF	AA	A	83,3
S33	ES6,ES8	AF	AF	AF	AF	AA	AA	A	66,7
S34	ES6,ES8	AF	AF	AA	AF	AA	AA	A	75,0
S35	ES6,ES8	AA	AF	AA	AA	AA	AA	F	91,7
Durchgang II									
S34	SS2,ES6,ES8	AF	AF	AA	AF	AA	AA	A	75,0
S71	SS2,ES6,ES8	AF	AF	AA	AA	AA	AA	A	83,3
S72	ES6,ES8	AA	AA	AA	AA	AA	AF	A	91,7
S73	SS2	AA	AF	AA	AA	AA	AA	A	91,7
S74	SS2	AF	AA	AA	AA	AA	AA	-	91,7
Durchschnitt									78,7
BS1-Rogner									
Durchgang I									
E00	BS1,ES5,ES6	AF	FF	FF	FF	AF	AF	F	25,0
E02	BS1,ES5,ES6	FF	FF	AF	AF	FF	FF	F	16,7
Durchgang II									
E40	BS1,ES5,ES6	AF	FF	FF	AF	FF	FF	F	16,7
E41	BS1,ES5,ES6	AF	FF	FF	FF	FF	AF	F	16,7
E43	BS1,ES5,ES6	FF	AF	FF	FF	FF	FF	F	8,3
BS1-Milchner									
Durchgang I									
E11	ES1,ES3	FF	FF	FF	AF	FF	FF	F	8,3
E12	BS1,ES1,ES3	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E13	BS1,ES3	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E15	BS1,ES1	FF	FF	FF	AF	FF	AF	F	16,7
Durchgang II									
E13	ES1	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E50	BS1	FF	FF	FF	AF	FF	AF	F	16,7
E51	BS1,ES1	FF	FF	AF	FF	FF	AF	F	16,7
E52	ES3	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E53	ES1,ES3	FF	FF	AF	AF	FF	AF	F	25,0
Durchschnitt									12,8

Fortsetzung nächste Seite



Tabelle 11: Fortsetzung

BS2-Rogner									
Durchgang I									
E20	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E21	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E22	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
Durchgang II									
E60	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E61	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E62	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E63	BS2,ES7,ES8	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
BS2-Milchner									
Durchgang I									
E30	ES2,ES4	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E31	BS2,ES4	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E32	ES2,ES4	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E33	BS2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E34	BS2,ES2	FF	FF	FF	FF	FF	FF	F	0,0
Durchgang II									
E72	BS2,ES2,ES4	FF	-	FF	FF	FF	FF	F	0,0
E73	BS2,ES2,ES4	FF	-	FF	FF	FF	FF	F	0,0
Durchschnitt									0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, A: Haplotyp Seesaibling, F: Haplotyp Bachsaibling, aus: GROSS et al. (2001b)

Die sechs Haplotypen der Kern-DNA-Untersuchung und die sechs Haplotypen der Mikrosatellitenanalyse eines jeden Tieres wurden zusammengefasst und der Anteil des Seesaiblingsgenoms in Prozent errechnet. Reine Seesaiblinge wiesen 100 %, reine Bachsaiblinge 0 % und F1-Hybriden an allen Genorten exakt 50 % Seesaiblingsgenom auf. Andere Werte deuten auf post-F1-Hybriden hin. Tabelle 12 gibt die durchschnittlichen Werte der in der Kreuzungszucht eingesetzten Rogner und Milchner, getrennt für die beiden Durchgänge, sowie den berechneten Durchschnitt beider Elternteile wieder. Es wurden zwei erbreine Gruppen, nämlich SS 1 und BS 2 mit 100 % bzw. 0 % Seesaiblingsgenom festgestellt. Die Elterntiere der Herkunft SS 2 wiesen im ersten Durchgang 78 % und im zweiten Durchgang 76 % SS-Genom auf. Laichfische aus Herkunft BS 1 hatten in Durchgang I 13 % und in Durchgang II 15 % SS-Genom. Bei den Kreuzungen ES 2 und ES 7 konnten F1-Hybriden mit exakt 50 % See- und Bachsaiblingsgenom erwartet werden. Für die anderen Hybriden wurden abweichende Werte zwischen 33 % SS-Genom (ES 4, Durchgang II) und 57 % SS-Genom (ES 1 und ES 5, jeweils in DG II) berechnet.

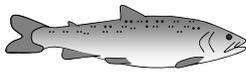


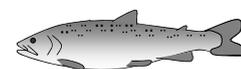
Tabelle 12: Genetischer Status aller in der Kreuzungszucht eingesetzten Laichfische [Anteil SS-Genom in %]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anteil SS-Genom [%]					
Mutter	Vater		Durchgang I			Durchgang II		
♀	♂		♀	♂	Ø	♀	♂	Ø
n			2 - 5	4 - 10	6 - 15	3 - 10	2 - 8	6 - 18
SS1	SS1	SS1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
	BS1	ES1	100,0	8,3	54,2	100,0	13,9	56,9
	BS2	ES2	100,0	0,0	50,0	100,0	0,0	50,0
SS2	SS2	SS2	75,0	80,6	77,8	66,7	85,4	76,0
	BS1	ES3	75,0	2,8	38,9	66,7	12,5	39,6
	BS2	ES4	75,0	0,0	37,5	66,7	0,0	33,3
BS1	BS1	BS1	20,8	5,6	13,2	13,9	16,7	15,3
	SS1	ES5	20,8	80,6	50,7	13,9	100,0	56,9
	SS2	ES6	20,8	77,1	48,9	13,9	83,3	48,6
BS2	BS2	BS2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	SS1	ES7	0,0	100,0	50,0	0,0	100,0	50,0
	SS2	ES8	0,0	77,1	38,5	0,0	83,3	41,7

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische (s. Tabelle 11), Ø: Berechneter Durchschnitt beider Elternteile

4.1.2 Prüfung der genetischen Variabilität innerhalb der Herkünfte und des Verwandtschaftsgrades zwischen den Herkünften

Je höher die durchschnittliche Anzahl von Allelen (A) pro Mikrosatelliten-Locus und je höher die erwartete (H_E) und die festgestellte Heterozygotie (H_O) in den sechs Mikrosatelliten-Loci (Sfo8, Sfo18, Sfo23, Ssa85, Ssa197 und BFRO004), desto größer ist die genetische Variabilität der Populationen. In Tabelle 13 sind die Werte nach Genotypen geordnet. Herkunft SS 1, die Wildfänge aus Königssee (K) und Ammersee (Am), die Nachzuchten aus dem Hintersee (H) sowie zwei Herkünfte aus Schweden (R und Sw) sind als genetisch reine Seesaiblinge zu bezeichnen. Herkunft BS 2 und die Wildfänge aus dem Kuhalmbach im Ammergebirge (AB) sind reine Bachsaiblinge. Die Herkünfte SS 2, BS 1 sowie die Gruppe SA (Kreuzung zwischen SS 2-Rogner und Milchner aus dem Starnberger See) gelten als Hybriden („introgressed stocks“). Es ist festzustellen, dass sich Wildfänge von Tieren aus der Fischzucht in der genetischen Variabilität nicht allzu sehr unterscheiden. Deutlich größere Unterschiede gibt es zwischen Reinzucht- und Kreuzungstieren. Die Anzahl



der Allele pro Locus ist bei Elsässer Saiblingen und Seesaiblingen (5,88 – 6,01) signifikant höher als bei Bachsaiblingen (4,86). Bezüglich der Heterozygotie liegen Hybriden weit (signifikant) über den reinen Arten. Die genetische Variabilität ist bei Kreuzungstieren erwartungsgemäß größer als bei Reinzuchtieren.

Tabelle 13: Durchschnittliche Variabilität der Fischherkünfte, gemessen über sechs Mikrosatelliten-Loci

Genotyp	Herkunft			Anzahl n	A	H _E	H _O
SS	SS 1	Starnberger See	Wildfang	36	6,11	0,525	0,508
	K	Königssee	Wildfang	28	6,10	0,443	0,417
	Am	Ammersee	Wildfang	28	6,70	0,459	0,408
	H	Hintersee	Fischzucht	30	5,75	0,537	0,489
	R	Schweden	Fischzucht	29	4,43	0,483	0,510
	Sw	Schweden	Fischzucht	25	6,19	0,474	0,387
	Mittelwert					5,88^a	0,490^b
BS	BS 2	Aufseß	Fischzucht	23	5,20	0,492	0,457
	AB	Kuhalmbach	Wildfang	30	4,53	0,519	0,497
	Mittelwert					4,86^b	0,507^b
ES	SS 2	Aufseß	Fischzucht	18	6,98	0,641	0,633
	BS 1	Lindbergmühle	Fischzucht	18	5,84	0,642	0,627
	SA	Aufseß	Fischzucht	40	5,22	0,607	0,698
	Mittelwert					6,01^a	0,622^a

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische, A: Durchschnittliche Anzahl der Allele pro Locus, H_E: Erwartete Heterozygotie, H_O: Festgestellte Heterozygotie, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (Markov-Ketten, $p \leq 0,05$), aus: GROSS et al. (2004)

Je höher die F_{ST} -Werte („coefficient of differentiation“) zwischen zwei Populationen, desto stärker unterscheiden diese sich genetisch. Mit Werten unter 0,10 sehr eng verwandt sind SS 1 (Seesaiblinge aus dem Starnberger See) mit Seesaiblingen aus Königssee (K) und Hintersee (H) sowie Seesaiblinge aus Königssee (K) mit Hinterseesaiblingen (H), Hinterseesaiblinge (H) mit Ammerseesaiblingen (Am) und die Herkünfte BS 1 (Bachsaiblinge von Lindbergmühle) und BS 2 (Bachsaiblinge von Aufseß) (Tabelle 14).

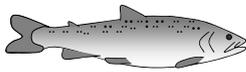


Tabelle 14: Matrix der F_{ST} -Werte zwischen den verschiedenen Saiblingsherkünften

	SS 1	SS 2	BS 1	BS 2	K	H	Am	R	AB
SS 1	0								
SS 2	0.2597	0							
BS 1	0.3912	0.2007	0						
BS 2	0.4591	0.3093	0.0975	0					
K	0.0704	0.3186	0.4401	0.5194	0				
H	0.0094	0.2692	0.3850	0.4537	0.0885	0			
Am	0.1462	0.3928	0.4583	0.5125	0.2516	0.0933	0		
R	0.3101	0.1531	0.3394	0.4156	0.3661	0.3147	0.4266	0	
AB	0.4494	0.2812	0.1318	0.1168	0.5074	0.4442	0.5027	0.3915	0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, K: Seesaibling aus dem Königssee, H: Seesaibling aus dem Hintersee, Am: Seesaibling aus dem Ammersee, R: Seesaibling aus Schweden (Röding), AB: Bachsaibling aus dem Kuhalmbach, aus: GROSS et al. (2001b)

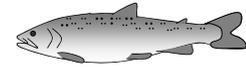
Im Assignment-Test wird gemessen, wie exakt sich Individuen ihrer eigenen Population zuordnen lassen. Die Summe der Zahlen in einer Zeile der Tabelle 15 ergeben jeweils den Wert 100 (evtl. auftretende Rundungsabweichungen sind durch das Programm bedingt). Vor allem zwischen sehr eng verwandten Populationen, z. B. SS 1 mit H und umgekehrt, gibt es hier vermehrten Austausch.

Tabelle 15: Assignment-Test zur Messung der Genauigkeit der Zuordnung von Individuen zur eigenen Population

	SS 1	SS 2	BS 1	BS 2	K	H	Am	R	AB
SS 1	64	3	-	-	6	28	-	-	-
SS 2	-	100	-	-	-	-	-	-	-
BS 1	-	-	83	17	-	-	-	-	-
BS 2	-	4	4	91	-	-	-	-	-
K	13	-	-	-	60	23	3	-	-
H	23	-	-	-	7	60	10	-	-
Am	3	-	-	-	-	7	90	-	-
R	-	-	-	-	-	-	3	97	-
AB	-	-	-	3	-	-	-	-	97

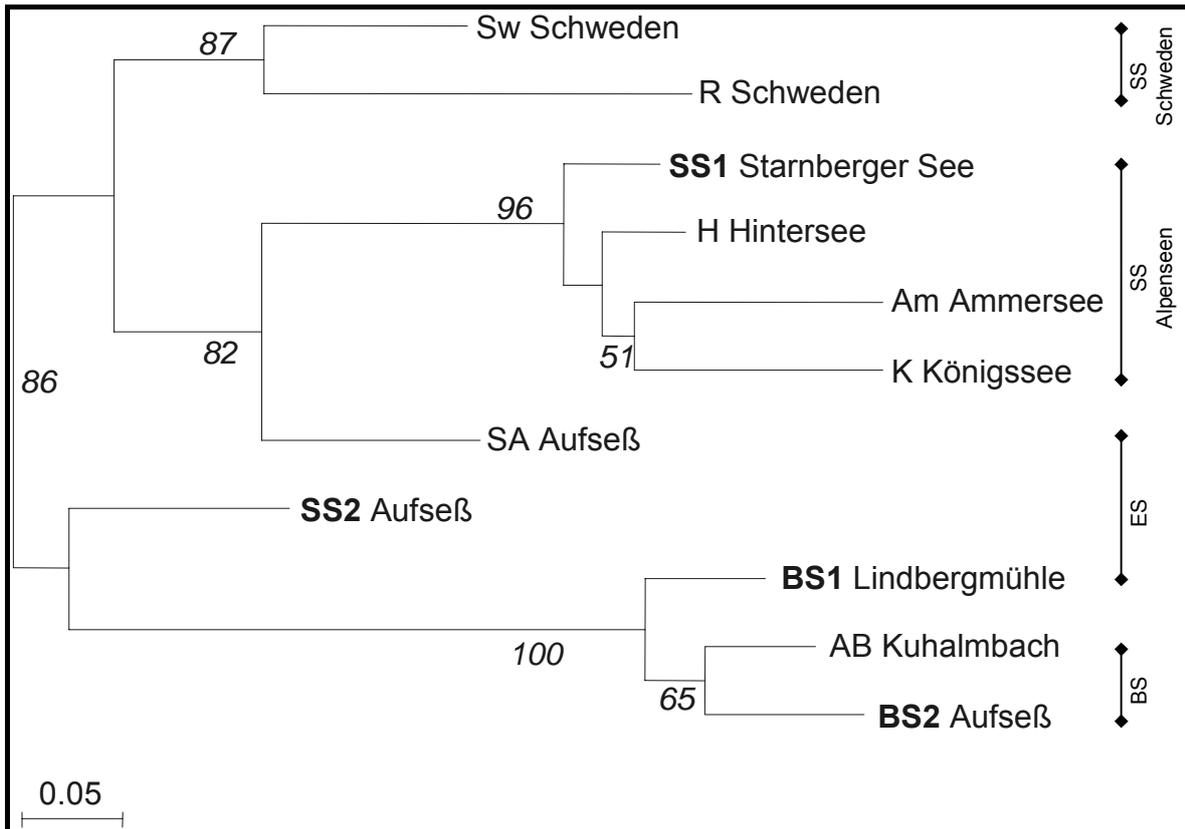
SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, K: Seesaibling aus dem Königssee, H: Seesaibling aus dem Hintersee, Am: Seesaibling aus dem Ammersee, R: Seesaibling aus Schweden (Röding), AB: Bachsaibling aus dem Kuhalmbach, aus: GROSS et al. (2001b)

Im „neighbour-joining tree“-Modell basierend auf Nei's D_A Distanzen (NEI et al. 1983) wird der Verwandtschaftsgrad grafisch dargestellt (Übersicht 13). Während Fische auf verschiedenen Ästen des (Stamm-)Baums nicht oder kaum miteinander verwandt sind, haben Fischpopulationen auf dem gleichen Zweig große genetische Ähnlichkeit. Eindeutig genetisch zu unterscheiden sind die Seesaiblinge schwedischer Herkunft (Sw und R), die



Alpenseesaiblinge (SS 1, H, Am und K) und die Bachsaiblinge (AB und BS 2). Die Elsässer Saiblinge werden je nach Genom eher den Seesaiblingen oder eher den Bachsaiblingen zugeordnet. BS 1 ist eher den Bachsaiblingen und SA (SS 2 x SS 1) eher den Seesaiblingen zuzuordnen. SS 2 steht zwischen diesen beiden.

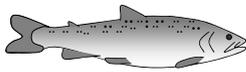
Übersicht 13: Verwandtschaftsmodell „neighbour-joining tree“ der untersuchten Saiblingsherkünfte basierend auf NEI et al.’s (1983) D_A Distanzen



SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, K: Seesaibling aus dem Königssee, H: Seesaibling aus dem Hintersee, Am: Seesaibling aus dem Ammersee, R und Sw: Seesaiblinge aus Schweden (Rödinge), SA: Kreuzung SS2 x SS1, AB: Bachsaibling aus dem Kuhalmbach, Zahlen: Bootstrap-Werte in % (je höher der Wert, desto stabiler ist das Modell, nur Werte über 50 % sind abgebildet), Maßstab: Metrischer Abstand der genetischen Distanz, aus: GUM et al. (2002)

4.1.3 Prüfung der genetischen Merkmale der Nachkommen

In Durchgang II wurden genetische Merkmale von jeweils 4 – 5 Nachkommen aus allen Kreuzungsvarianten analysiert, indem je drei Mikrosatelliten auf artspezifische Unterschiede getestet wurden. Aus den zwei erbreinen Elterntiergruppen SS 1 und BS 2 mit 100 % bzw. 0 % Seesaiblingsgenom gingen Kreuzungen (ES 2 und ES 7) mit jeweils exakt 50 % Seesaiblings- und 50 % Bachsaiblingsgenom hervor (Tabelle 16). Alle anderen Elsässer Saiblinge waren Nachkommen, die zum Teil elterlichen Hybriden entstammten und



somit nicht immer genau 50 % sondern im Durchschnitt 40 bis 53 % Seesaiblingsgenom aufwiesen. Zu erwarten waren durchschnittliche Werte zwischen 33 % SS-Genom (ES 4) und 57 % SS-Genom (ES 1 und ES 5) in Durchgang II (Tabelle 12). Die Schwankungen von Tier zu Tier waren allerdings viel größer, je nach Rekombinationsereignis und Genom der leiblichen Mutter und des tatsächlichen Vaters. Die Elterntiere der Herkunft SS 2 wiesen im zweiten Durchgang 76 % SS-Genom auf (Tabelle 12). Im Durchschnitt der drei untersuchten Mikrosatelliten der Nachkommen lag der Wert höher (87 %, Tabelle 16). Die für die Reinzucht eingesetzten Laichfische aus Herkunft BS 1 hatten in Durchgang II 15 % SS-Genom (Tabelle 12), die Nachkommen dagegen 25 % (Tabelle 16).

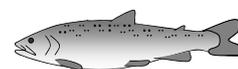
Tabelle 16: Genetischer Status der Nachkommen aus Durchgang II [Anteil SS-Genom in %]

SS-Genom (n)		Milchner			
		SS 1	SS 2	BS 1	BS 2
Rogner	SS 1	100,0 (4)	-	53,3 (5)	50,0 (5)
	SS 2	-	86,7 (5)	40,0 (5)	50,0 (5)
	BS 1	50,0 (4)	53,3 (5)	25,0 (5)	-
	BS 2	50,0 (5)	40,0 (5)	-	0,0 (5)

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, n: Anzahl der untersuchten Fische, aus: GROSS et al. (2001b)

4.1.4 Prüfung auf maternale Effekte bei den Nachkommen

Während der Eientwicklung und in der Wachstumsleistung der F1-Hybriden konnten enge Übereinstimmungen zur mütterlichen Linie festgestellt werden. Sollten Gene arttypisch geprägt sein, könnte dies einen maternalen (bzw. paternalen) Einfluss bewirken. In Untersuchungen von GROSS et al. (2001b) zeigten die Kreuzungsprodukte von Seesaiblingen und



Bachsaiblingen allerdings eine gemischte Ausprägung von beiden Elternteilen auf den Allelen des insulin like growth factor 2 (IGF-2) Gens (Übersicht 14). Die Punktmutationen der Elsässer Saiblinge („F1_hybrid“) an den Genorten 87 (W = Mischung der Basen A und T), 113 (R = A + G) und 122 (Y = C + T) wiesen gleichzeitig die Merkmale von Seesaibling („S. alpinus“) und Bachsaibling („S. fontin.“) auf. Es konnte damit weder eine maternale noch eine paternale genetische Prägung („genomic imprinting“) nachgewiesen werden. Die dem mütterlichen Elternteil ähnelnden phänotypischen Ausprägungen bezüglich Schlupfrate und Wachstum, beruhen in diesem Fall nicht auf „genomic imprinting“, können aber andere Ursachen haben. Denkbar ist zum Beispiel ein Einfluss, der von der Mutter über das Ei (Eidottergewicht, Eiinhaltsstoffe etc.) weitergegeben wird. Die Eizusammensetzung wurde jedoch nicht überprüft.

Übersicht 14: Fischartspezifische Punktmutationen auf dem IGF-2-Gen von Seesaibling (S. alpinus), Bachsaibling (S. fontin.) und Elsässer Saibling (F1_hybrid)

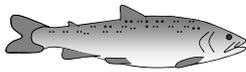
	1					50
S. alpinus	CAAGAATGAA	GGTCAAGATG	ATGTCTTCGT	CAAATCGAGT	GCTGGTCATT	
S. fontin.	CAAGAATGAA	GGTCAAGATG	ATGTCTTCGT	CAAATCGAGT	GCTGGTCATT	
F1_hybrid	CAAGAATGAA	GGTCAAGATG	ATGTCTTCGT	CAAATCGAGT	GCTGGTCATT	
	51					100
S. alpinus	GCGCTGGCAC	TTACTCTGTA	CATCGTTGAA	GTGGCCTCGG	CGGAGACGCT	
S. fontin.	GCGCTGGCAC	TTACTCTGTA	CATCGTTGAA	GTGGCCACGG	CGGAGACGCT	
F1_hybrid	GCGCTGGCAC	TTACTCTGTA	CATCGTTGAA	GTGGCCWCGG	CGGAGACGCT	
	101					150
S. alpinus	ATGTGGAGGA	GAACTGGTGG	ATGCGCTGCA	GTTTCGTCTGT	GAAGATAGAG	
S. fontin.	ATGTGGAGGA	GAGCTGGTGG	ACGCGCTGCA	GTTTCGTCTGT	GAAGATAGAG	
F1_hybrid	ATGTGGAGGA	GARCTGGTGG	AYGCGCTGCA	GTTTCGTCTGT	GAAGATAGAG	

A: Adenin, C: Cytosin, G: Guanin, T: Thymin, R: A + G, W: A + T, Y: C + T; aus: GROSS et al. (2001b)

4.2 Vermehrung der Saiblinge

4.2.1 Äußere Merkmale der Elterntiere

Neben der Färbung von Schuppenkleid und Flossen unterscheiden sich See- und Bachsaiblinge in morphologischen Merkmalen. Die für die Vermehrung eingesetzten Laichfische wurden dahingehend untersucht. Die mit Netz gefangenen Seesaiblinge SS 1 (Abbildung 24) aus dem Starnberger See unterschieden sich deutlich von den Herkünften aus Teichanlagen. Die Wildfische waren nicht nur kleiner und leichter, sondern wiesen einen



auffallend schlanken Körper auf, der mehr als fünf Mal so lang wie hoch war, bei einem sehr niedrigen Korpulenzfaktor um 0,91 (Tabelle 17). Die Seesaiblinge SS 2 (Abbildung 25) aus der Teichanlage waren deutlich korpulenter ($k = 1,32$), aber doch schlanker und länger gestreckt als Bachsaiblinge (BS 1 und BS 2, Abbildungen 26 und 27) mit einem durchschnittlichen Korpulenzfaktor zwischen 1,44 und 1,48 und einem weniger als vier Mal so langen wie hohen Körper. Ein gewisser Bachsaiblingsanteil ist bei den Fischen aus Herkunft SS 2 (Abbildung 25) an leicht angedeuteten schwarzen Streifen zwischen den roten und weißen Bereichen auf den Brust-, Bauch- und Afterflossen sowie einer für Seesaiblinge nicht typischen, längeren, bis hinter das Auge reichenden Maulspalte auszumachen. Fische der Herkunft BS 1 (Abbildung 26), die mit Seesaiblingsgenom vermischt sind, zeigen dagegen ausschließlich charakteristische Körpermerkmale eines reinen Bachsaiblings. An den Fischen auf den Abbildungen wurden zum Teil Schwanzflossenschnitte für die genetischen Analysen durchgeführt.



Abbildung 24: Seesaiblinge der Herkunft SS 1 (Elterntiere: oben Michner ♂ mit Schwanzflossenschnitt, unten Rogner ♀)

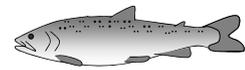


Abbildung 25: Seesaiblinge der Herkunft SS 2 (Elterntiere: oben Michner ♂ mit Schwanzflossenschnitt, unten Rogner ♀)



Abbildung 26: Bachsaiblinge der Herkunft BS 1 (Elterntiere: oben Milchner ♂ mit Schwanzflossenschnitt, unten Rogner ♀)

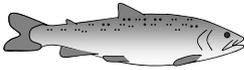


Abbildung 27: Bachsaiblinge der Herkunft BS 2 (Elterntiere: oben Rogner ♀, unten Milchner ♂, jeweils mit Schwanzflossenschnitt)

Ganz auffällig, aber typisch für viele Salmoniden während der Laichzeit ist der voluminöse Bauch der Rogner und der schmale, kurze aber zum Teil sehr hochrückige Körperbau der Milchner. Wegen des hohen Eigewichts erreichen Rogner, vor allem die der Bachsaiblinge, einen sehr hohen Korpulenzfaktor, im Einzelfall bis 1,80. Aber auch Bachsaiblingsmilchner, die mit zunehmendem Alter einen deutlichen Buckel ausbilden, können damit sehr korpulent (im Einzelfall maximal 1,78) sein. Milchner weisen im Vergleich zu Rognern bei gleicher Körpergröße zudem einen deutlich wuchtigeren Kopf auf (Tabelle 17).

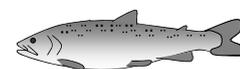


Tabelle 17: Morphometrische Daten der zur Vermehrung eingesetzten Laichfische

Her- kunft	Ge- schl.	n	LG [g]	GL [cm]	KL [cm]	H [cm]	k [g/cm ³]	L/H
SS1	♀	14	404 ± 45	35,3 ± 1,4	6,2 ± 0,5	6,9 ± 0,4	0,92 ± 0,05	5,1 ± 0,2
	♂	20	283 ± 85	31,8 ± 3,5	5,9 ± 0,7	6,1 ± 0,9	0,88 ± 0,06	5,2 ± 0,4
	♀♂	34	335 ± 93	33,3 ± 3,3	6,0 ± 0,6	6,5 ± 0,8	0,91 ± 0,07	5,2 ± 0,3
SS2	♀	9	1217 ± 467	45,0 ± 5,8	8,2 ± 1,1	9,7 ± 1,3	1,34 ± 0,13	4,7 ± 0,2
	♂	11	877 ± 294	40,8 ± 3,6	8,5 ± 1,0	9,4 ± 1,0	1,29 ± 0,13	4,3 ± 0,3
	♀♂	20	1030 ± 409	42,7 ± 5,0	8,4 ± 1,0	9,5 ± 1,2	1,32 ± 0,13	4,5 ± 0,3
BS1	♀	5	983 ± 235	41,2 ± 4,6	8,0 ± 0,8	10,1 ± 0,8	1,41 ± 0,26	4,1 ± 0,4
	♂	10	1266 ± 397	44,5 ± 3,5	10,3 ± 1,5	12,2 ± 1,7	1,44 ± 0,19	3,7 ± 0,3
	♀♂	15	1172 ± 369	43,4 ± 4,0	9,5 ± 1,7	11,5 ± 1,7	1,44 ± 0,20	3,8 ± 0,4
BS2	♀	7	1365 ± 395	45,0 ± 4,2	9,3 ± 0,8	11,7 ± 1,7	1,50 ± 0,16	3,8 ± 0,3
	♂	7	942 ± 600	40,4 ± 6,4	9,0 ± 1,4	10,9 ± 2,5	1,43 ± 0,23	3,7 ± 0,3
	♀♂	14	1153 ± 535	42,7 ± 5,7	9,1 ± 1,1	11,3 ± 2,1	1,48 ± 0,21	3,8 ± 0,3

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, n: Anzahl der verwendeten Fische, LG: Lebendgewicht, L: Körperlänge, KL: Kopfgröße, H: Körperhöhe, k: Korpulenzfaktor ($k = LG \times 100 / GL^3$), L/H: Längen-Höhen-Verhältnis ($L/H = GL/H$)

4.2.2 Merkmale der Eier

Es war zu erwarten, dass die Seesaiblinge SS 1 aus dem Starnberger See eine geringere Eizahl aufweisen, da sie deutlich kleiner waren. Die Absolute Fekundität (Eizahl pro Fisch) betrug etwa 900 Stück gegenüber 2.200 – 2.900 Stück bei den größeren Rognern anderer Herkünfte (Tabelle 18). Die Relative Fekundität (Eizahl pro kg Lebendgewicht der Laichfische) war dagegen sehr einheitlich zwischen 2.100 und 2.300 Stück/kg.

Der durchschnittliche Eidurchmesser war nahezu identisch zwischen 4,5 und 4,8 mm (Tabelle 18). Zwischen den Einzeltieren der Herkunft SS 1 gab es allerdings zum Teil erhebliche Schwankungen. Rogner dieser Herkunft mit ähnlichen Lebendgewichten trugen Eier mit Durchmessern zwischen 4,1 und 5,4 mm. Das Lebendgewicht der Rogner hat bei den Herkünften SS 1 und BS 2 keinen unmittelbaren Einfluss auf die Größe der Fischeier, wie Abbildung 28 zeigt. Lediglich bei den Herkünften SS 2 und BS 1 ist ein Trend zu größeren Eiern bei höherem Körpergewicht der weiblichen Tiere abzulesen.

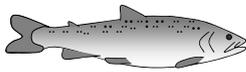


Tabelle 18: Fruchtbarkeit der Saiblingsrogner und Merkmale der Saiblingseier

Her- kunft	n	LG vor dem Streifen [g]	LG nach [g]	Δ LG [g]	Abs. Fek. [Stk.]	Rel. Fek. [Stk./kg]	Ei- \emptyset [mm]	Eifarbe
SS1	14	404 \pm 45	343 \pm 37	61 \pm 13	919	2275	4,6 \pm 0,4	gelb bis orange
SS2	9	1217 \pm 467	1028 \pm 401	190 \pm 83	2558	2101	4,6 \pm 0,3	gelb bis dunkelorange
BS1	5	983 \pm 235	839 \pm 228	144 \pm 32	2203	2241	4,5 \pm 0,4	gelb bis orange
BS2	7	1365 \pm 395	1155 \pm 347	210 \pm 51	2873	2105	4,8 \pm 0,2	orange bis dunkelorange

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, n: Anzahl der gestreiften Fische, LG: Lebendgewicht, Δ LG: Gewichtsabnahme durch Abstreifen der Eier, Abs. Fek.: Absolute Fekundität (Eizahl/Fisch), Rel. Fek.: Relative Fekundität (Eizahl/kg LG), Ei- \emptyset : Eidurchmesser nach der Quellung

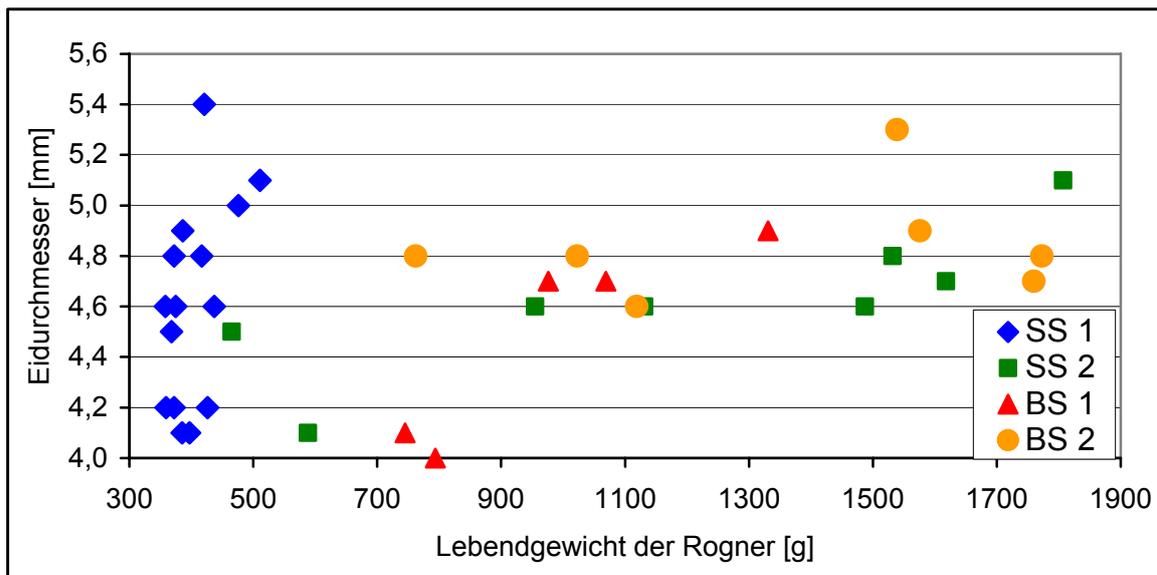
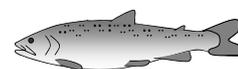


Abbildung 28: Durchschnittliche Größe der Saiblingseier in Abhängigkeit vom Lebendgewicht der Rogner



4.3 Erbrütungs- und Aufzuchtergebnisse

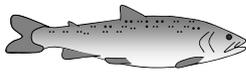
4.3.1 Ei- und Larvenentwicklung

Das so genannte Augenpunktstadium, wenn die Augen der Fischlarven durch die Eihülle zu erkennen sind, erreichten die Fischlarven zwischen 230 und 257 Tagesgrade T° (Tage der Entwicklung x Durchschnittliche Wassertemperatur in °C) nach der Besamung. Der Großteil der Larven ($\geq 90\%$) der reinen Bach- und Seesaiblinge schlüpfte nach etwa 490 T° und lag damit im Durchschnitt (Tabelle 19). Elsässer Saiblinge mit Seesaiblingen auf der mütterlichen Seite schlüpften zirka 30 T° früher. War die mütterliche Herkunft der Elsässer Saiblinge ein Bachsaibling, so verlängerte sich die Eientwicklung um zirka 30 T° gegenüber den reinen Nachkommen. SS x BS-Saiblinge entwickelten sich etwa 60 T° schneller als die reziproken BS x SS-Kreuzungen. Die Entwicklungsdauer ließ sich damit in drei Einordnungen sortieren, deren Mittelwerte sich signifikant unterschieden.

Tabelle 19: Entwicklungsdauer von der Besamung der Eier bis zum Schlupf der Larven [Tagesgrade T°]

Mittelwert 490 ± 10			Milchner			
			SS 1	SS 2	BS 1	BS 2
Rogner	SS 1	T° (n)	483 ^b ± 7 (3.827)	-	454 ^c ± 7 (3.991)	451 ^c ± 7 (3.468)
	SS 2	T° (n)	-	495 ^b ± 7 (806)	461 ^c ± 7 (790)	461 ^c ± 7 (656)
	BS 1	T° (n)	520 ^a ± 7 (1.519)	520 ^a ± 7 (1.451)	492 ^b ± 7 (1.876)	-
	BS 2	T° (n)	523 ^a ± 7 (2.416)	523 ^a ± 7 (2.799)	-	495 ^b ± 7 (3.327)

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der erfolgreich besamten Eier (= Anzahl geschlüpfter Larven), Werte mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)



4.3.2 Schlupfrate

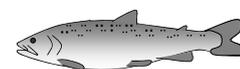
Die durchschnittliche Schlupfrate im Versuch betrug 44,8 %. Die Ergebnisse in Durchgang I waren um 7,5 %-Punkte signifikant besser als in Durchgang II. In Tabelle 20 sind die Schlupfraten der einzelnen Kreuzungsvarianten aufgelistet. Eier der SS 1-Saiblinge zeigen die höchsten Erfolgswerte zwischen 76 und 87 %, gefolgt mit großem Abstand von den Bachsaiblingseiern mit Werten zwischen 37 und 54 %. Sehr schlechte Ergebnisse wurden bei Eiern der Herkunft SS 2 mit nur etwa 10 % festgestellt. Der Einfluss der Milchnerherkunft auf die Schlupfrate ist eher untergeordnet.

Tabelle 20: Schlupfrate [% der besamten Eier]

Mittelwert 44,8 ± 1,6			Milchner				n
			SS 1	SS 2	BS 1	BS 2	
Rogner	SS 1	%	83,4 ^a ± 0,8	-	86,6 ^a ± 0,8	76,3 ^b ± 0,8	4
	SS 2	%	-	10,2 ^g ± 0,8	10,2 ^g ± 0,8	9,0 ^g ± 0,8	4
	BS 1	%	41,5 ^{de} ± 1,0	44,3 ^d ± 1,0	52,9 ^c ± 1,0	-	3
	BS 2	%	37,1 ^f ± 0,8	40,8 ^e ± 0,8	-	53,7 ^c ± 0,8	4

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen in Erbrütungsschalen, Werte mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, p ≤ 0,05)

Außer bei SS 1-Eiern haben bei allen Varianten die reinen Nachkommen höhere Werte als die mit Spermata der anderen Fischart produzierten Nachkommen, wenn auch nicht immer signifikant. Im Schnitt waren die Schlupfraten der Hybriden um 4 – 12 %-Punkte schlechter als die der Reinzuchttiere (Tabelle 21). Die Heterosiseffekte waren diesbezüglich in allen Fällen negativ, was hochsignifikant abgesichert werden konnte. Eine signifikante Differenz der Werte von Kreuzungen gegenüber Reinzuchten wird mit Sternchen (*) sym-



bolisiert. Über alle Elsässer Saiblinge gerechnet, waren die Werte um 6,8 % schlechter gegenüber allen reinen See- und Bachsaiblingen.

Tabelle 21: Heterosiseffekte im Merkmal Schlupfrate [% der besamten Eier] (Differenz Kreuzungen – Reinzuchten)

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Heterosis
ES 1 und ES 5	gegenüber	SS 1 und BS 1	- 4,1** ± 0,9
ES 2 und ES 7	gegenüber	SS 1 und BS 2	- 11,8** ± 0,8
ES 3 und ES 6	gegenüber	SS 2 und BS 1	- 4,3** ± 0,9
ES 4 und ES 8	gegenüber	SS 2 und BS 2	- 7,0** ± 0,8
Alle ES	gegenüber	allen SS und BS	- 6,8** ± 0,5

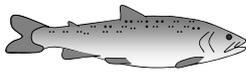
SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)

4.3.3 Anomalien

Nach dem Schlüpfen wiesen einige Dottersacklarven deutlich erkennbare körperliche Missbildungen, Verletzungen oder Krankheiten auf, die ein Überleben nicht ermöglichten und langfristig zum Tod führten. Während Verletzungen, wie ein abgerissener Dottersack, auf mechanische Schädigungen während der Haltung zurückzuführen sind, haben Missbildungen und Krankheiten genetisch bedingte Ursachen. Ein verstärktes Auftreten in einzelnen Kreuzungsvarianten ist so zu erklären. Körperliche Missbildungen zeigten sich überwiegend in Wirbelsäulendeformationen, wie krumme Körperform, geringelter Schwanz, Stummelschwanz, Doppelköpfigkeit, siamesische Zwillinge und deformierter Kopf (Abbildung 29).

Abgerissene oder verletzte Dottersäcke traten nur in Durchgang I auf und betrafen im Regelfall 0,0 – 0,6 % der geschlüpften Larven. Nur die Kreuzungsvariante ES 6 (BS 1 x SS 2) fiel mit 1,5 % Verletzten aus dem Rahmen.

Höchste Missbildungsraten zeigten die Nachkommen der mütterlichen Herkunft SS 2 (8,5 – 10,6 % der geschlüpften Larven). Die Werte der Kreuzungsvarianten SS 2, ES 3 (SS 2 x BS 1) und ES 4 (SS 2 x BS 2) waren gegenüber allen anderen signifikant erhöht,



gefolgt von reinen Nachkommen der Herkunft BS 2 mit einer Missbildungsrate von 5,5 % (Tabelle 22). Die Missbildungsraten von Elsässer Saiblingen unterschieden sich gegenüber Seesaiblingen und Bachsaiblingen nicht signifikant (Tabelle 23). In Durchgang I war die durchschnittliche Missbildungsrate signifikant um 2,5 % geringer.



Abbildung 29: Anomalien bei Saiblingslarven

(links oben: ES 5 (BS 1 x SS 1) mit Rückgradverkrümmung, rechts oben: BS 2 mit geringeltem Schwanz, links unten: Doppelköpfigkeit bei BS 2, rechts unten: Siamesische Zwillinge bei BS 2)

Krankheiten, wie Dotterblasenwassersucht oder Kümmerwuchs, traten verstärkt bei Nachkommen der mütterlichen Herkunft BS 1 auf. 5,3 – 10,0 % der geschlüpften Larven waren davon betroffen. Auch reine Starnberger Seesaiblinge SS 1 zeigten mit 7,9 % erkrankten Larven eine hohe Anfälligkeit. Heterosiseffekte bei Elsässer Saiblingen waren hierbei in drei von vier Fällen zu beobachten. Auch im gesamten Vergleich aller Kreuzungen gegenüber den Reinzuchten waren die Ergebnisse signifikant besser (- 1,3 %). Eine signifikante Differenz der Werte von Kreuzungen gegenüber Reinzuchten wird mit Sternchen (*) symbolisiert. In einem Vergleich (Kreuzungstiere ES 2 (SS 1 x BS 2) und ES 7 (BS 2 x SS 1) gegenüber den reinen Elternstämmen SS 1 und BS 2) hatten die Hybriden hochsignifikant (**) geringere Erkrankungsraten (Tabelle 23).

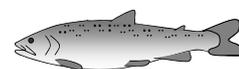


Tabelle 22: Anteil der Fischlarven mit Missbildungen (M) bzw. Krankheiten (K) [% der geschlüpften Larven]

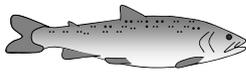
Mittelwerte (M) $4,5 \pm 1,3$ (K) $3,9 \pm 1,6$			Milchner				n
			SS 1	SS 2	BS 1	BS 2	
Rogner	SS 1	M	$1,4^e \pm 0,7$	-	$1,8^{de} \pm 0,7$	$1,9^{de} \pm 0,7$	4
		K	$7,9^{ab} \pm 0,8$	-	$4,1^{cde} \pm 0,8$	$3,4^{cdef} \pm 0,8$	
	SS 2	M	-	$8,5^b \pm 0,7$	$9,8^{ab} \pm 0,7$	$10,6^a \pm 0,7$	4
		K	-	$4,7^{cd} \pm 0,8$	$1,7^f \pm 0,8$	$2,9^{def} \pm 0,8$	
	BS 1	M	$1,7^{de} \pm 0,8$	$3,0^{de} \pm 0,8$	$2,7^{de} \pm 0,8$	-	3
		K	$10,0^a \pm 1,0$	$5,6^{bc} \pm 1,0$	$5,3^{cd} \pm 1,0$	-	
	BS 2	M	$2,0^{de} \pm 0,7$	$3,5^d \pm 0,7$	-	$5,5^c \pm 0,7$	4
		K	$1,3^f \pm 0,8$	$1,3^f \pm 0,8$	-	$2,4^{ef} \pm 0,8$	

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen in Unterstromkästen, Werte mit gleichen Hochbuchstaben in den Merkmalen Missbildungen (M) bzw. Krankheiten (K) unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)

Tabelle 23: Heterosiseffekte in den Merkmalen Missbildungsrate M bzw. Krankheitsrate K [% der geschlüpften Larven] (Differenz Kreuzungen – Reinzuchten)

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Heterosis	
			M	K
ES 1 und ES 5	gegenüber	SS 1 und BS 1	$-0,3 \pm 0,7$	$+0,5 \pm 0,9$
ES 2 und ES 7	gegenüber	SS 1 und BS 2	$-1,5^* \pm 0,7$	$-2,8^{**} \pm 0,8$
ES 3 und ES 6	gegenüber	SS 2 und BS 1	$+0,8 \pm 0,7$	$-1,3 \pm 0,9$
ES 4 und ES 8	gegenüber	SS 2 und BS 2	$+0,0 \pm 0,7$	$-1,4 \pm 0,8$
Alle ES	gegenüber	allen SS und BS	$-0,2 \pm 0,4$	$-1,3^* \pm 0,5$

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)



4.3.4 Überlebensrate

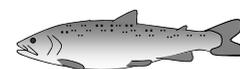
Im Versuch betrug die durchschnittliche Überlebensrate der geschlüpften Larven bis Ende der Dottersackphase 89,7 %, bis Ende der Vorstreckphase 56,5 %, bis Ende der Setzlingsaufzucht 52,8 % und bis zum Ende der Speisefischaufzucht 47,9 % (Tabelle 24). Die kumulierten Verluste bis zum vermarktungsfähigen Speisefisch machten demnach im Durchschnitt knapp über 50 % aus.

Tabelle 24: Überlebensrate bei der Aufzucht der Saiblinge [% der geschlüpften Larven]

Eltern		Kreuzungsvarianten	Überlebensrate bei der Aufzucht der geschlüpften Fischlarven bis zum Ende der			
Mutter	Vater		Dottersackphase	Vorstreckphase	Setzlingsaufzucht	Speisefischaufzucht
♀	♂		n = 4 (3*)	n = 2	n = 2	n = 2
SS1	SS1	SS1	90,8 ^{cde} ± 1,1	31,3 ± 9,6	30,6 ± 9,4	16,5 ± 9,1
	BS1	ES1	92,9 ^{bcd} ± 1,1	43,4 ± 9,6	42,2 ± 9,4	37,2 ± 9,1
	BS2	ES2	93,6 ^{abc} ± 1,1	58,9 ± 9,6	56,6 ± 9,4	51,6 ± 9,1
SS2	SS2	SS2	80,0 ^g ± 1,1	55,6 ± 9,6	49,8 ± 9,4	43,7 ± 9,1
	BS1	ES3	86,4 ^f ± 1,1	71,4 ± 9,6	64,2 ± 9,4	63,3 ± 9,1
	BS2	ES4	85,4 ^f ± 1,1	74,2 ± 9,6	69,4 ± 9,4	68,1 ± 9,1
BS1	BS1	BS1	89,0 ^{ef} ± 1,3*	52,2 ± 9,6	47,0 ± 9,4	35,3 ± 9,1
	SS1	ES5	86,0 ^f ± 1,3*	46,2 ± 9,6	43,5 ± 9,4	40,7 ± 9,1
	SS2	ES6	90,7 ^{cde} ± 1,3*	63,6 ± 9,6	61,2 ± 9,4	57,7 ± 9,1
BS2	BS2	BS2	90,2 ^{de} ± 1,1	70,7 ± 9,6	65,7 ± 9,4	63,9 ± 9,1
	SS1	ES7	96,1 ^a ± 1,1	56,4 ± 9,6	53,2 ± 9,4	49,5 ± 9,1
	SS2	ES8	94,9 ^{ab} ± 1,1	54,0 ± 9,6	49,6 ± 9,4	47,2 ± 9,1
Durchschnitt			89,7 ± 3,0	56,5 ± 10,9	52,8 ± 10,2	47,9 ± 11,9

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen in Unterstromkästen bzw. Rundstrombecken, Werte in der Spalte Dottersackphase mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, p ≤ 0,05)

Während die Ergebnisse bis zum Ende der Dottersackphase noch relativ eng beieinander lagen, mussten vor allem in der Gruppe SS 1 in der Vorstreckphase größere Verlustzahlen festgestellt werden. Nur 31 % der SS 1-Fische überlebten dieses Altersstadium. Die Kreuzungsvarianten ES 4, ES 3 und BS 2 wiesen dagegen bis nach der Vorstreckphase relativ hohe Überlebensraten über 70 % auf. Gute Erfolgswerte (63 – 68 %) waren in diesen drei



Gruppen bis zum Ende der Mast zu beobachten. Die Kreuzungsvariante SS 1 fiel mit knapp 17 % Überlebensrate zu Versuchsende deutlich aus dem Rahmen. Die statistische Auswertung konnte aufgrund der geringen Anzahl an Wiederholungen nur für die Aufzucht bis zum Ende der Dottersackphase berechnet werden. Signifikante Unterschiede waren bereits hier zu erkennen. Zum Beispiel waren die Elsässer Saiblinge ES 7 und ES 8 (95 – 96 %) der reinen Bachsaiblingsgruppe BS 2 (90 %) sowie die beiden Kreuzungsvarianten ES 3 und ES 4 (85 – 86 %) der Gruppe SS 2 (80 %) überlegen.

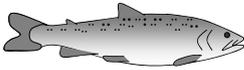
Im Merkmal Überlebensrate hatten die Elsässer Saiblinge gegenüber den Reinzuchttieren deutliche Vorteile. Die Heterosiseffekte waren durchwegs positiv (Tabelle 25). Im Falle der Elsässer Saiblinge ES 3 (SS 2 x BS 1) und ES 6 (BS 1 x SS 2) waren die Unterschiede über die gesamte Aufzuchtdauer bis zum Speisefisch gegenüber den reinen Nachkommen von SS 2 und BS 1 sogar um 21 %-Punkte erhöht. Vor allem die Befruchtung mit Bachsaiblingssperma machte sich auf die Überlebensrate von Seesaiblingseiern sehr positiv bemerkbar. ES 1 und ES 2 wiesen gegenüber SS 1 sowie ES 3 und ES 4 gegenüber SS 2 deutlich höhere Werte auf.

Tabelle 25: Heterosiseffekte im Merkmal Überlebensrate [% der geschlüpften Larven] über die gesamte Aufzuchtdauer (Differenz Kreuzungen – Reinzuchten)

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Heterosis
ES 1 und ES 5	gegenüber	SS 1 und BS 1	+ 13,1 ± 9,1
ES 2 und ES 7	gegenüber	SS 1 und BS 2	+ 10,4 ± 9,1
ES 3 und ES 6	gegenüber	SS 2 und BS 1	+ 21,0 ± 9,1
ES 4 und ES 8	gegenüber	SS 2 und BS 2	+ 3,8 ± 9,1
Alle ES	gegenüber	allen SS und BS	+ 12,1 ± 5,6

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling

Die höchsten Verlustraten mussten während der Vorstreckphase verzeichnet werden. Dies wird vor allem in den Abbildungen 30 und 31 sehr deutlich. Bis etwa Lebenswoche 20 waren die Werte für die Überlebensraten stark rückläufig, danach kam es nur zu vereinzelten Verlusten. Es gab allerdings erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kreuzungen.



zungsvarianten. Die Tiere von SS 1 und ES 1 (SS 1 x BS 1) hatten gute Überlebensraten während der Dottersackphase, allerdings sehr hohe Verluste während der Vorstreckphase und bis zum Speisefisch. Andere Kreuzungsvarianten, wie z. B. ES 3 (SS 2 x BS 1) und ES 4 (SS 2 x BS 2), hatten bereits in der Dottersackphase viele Verluste, dagegen waren die Überlebensraten in den weiteren Lebensabschnitten gut.

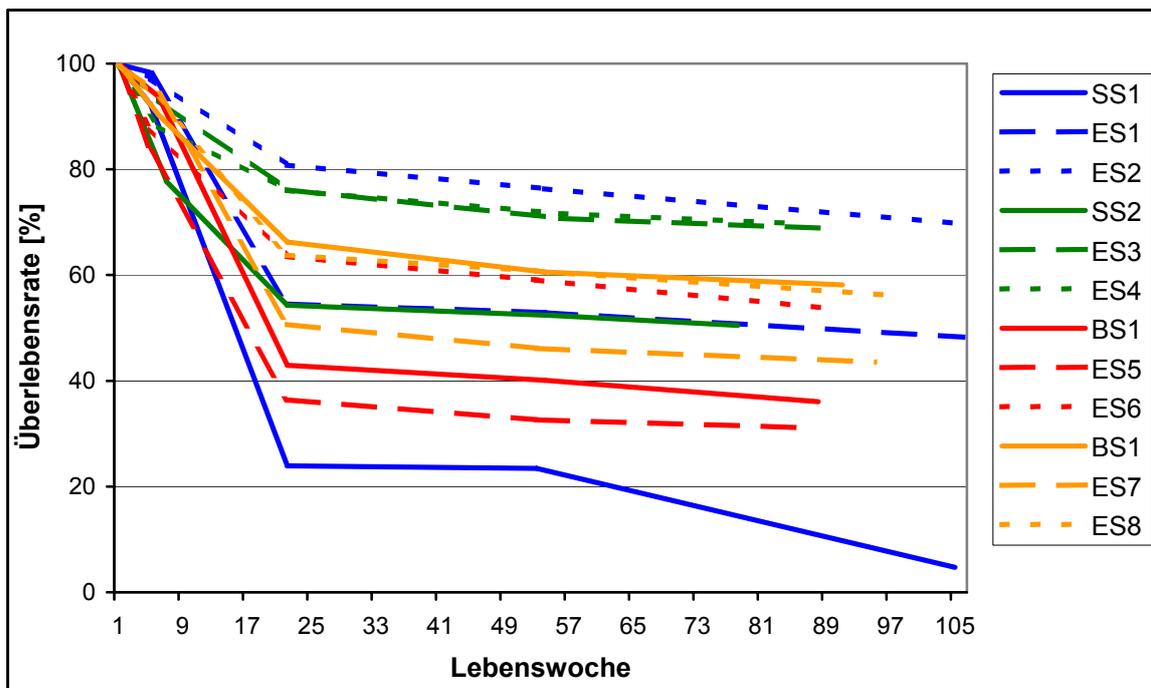


Abbildung 30: Überlebensrate bei der Saiblingsaufzucht in Durchgang I

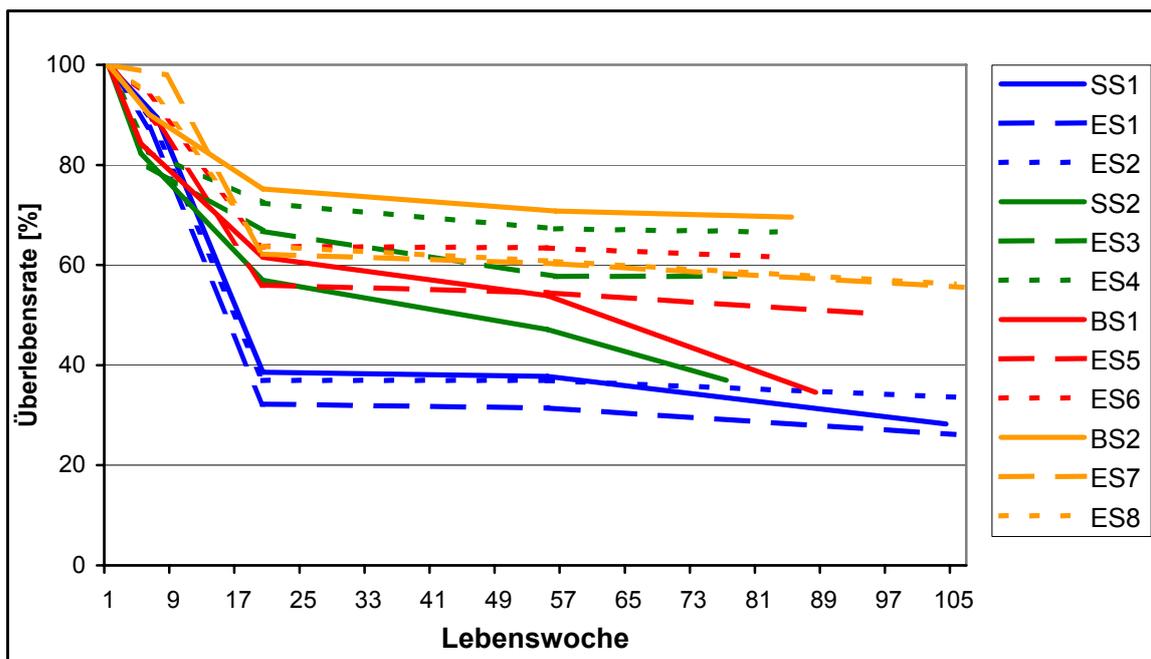
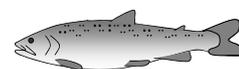


Abbildung 31: Überlebensrate bei der Saiblingsaufzucht in Durchgang II



Unterschiede bei der durchschnittlichen Überlebensrate zwischen den Durchgängen waren nicht signifikant. Insgesamt waren die Werte in Durchgang II etwa 3 % geringer. Die meisten Ergebnisse wiederholten sich im zweiten Durchgang sehr gut und ergaben ein eindeutiges Bild. Die Werte einiger Kreuzungsvarianten, z. B. von ES 2 (SS 1 x BS 2), wichen dagegen stark voneinander ab (Abbildungen 30 und 31).

4.4 Zuwachs und Futtermittelverwertung

4.4.1 Zuwachs

Ab dem Setzlingsstadium erfolgten alle vier Wochen Probewiegungen, nach denen das durchschnittliche Fischgewicht errechnet werden konnte. In Abbildung 32 sind Fotos von Setzlingen der zwölf Kreuzungsvarianten im Alter von ca. 7 Monaten mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 6 g dargestellt. Eine Unterscheidung der verschiedenen Kreuzungsvarianten in diesem Altersstadium ist sehr schwierig. Die Abbildungen 33 und 34 zeigen den Gewichtsverlauf der einzelnen Kreuzungsvarianten in Durchgang I und II. Die schnellstwüchsige Gruppe (SS 2) erreichte das angestrebte Schlachtgewicht zwischen 330 und 350 g bereits nach 1,5 Jahren. In den beiden Kreuzungsvarianten ES 1 (SS 1 x BS 1) und ES 2 (SS 1 x BS 2) wurde das gewünschte Schlachtgewicht auch nach zweijähriger Aufzucht nicht erreicht. In diesen Fällen wurde der Versuch vor Erlangen des angestrebten Durchschnittsgewichts beendet.

Vor allem in Durchgang I, aber auch zum Teil in Durchgang II, ist ein deutlicher Einfluss der mütterlichen Herkunft auf den Zuwachs erkennbar. Reine und gekreuzte Nachkommen der Mutterlinie SS 2 (SS 2, ES 3 und ES 4) hatten in beiden Durchgängen die höchsten Zuwachsraten. Die Nachkommen der Mutterlinie SS 1 (SS 1, ES 1 und ES 2) wuchsen dagegen langsamer als die Saiblinge aus den anderen Gruppen.

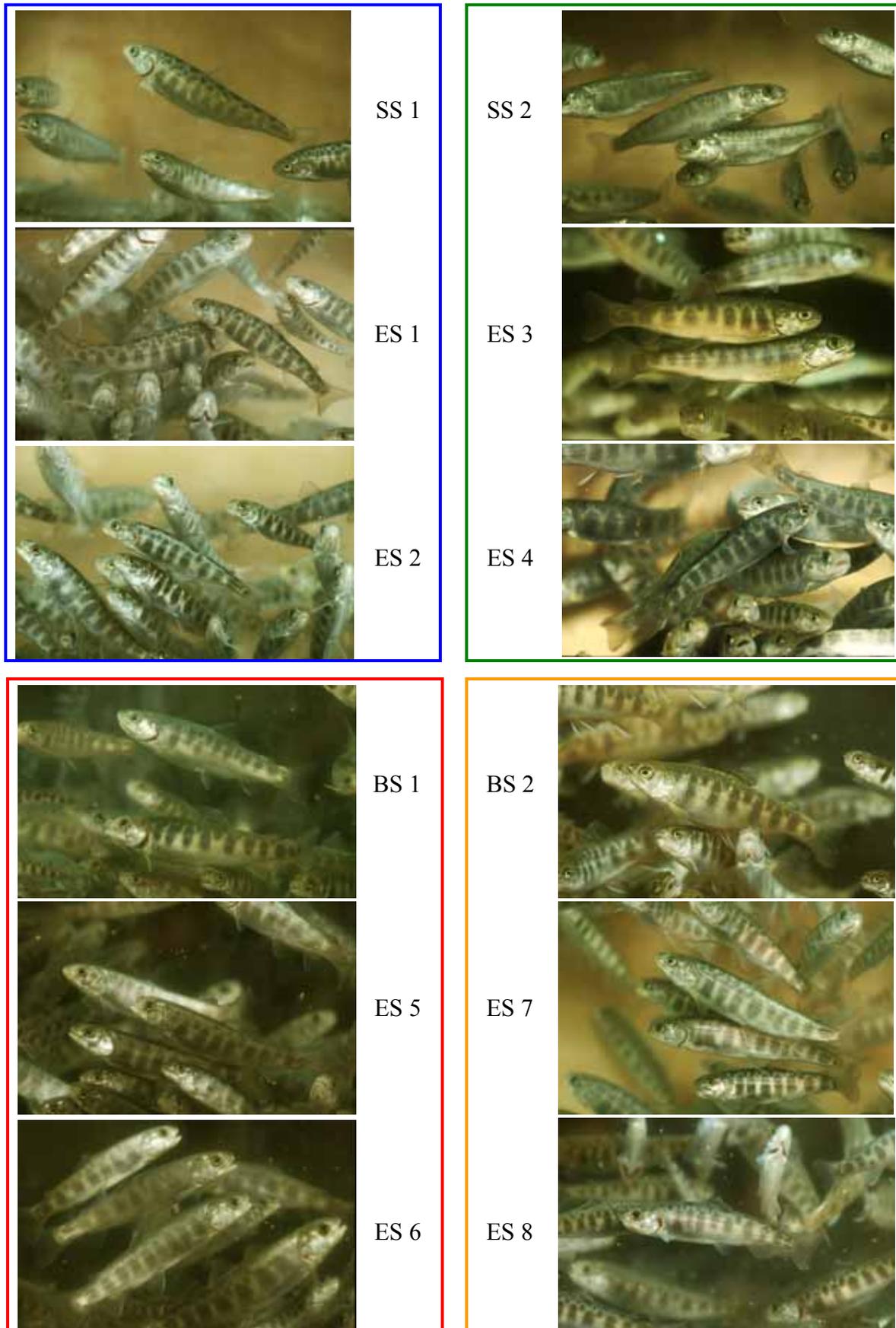
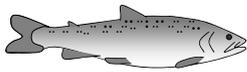


Abbildung 32: Setzlinge der zwölf Kreuzungsvarianten im Alter von ca. 7 Monaten mit einem Durchschnittsgewicht von ca. 6 g

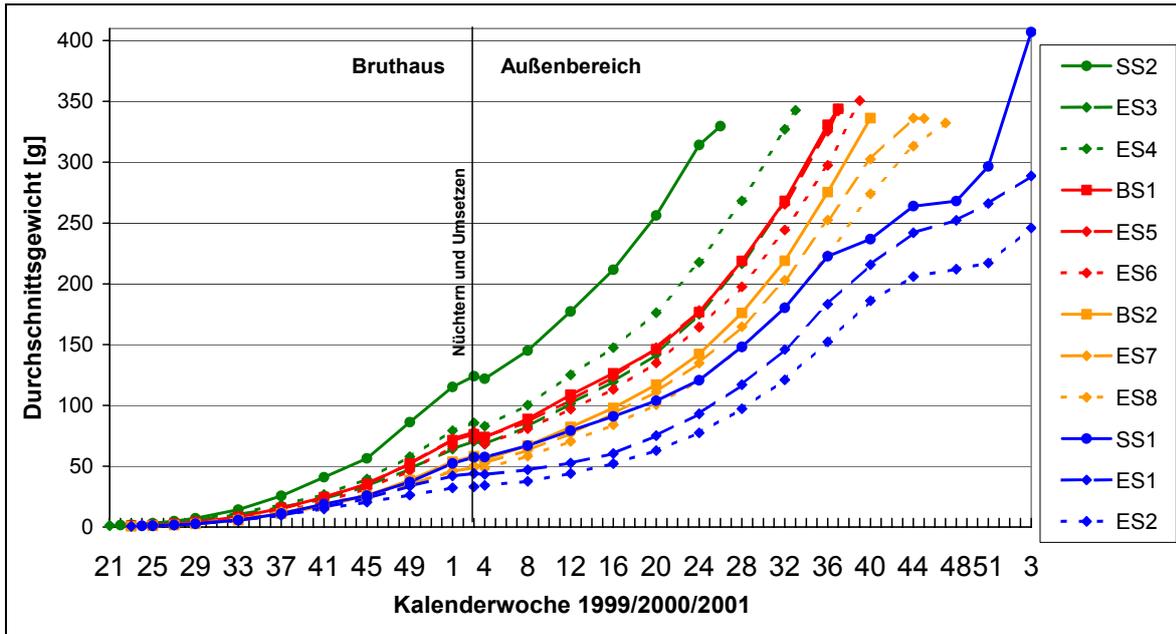
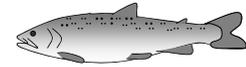


Abbildung 33: Zuwachskurven der Kreuzungsvarianten in Durchgang I

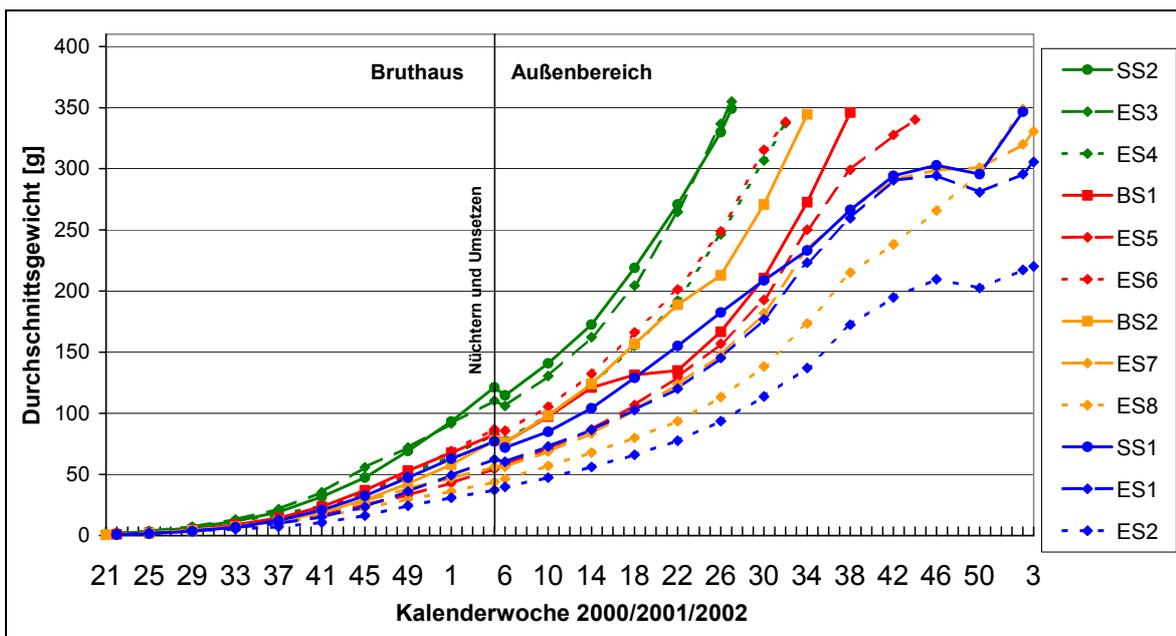
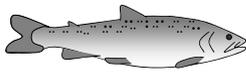


Abbildung 34: Zuwachskurven der Kreuzungsvarianten in Durchgang II

In beiden Durchgängen ist bei den Kreuzungsvarianten, die gegen Ende des zweiten Lebensjahres noch im Versuch waren (ES 7, ES 8, SS 1, ES 1 und ES 2), etwa ab Kalenderwoche 38 eine deutliche Wachstumsdepression feststellbar. Eine Stagnation im Zuwachs oder sogar ein Abbau an Körpermasse geht einher mit dem Beginn der Laichzeit. Ein enger Zusammenhang der reduzierten Futteraufnahme und schlechteren Futterverwertung mit



dem Eintritt in die Laichreifung ist zu vermuten. Ein verändertes Sozialverhalten (Absonderung einzelner Fische von der Gruppe, Verfolgungsjagden, Kämpfe) und ein größer werdender Gonadenanteil (siehe Kapitel 4.5.2 Ausschlachtungsergebnisse) unterstützen diese Vermutung.

Jeweils zu Beginn der Setzlings- und der Speisefischaufzucht wurden die Tiere der Kreuzungsvarianten einzeln gewogen, eine Häufigkeitsverteilung bezüglich des Lebendgewichts erstellt und das Durchschnittsgewicht mit Varianz errechnet (Abbildungen 35 und 36). Einzelne Gruppen (z. B. SS 2) wiesen eine sehr heterogene, andere (z. B. BS 2) dagegen eine sehr gleichmäßige Größenstruktur auf. Die meisten Ergebnisse aus Durchgang I wurden in Durchgang II bestätigt. Nur die Werte der Kreuzungsvariante ES 3 (SS 2 x BS 1) wichen im Wiederholungsdurchgang stark ab.

Am Ende der Speisefischaufzucht wurden alle Tiere einzeln gewogen und vermessen. Aus den Ergebnissen wurden Längen-Gewichts-Modelle erstellt (Abbildung 37). Die Tiere innerhalb der Saiblingsgruppen wuchsen relativ stark auseinander und erreichten am Ende der 1,5 – 2-jährigen Aufzuchtphase Körperlängen (L) zwischen 14 und 46 cm und Lebendgewichte (LG) zwischen 26 und 1256 g. Die starken Größenunterschiede (z. B. SS 1: kleinster Fisch 14 cm L, 41 g LG, größter Fisch 46 cm L, 1135 g LG) können sich im Fischereibetrieb nachteilig auf die Vermarktung auswirken, wenn eine oder mehrere Größensortierungen im Laufe der Aufzucht notwendig sind. Einzig die Kreuzungsvariante BS 2 weist eine sehr kompakte Größenstruktur auf. Der Großteil der Fische dieser Gruppe war zwischen 24 und 34 cm lang und zwischen 200 und 500 g schwer.

Fische in mittlerer Größe, jeweils ein Milchner und ein Rogner, wurden fotografiert. Die Fotos sind in Abbildung 38, geordnet nach der mütterlichen Herkunft, dargestellt.

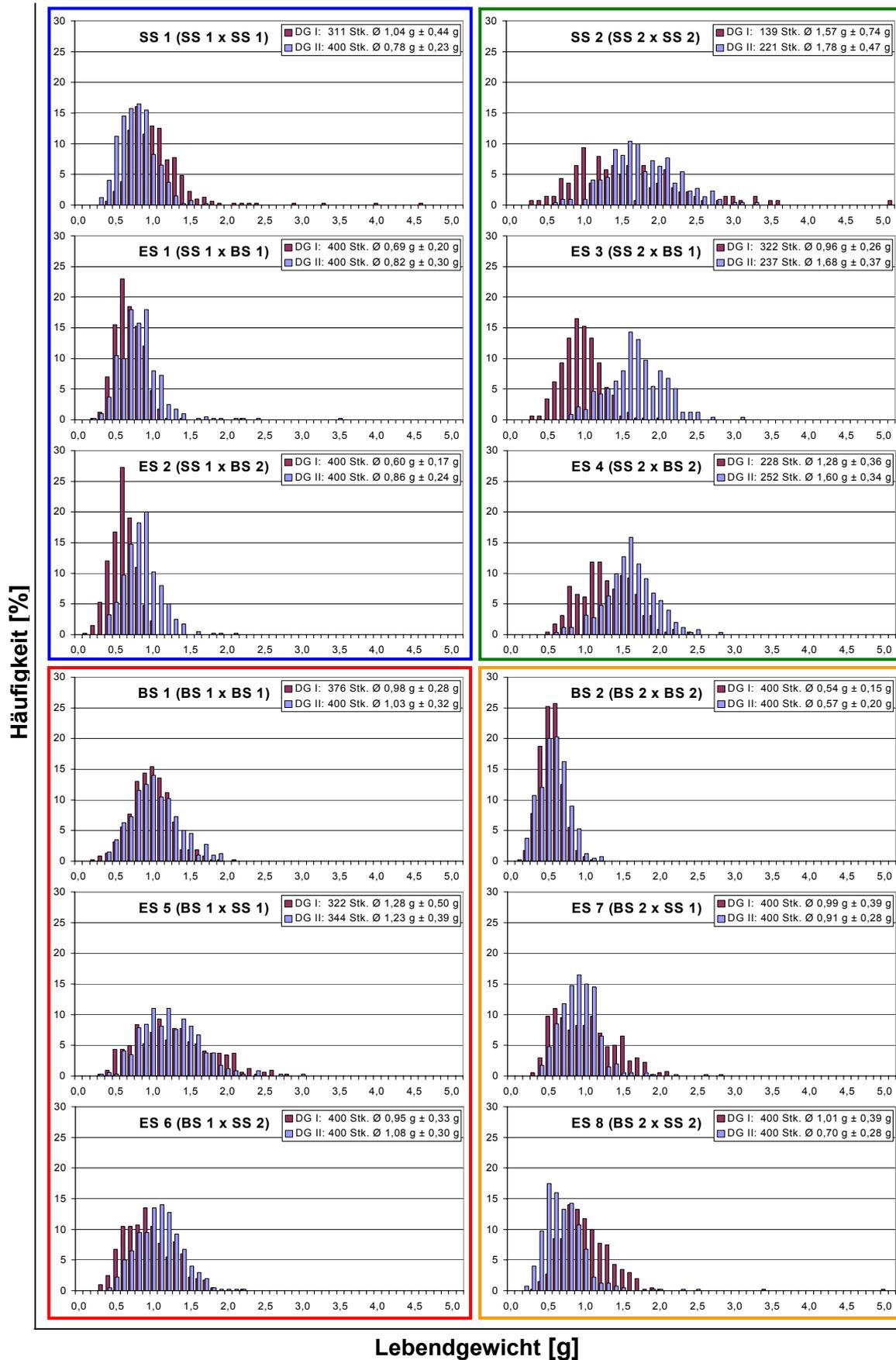
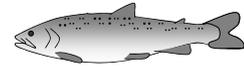


Abbildung 35: Lebendgewicht-Häufigkeitsverteilungen der Saiblingsbrut zu Beginn der Setzlingsaufzucht in Durchgang I (■) und II (■)

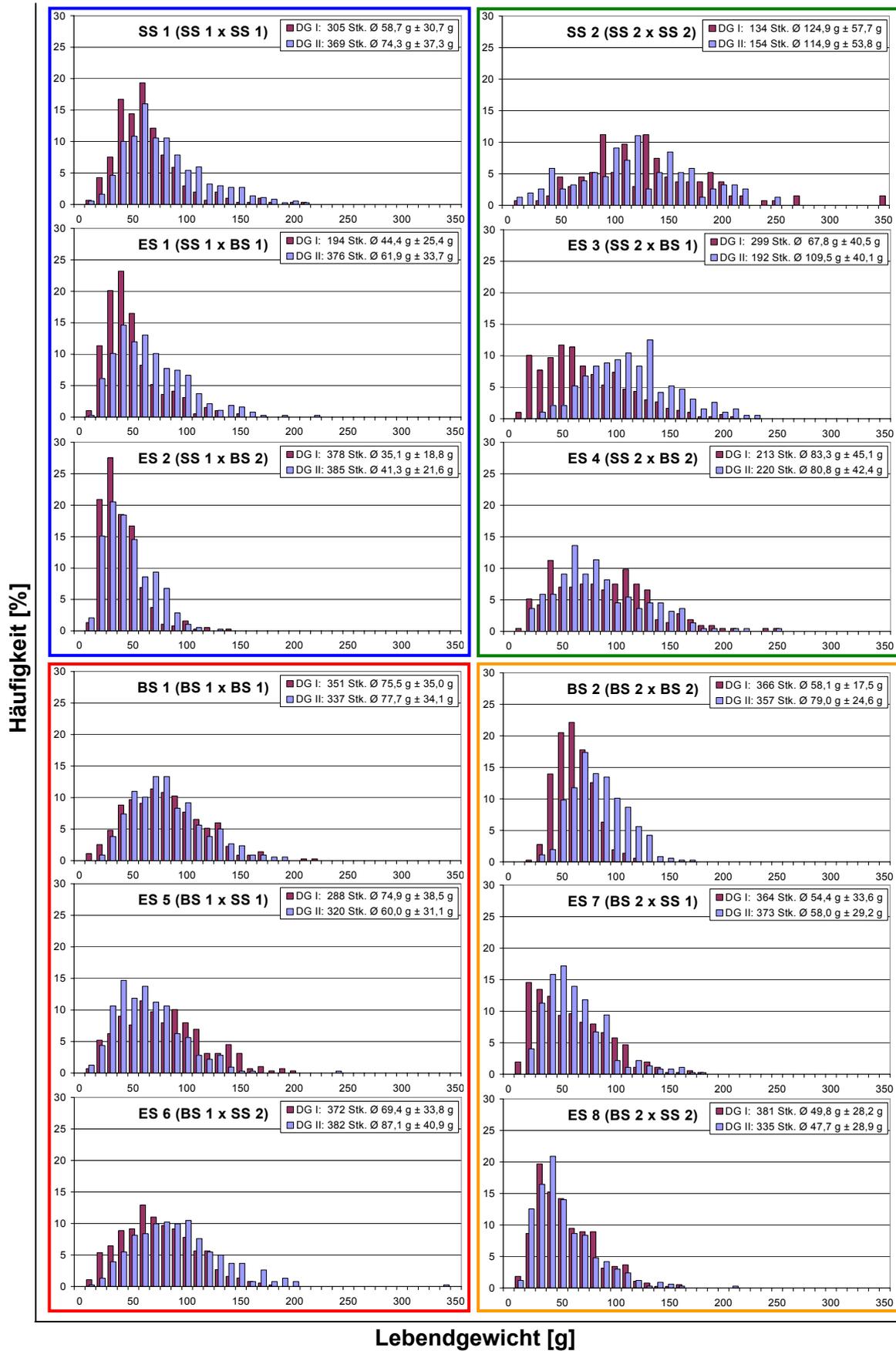
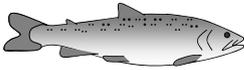


Abbildung 36: Lebendgewicht-Häufigkeitsverteilungen der Saiblingssetzlinge zu Beginn der Speisefischaufzucht in Durchgang I (■) und II (□)

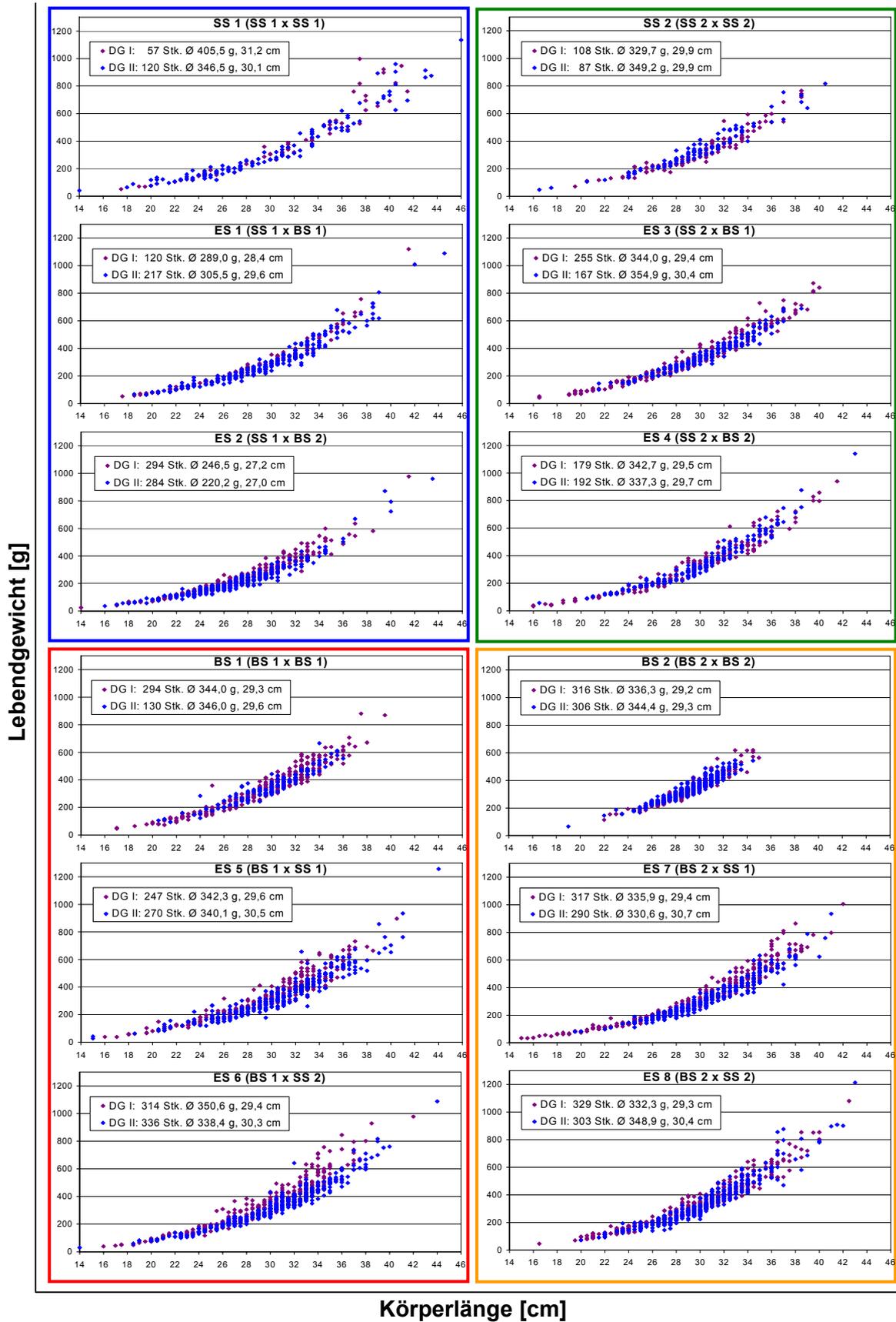
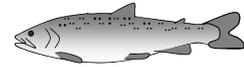


Abbildung 37: Längen-Gewichts-Verhältnisse der Saiblinge in Speisefischgröße, jeweils am Ende der Aufzucht in Durchgang I (■) und II (■)

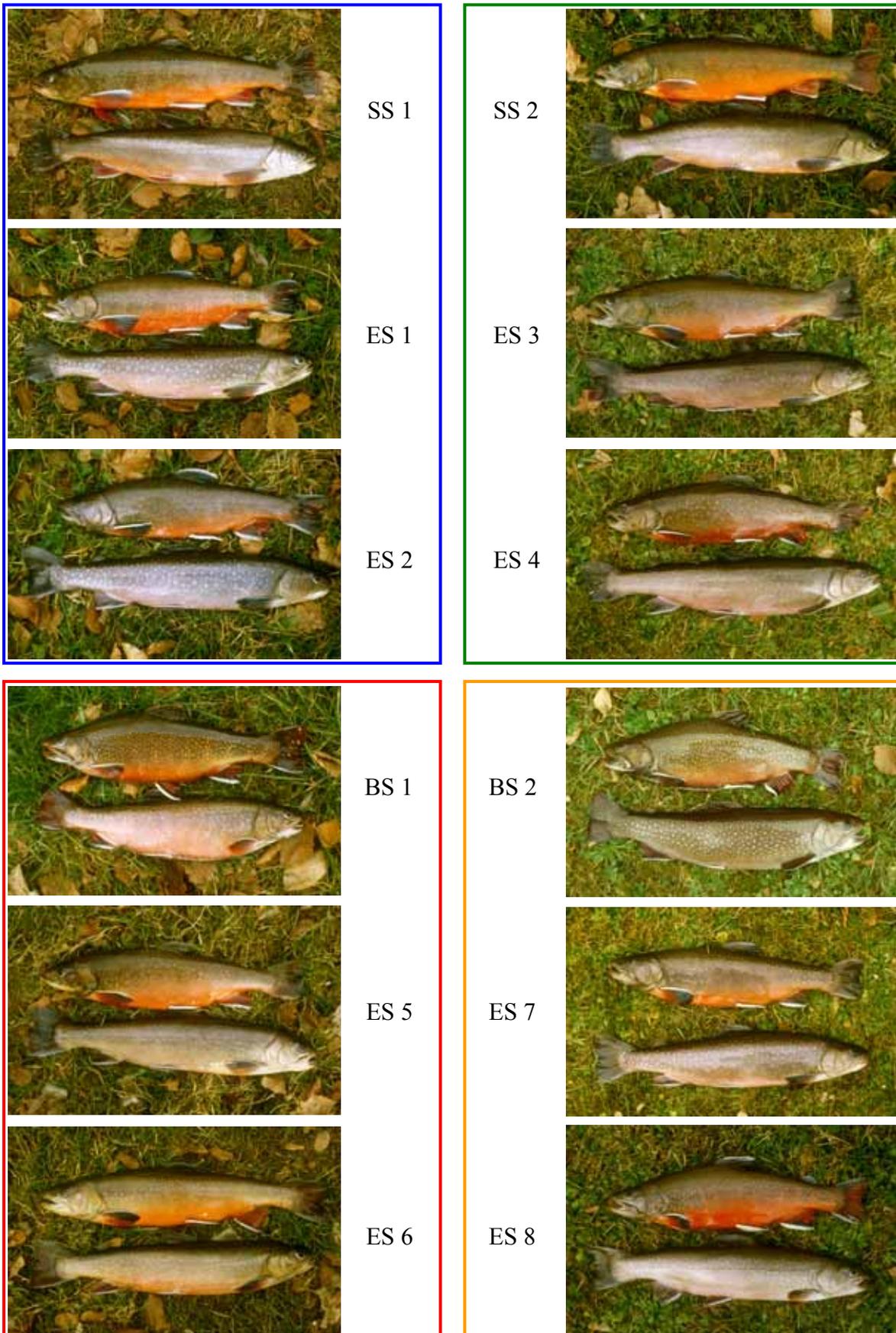
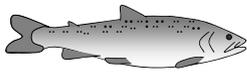
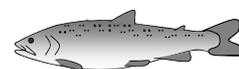


Abbildung 38: Zwei ausgewählte Saiblinge (jeweils oben: Milchner ♂, unten: Rogner ♀) je Kreuzungsvariante, in mittlerer Körpergröße



4.4.2 Spezifische Wachstumsrate

Aussagekräftige Beurteilungen über die Wachstumsleistung sind mit der Aufzuchtdauer bis zum Erreichen der Speisefischgröße und mit der Spezifischen Wachstumsrate (SGR) möglich. Tabelle 26 gibt für die zwölf verschiedenen Kreuzungsvarianten einen Überblick über diese Werte. Die SGR wird dabei für die Setzlings- und Speisefischaufzucht sowie beide Perioden zusammen angegeben.

Im Durchschnitt benötigten die Saiblinge 645 Tage ($\approx 21,2$ Monate) ab Schlupf bzw. 503 Tage ($\approx 16,5$ Monate) ab vorgestrecktem Fisch bis das Schlachtgewicht (330 – 350 g) erreicht wurde. Die kürzeste Aufzuchtdauer hatten Nachkommen der SS 2-Rogner (SS 2, ES 3 und ES 4) mit 537 – 584 Tagen ab Schlupf bzw. 396 – 444 Tagen ab vorgestrecktem Fisch. Gegenüber den Nachkommen der SS 1-Rogner (SS 1, ES 1 und ES 2) war die Zeit vom Schlupf der Larven bis Erreichen der Speisefischgröße um 150 – 200 Tage bzw. 19 – 27 % verkürzt. Hierbei ist weiterhin zu beachten, dass die Kreuzungsvarianten ES 1 und ES 2 nach dieser Zeit das durchschnittliche Schlachtgewicht noch nicht einmal erreicht hatten. Nachkommen der mütterlichen Herkunft BS 1 (BS 1, ES 5 und ES 6) sowie reine BS 2-Nachkommen, lagen mit einer Aufzuchtdauer von zirka 20 Monaten (592 – 628 Tage) ab Schlupf dazwischen. Die Kreuzungstiere der Gruppen ES 7 und ES 8 benötigten gegenüber diesen Tieren etwa drei Monate mehr Zeit (699 – 701 Tage).

Eine kurze Aufzuchtdauer wird durch ein schnelles Wachstum erreicht. Dies macht sich in einer hohen Spezifischen Wachstumsrate bemerkbar. Die durchschnittliche SGR lag in der Setzlingsperiode bei 1,80 %/Tag, während der Speisefischaufzucht bei 0,64 %/Tag und in beiden Perioden zusammen bei 1,18 %/Tag. Das heißt, im Schnitt nahmen die Fische in der gesamten Aufzuchtphase täglich 1,18 % ihres Körpergewichts zu. Der tägliche Zuwachs schwankte über eine Breite von 0,98 %/Tag bei ES 2 bis 1,37 %/Tag bei BS 2. Die Kreuzungsvarianten SS 2, ES 3, ES 4, BS 1, ES 6 und BS 2 waren in der zusammengefassten Setzlings- und Speisefischperiode mit Werten zwischen 1,23 und 1,37 %/Tag gegenüber den Gruppen SS 1, ES 1, ES 2, ES 7 und ES 8 (0,98 – 1,08 %/Tag) signifikant im Vorteil.

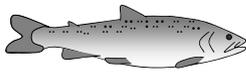


Tabelle 26: Aufzucht-dauer [Tage] und Spezifische Wachstumsrate (SGR) [%/Tag]

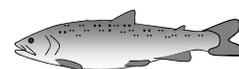
Eltern		Kreuzungsvariante	Aufzucht-dauer		Spezifische Wachstumsrate (SGR)		
Mutter	Vater		Schlupf bis Speisefisch	Vorge-streckter Fisch	Setzlings-aufzucht	Speisefisch-aufzucht	Setzlings- u. Speisefisch-aufzucht zusammen
♀	♂						
					n = 4 (3*)	n = 2	n = 2
SS1	SS1	SS1	725	584	1,88 ^b ± 0,02	0,51 ^d ± 0,04	1,04 ^{de} ± 0,04
	BS1	ES1	733 + x	591 + x	1,84 ^{bc} ± 0,03*	0,50 ^d ± 0,04	1,02 ^e ± 0,04
	BS2	ES2	733 + x	591 + x	1,72 ^d ± 0,02	0,52 ^d ± 0,04	0,98 ^e ± 0,04
SS2	SS2	SS2	537	396	1,77 ^{cd} ± 0,03*	0,69 ^{abc} ± 0,04	1,35 ^{ab} ± 0,04
	BS1	ES3	581	441	1,73 ^d ± 0,02	0,75 ^a ± 0,04	1,28 ^{abc} ± 0,04
	BS2	ES4	584	444	1,64 ^e ± 0,02	0,75 ^{ab} ± 0,04	1,23 ^{bc} ± 0,04
BS1	BS1	BS1	611	468	1,87 ^b ± 0,02	0,67 ^{abc} ± 0,04	1,25 ^{abc} ± 0,04
	SS1	ES5	628	486	1,75 ^d ± 0,02	0,66 ^{abc} ± 0,04	1,16 ^{cd} ± 0,04
	SS2	ES6	592	451	1,91 ^b ± 0,02	0,71 ^{ab} ± 0,04	1,30 ^{ab} ± 0,04
BS2	BS2	BS2	611	468	2,04 ^a ± 0,02	0,74 ^{ab} ± 0,04	1,37 ^a ± 0,04
	SS1	ES7	699	557	1,77 ^{cd} ± 0,02	0,58 ^{cd} ± 0,04	1,06 ^{de} ± 0,04
	SS2	ES8	701	559	1,76 ^d ± 0,02	0,62 ^{bcd} ± 0,04	1,08 ^{de} ± 0,04
Durchschnitt			645	503	1,80 ± 0,07	0,64 ± 0,07	1,18 ± 0,10

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen in Rundstrombecken, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, p ≤ 0,05)

Tabelle 27: Heterosiseffekte im Merkmal Spezifische Wachstumsrate [%/Tag] über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht (Differenz Kreuzungen - Reinzuchten)

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Heterosis
ES 1 und ES 5	gegenüber	SS 1 und BS 1	- 0,05 ± 0,04
ES 2 und ES 7	gegenüber	SS 1 und BS 2	- 0,18** ± 0,04
ES 3 und ES 6	gegenüber	SS 2 und BS 1	- 0,01 ± 0,04
ES 4 und ES 8	gegenüber	SS 2 und BS 2	- 0,20** ± 0,04
Alle ES	gegenüber	allen SS und BS	- 0,11** ± 0,02

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, p ≤ 0,05), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, p ≤ 0,01)



Auffällig waren durchwegs negative Heterosiseffekte, die in zwei von vier Fällen hochsignifikant (**) abgesichert werden konnten (Tabelle 27). Im Mittel waren Reinzuchttiere, und hier vor allem reine Bachsaiblinge, in diesem Merkmal gegenüber den Hybriden überlegen.

4.4.3 Futterverwertung

Die Futterverwertung (FQ) errechnet sich aus der Division von Futterverbrauch durch Fischzuwachs. Je geringer der Futterquotient, desto besser wird Futter verwertet. In Tabelle 28 sind die errechneten FQ für die zwölf Kreuzungsvarianten in der Setzlings- und Speisefischaufzucht sowie über beide Perioden zusammen dargestellt. In der Setzlingsperiode wurde ein durchschnittlicher FQ von 0,96 und während der Speisefischaufzucht ein FQ von 1,00 erreicht. Je größer die Fische, desto höher die absoluten täglichen Futtergaben. Der Futterquotient gegen Ende der Aufzucht hat deshalb eine höhere Gewichtung. Durchschnittlich wurde über beide Perioden ein FQ von 0,99 errechnet. Um 1.000 g Fischzuwachs zu erreichen waren demnach 990 g Futter notwendig. Im besten Fall (BS 2) mussten für ein kg Zuwachs nur 860 g, im schlechtesten Fall (ES 2) dagegen 1.170 g Futter aufgewendet werden.

Höchste Wachstumsraten bedeuten nicht zwangsläufig auch beste Werte bei der Futterverwertung. Je nach Fütterungstechnik oder -intensität können diese beiden Merkmale gegenläufig sein. Im vorliegenden Versuch ergibt sich jedoch auch bezüglich des FQ eine ähnliche Reihung wie für die Spezifische Wachstumsrate (Tabelle 26) beschrieben. Reine Nachkommen von Bachsaiblingen hatten einen signifikant um 0,08 niedrigeren, und damit besseren, Futterquotienten als Elsässer Saiblinge und diese wiederum einen um den Wert 0,06 besseren FQ als reine Seesaiblinge. Die Heterosiseffekte waren in diesem Merkmal nicht eindeutig positiv oder negativ. Es konnte keine Signifikanz festgestellt werden (Tabelle 29).

In Durchgang I war der durchschnittliche Futterquotient signifikant um den Wert 0,14 besser. Da die Spezifische Wachstumsrate in beiden Durchgängen ähnlich war, kann dies nur auf höhere Futterverluste bei höheren täglichen Futtergaben in Durchgang II zurückgeführt werden. Das bedeutet, dass in Durchgang I gezielter am Bedarf gefüttert bzw. im zweiten Durchgang die Sättigungsgrenze der Fische häufiger überschritten wurde.



Tabelle 28: Futterverwertung (FQ)

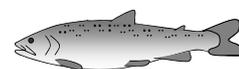
Eltern		Kreuzungsvarianten	Futterverwertung (FQ)		
Mutter	Vater		Setzlingsaufzucht	Speisefischaufzucht	Setzlings- und Speisefischaufzucht zusammen
♀	♂				
			n = 4 (3*)	n = 2	n = 2
SS1	SS1	SS1	0,94 ± 0,03	1,26^a ± 0,05	1,16^{ab} ± 0,04
	BS1	ES1	0,98 ± 0,04*	1,12 ^{abc} ± 0,05	1,09 ^{abc} ± 0,04
	BS2	ES2	1,06 ± 0,03	1,19 ^{ab} ± 0,05	1,17 ^a ± 0,04
SS2	SS2	SS2	0,93 ± 0,04*	0,97^{cdef} ± 0,05	0,95^{def} ± 0,04
	BS1	ES3	0,95 ± 0,03	0,85 ^f ± 0,05	0,88 ^f ± 0,04
	BS2	ES4	0,99 ± 0,03	0,88 ^{ef} ± 0,05	0,90 ^{ef} ± 0,04
BS1	BS1	BS1	0,99 ± 0,03	0,96^{cdef} ± 0,05	0,96^{cdef} ± 0,04
	SS1	ES5	0,92 ± 0,03	0,96 ^{cdef} ± 0,05	0,96 ^{def} ± 0,04
	SS2	ES6	0,89 ± 0,03	0,92 ^{def} ± 0,05	0,91 ^{ef} ± 0,04
BS2	BS2	BS2	0,87 ± 0,03	0,86^{ef} ± 0,05	0,86^f ± 0,04
	SS1	ES7	0,98 ± 0,03	1,05 ^{bcd} ± 0,05	1,04 ^{bcd} ± 0,04
	SS2	ES8	1,01 ± 0,03	1,02 ^{cde} ± 0,05	1,02 ^{bcde} ± 0,04
Durchschnitt			0,96 ± 0,04	1,00 ± 0,12	0,99 ± 0,09

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der Wiederholungen in Rundstrombecken, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)

Tabelle 29: Heterosiseffekte im Merkmal Futterverwertung über die gesamte Setzlings- und Speisefischaufzucht (Differenz Kreuzungen – Reinzuchten)

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Heterosis
ES	gegenüber	SS	- 0,06 ± 0,03
ES	gegenüber	BS	+ 0,08* ± 0,03
ES	gegenüber	SS und BS	+ 0,01 ± 0,02

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)



4.5 Schlachtkörper- und Fleischqualität

Wenn die Fische einer Kreuzungsvariante ein Durchschnittsgewicht zwischen 330 und 350 g erreichten, wurden pro Durchgang jeweils 20 Saiblinge (40 Fische pro Kreuzungsvariante) geschlachtet. Von insgesamt 480 Saiblingen konnten bei acht sterilen Fischen keine Gonaden festgestellt und somit kein Geschlecht ermittelt werden. Vier Zwitter (s. Abbildung 39) wiesen zugleich Rogen und Hoden auf und konnten somit keinem Geschlecht zugeordnet werden. Diese zwölf Fische (SS 2: 1 Steriler / 1 Zwitter, ES 3: 3 / 0, ES 4: 3 / 1 und ES 6: 1 / 2) wurden aus der statistischen Auswertung herausgenommen. Insgesamt wurden Daten von 468 Saiblingen erhoben und ausgewertet.

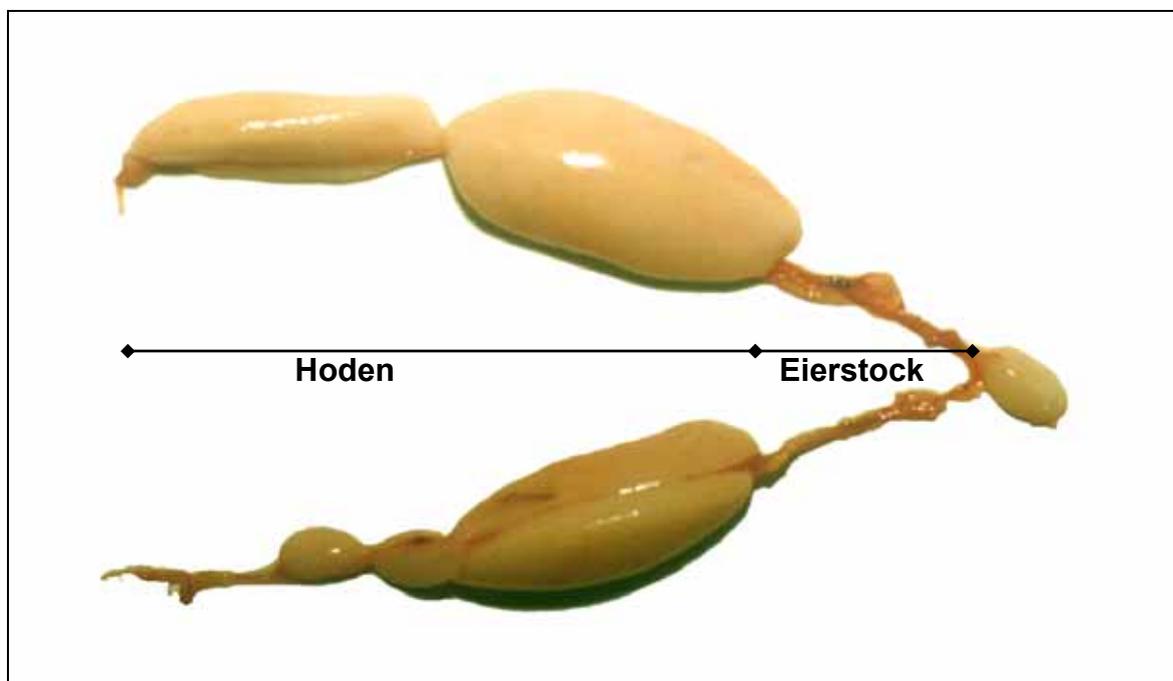


Abbildung 39: Gonaden eines Zwitter (aus der Kreuzungsvariante ES 6)

4.5.1 Schlachtkörpermaße

Die ausgewählten Saiblinge wurden betäubt, getötet, fotografiert (Fotos von jeweils fünf Saiblingen in Abbildung 40), einzeln gewogen und vermessen. Aus dem Verhältnis von Körperlänge zu Lebendgewicht wurde mit der Formel $k = LG \times 100 / GL^3$ der Korpulenzfaktor k berechnet (Tabelle 30).

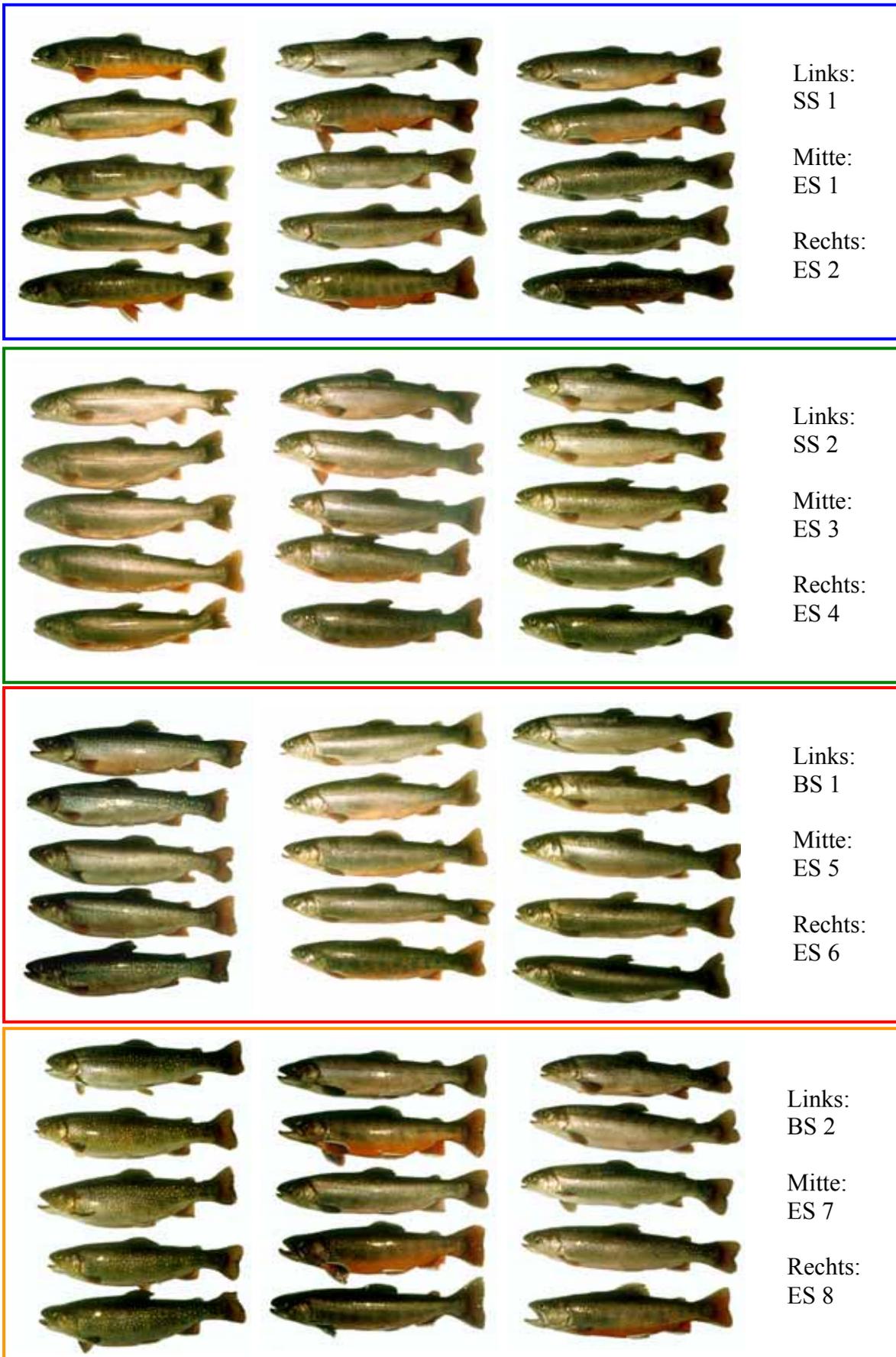
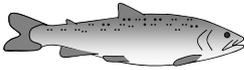


Abbildung 40: Jeweils fünf ausgewählte Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten bei der Schlachtung

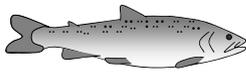


Es gab zum Teil erhebliche Unterschiede bei den Schlachtkörpermaßen. Bei reinen Bachsaiblingen (BS 1 und BS 2) wurde, bei vergleichbarem Lebendgewicht, die kürzeste Körperlänge, die geringste Kopflänge, aber die größte Körperhöhe festgestellt. Die kompakte, hochrückige Körperform der Bachsaiblinge wird durch einen hohen Korpulenzfaktor (k) ausgedrückt. Der k-Faktor von 1,24 bzw. 1,25 war mit Abstand (signifikant) am höchsten. Nachkommen der weiblichen SS 2-Fische (SS 2, ES 3 und ES 4) lagen mit einem k-Faktor von 1,13 – 1,16 vor allen anderen Elsässer Saiblingen. Nachkommen der mütterlichen SS 1-Seite (SS 1, ES 1 und ES 2) wiesen einen deutlich längeren und schlankeren Körperbau auf. Der k-Faktor war bei diesen Fischen mit 0,96 – 1,00 signifikant am geringsten (Tabelle 30).

Tabelle 30: Schlachtkörpermaße [g, cm, g/cm³]

Eltern		Kreuzung sva- riante	An- zahl n	Lebend- gewicht LG [g]	Körper- länge GL [cm]	Kopf- länge KL [cm]	Körper- höhe H [cm]	Korpulenz- faktor k [g/cm ³]
Mutter ♀	Vater ♂							
SS1	SS1	SS1	40	339 ± 5	32,8 ± 0,2	5,5 ± 0,1	6,0 ± 0,1	0,96^f ± 0,01
	BS1	ES1	40	336 ± 5	32,4 ± 0,2	5,8 ± 0,1	6,3 ± 0,1	0,99 ^e ± 0,01
	BS2	ES2	40	337 ± 5	32,3 ± 0,2	5,8 ± 0,1	6,3 ± 0,1	1,00 ^e ± 0,01
SS2	SS2	SS2	38	343 ± 5	31,1 ± 0,2	5,3 ± 0,1	6,4 ± 0,1	1,14^b ± 0,01
	BS1	ES3	37	339 ± 5	31,0 ± 0,2	5,4 ± 0,1	6,4 ± 0,1	1,13 ^b ± 0,01
	BS2	ES4	36	338 ± 5	30,9 ± 0,2	5,5 ± 0,1	6,5 ± 0,1	1,16 ^b ± 0,01
BS1	BS1	BS1	40	339 ± 5	30,2 ± 0,2	5,3 ± 0,1	6,6 ± 0,1	1,24^a ± 0,01
	SS1	ES5	40	341 ± 5	31,6 ± 0,2	5,7 ± 0,1	6,3 ± 0,1	1,09 ^c ± 0,01
	SS2	ES6	37	336 ± 5	31,4 ± 0,2	5,6 ± 0,1	6,2 ± 0,1	1,09 ^c ± 0,01
BS2	BS2	BS2	40	347 ± 5	30,3 ± 0,2	5,0 ± 0,1	6,9 ± 0,1	1,25^a ± 0,01
	SS1	ES7	40	338 ± 5	31,9 ± 0,2	5,8 ± 0,1	6,4 ± 0,1	1,04 ^d ± 0,01
	SS2	ES8	40	340 ± 5	31,6 ± 0,2	5,5 ± 0,1	6,4 ± 0,1	1,07 ^{cd} ± 0,01
Rogner ♀			235	338 ± 2	31,5 ± 0,1	5,3* ± 0,0	6,2* ± 0,0	1,09* ± 0,01
Milchner ♂			233	341 ± 2	31,4 ± 0,1	5,8 ± 0,0	6,5 ± 0,0	1,11 ± 0,01
Durchschnitt			468	340 ± 1	31,5 ± 0,1	5,5 ± 0,0	6,4 ± 0,0	1,10 ± 0,01

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der geschlachteten Fische, LG: Lebendgewicht, GL: Körperlänge, KL: Kopflänge, H: Körperhöhe, k: Korpulenzfaktor ($k = LG \times 100 / GL^3$), Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$), *: Werte der weiblichen Fische unterscheiden sich signifikant von den männlichen Fischen (LSD-Test, $p \leq 0,05$)



Zum Teil sehr deutliche Unterschiede gab es auch zwischen den Schlachtkörpermaßen der beiden Geschlechter. Bei gleichem Schlachtgewicht und vergleichbarer Körperlänge waren die Milchner aller Kreuzungsvarianten signifikant korpulenter, da hochrückiger und wiesen einen deutlich größeren Kopf auf. Signifikante Unterschiede zwischen Werten von Rognern und Milchnern werden mit Sternchen (*) symbolisiert.

Die Elsässer Saiblinge (Durchschnitt über ES 1 bis ES 8) waren im Vergleich mit reinen Seesaiblingen (SS 1 und SS 2) signifikant kürzer, höher, korpulenter und hatten einen größeren Kopf (Tabelle 31). Im Vergleich mit reinen Bachsaiblingen (BS 1 und BS 2) waren die Elsässer Saiblinge länger, weniger hochrückig und weniger korpulent. Die Kopflänge war bei den Bachsaiblingen am geringsten. Die Unterschiede in den morphometrischen Merkmalen waren allesamt hochsignifikant.

Tabelle 31: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Schlachtkörpermaße [cm, g/cm³]

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Differenz			
			L [cm]	KL [cm]	H [cm]	k [g/cm ³]
ES	gegenüber	SS	- 0,3* ± 0,1	+ 0,2** ± 0,0	+ 0,1** ± 0,0	+ 0,03* ± 0,01
ES	gegenüber	BS	+ 1,4** ± 0,1	+ 0,4** ± 0,0	- 0,4** ± 0,0	- 0,17** ± 0,01

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, L: Körperlänge, KL: Kopflänge, H: Körperhöhe, k: Korpulenzfaktor ($k = LG \times 100 / GL^3$), *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)

4.5.2 Ausschlachtungsergebnisse

Nach dem Töten wurden die Saiblinge in die drei Schlachtkörperteile Innereien (einschließlich Gonaden), Filets mit Haut und Restkörper (Kopf, Wirbelsäule, Rippen, Flossen und Kiemen) zerlegt. Die Filets der Fische aus Abbildung 40 wurden in gleicher Anordnung platziert und fotografiert (Abbildung 41).

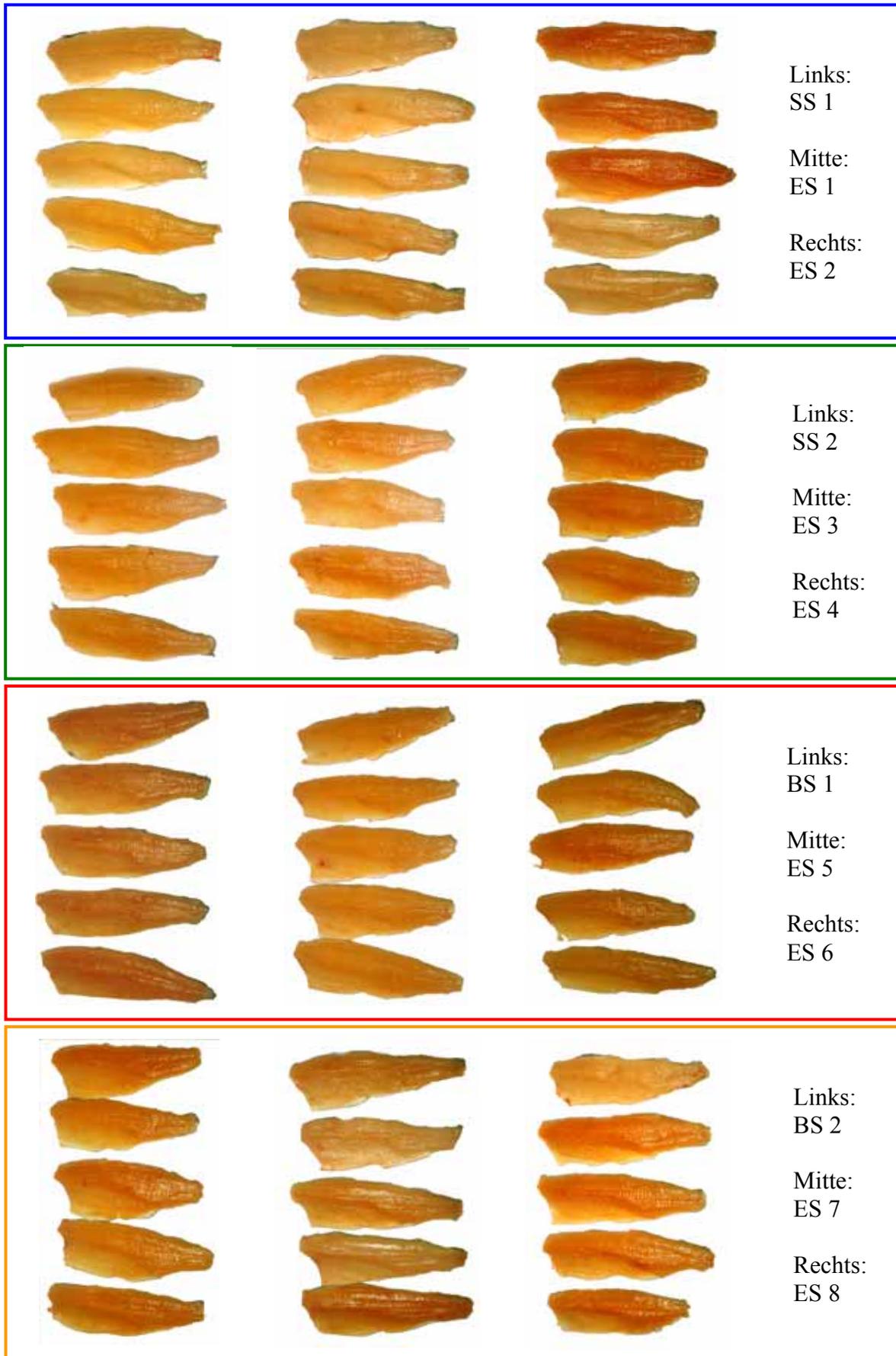
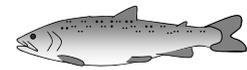
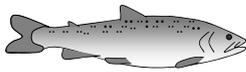


Abbildung 41: Filets von jeweils fünf ausgewählten Saiblingen (s. Abb. 40) der zwölf Kreuzungsvarianten



Im Durchschnitt aller Saiblinge wurden ein Filetanteil von 52,6 %, ein Innereienanteil von 11,1 % (davon 2,2 % Gonaden) und ein Restkörperanteil von 35,7 % ermittelt (Tabelle 32). Die Differenz der Summe dieser drei Schlachtkörperteile zum Lebendgewicht (= 100 %), der so genannte Schwund, in Höhe von 0,6 % entsteht beim Abwaschen von Schleim und Blut. Die Kreuzungsvarianten SS 1, SS 2, ES 3 und ES 4 wiesen mit 54,4 – 54,7 % die höchsten Filetanteile auf, was auf sehr geringe Restkörper- und Innereienanteile zurückzuführen war. Die Kreuzungsvariante ES 7 hatte dagegen nur einen Filetanteil von 49,7 %, aufgrund durchschnittlicher Innereien- (11,1 %) und sehr hoher Restkörperanteile (38,6 %). Ähnlich hohe Restkörperanteile (38,2 %) wies nur die Kreuzungsvariante ES 1 auf. Die höchsten Gonadenanteile wiesen Bachsaiblinge und die Nachkommen der weiblichen Bachsaiblinge mit Werten zwischen 2,0 und 3,4 % auf. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine frühere Geschlechtsreife dieser Fische. Weibliche Saiblinge hatten signifikant höhere Gonadosomatische Indices (3,0 %) und auch höhere Innereienanteile (12,4 %). Aufgrund signifikant geringerer Restkörperanteile (34,5 % zu 36,7 %) unterschieden sich die Filetanteile der Rogner (52,5 %) jedoch nicht von denen der Milchner (52,8 %). Signifikante Unterschiede zwischen Rognern und Milchnern werden in Tabelle 32 mit Sternchen (*) symbolisiert.

Seesaiblinge hatten im Vergleich zum Durchschnitt aller Elsässer Saiblinge die höchste und Bachsaiblinge die geringste Filetausbeute (Tabelle 33). Dies konnte hochsignifikant abgesichert werden. Elsässer Saiblinge hatten den mit Abstand (hochsignifikant) höchsten Restkörperanteil und höhere Innereienanteile als Seesaiblinge aber deutlich geringere Anteile an Innereien als Bachsaiblinge.

Zum Zeitpunkt der Schlachtung waren 75 % der Bachsaiblinge, 64 % der Elsässer Saiblinge aber nur 30 % der Seesaiblinge geschlechtsreif (Tabelle 34). Der Gonadenanteil gibt bereits einen Hinweis auf die Geschlechtsreife der Fische in den einzelnen Kreuzungsvarianten. Nur 5 % der SS 2-Saiblinge wiesen ausgebildete Gonaden auf, was mit einem Gonadosomatischen Index (GSI) von nur 0,2 % belegt wird. BS 2-Saiblinge waren dagegen zu 88 % geschlechtsreif mit einem GSI von 3,0 %. Weibliche Saiblinge waren mit 62 % etwas früher geschlechtsreif als Milchner mit 58 %. Rogner der BS 2-Gruppe waren sogar zu 100 % reif. Etwa zwei Drittel der Elsässer Saiblinge erreichte zum Schlachtzeitpunkt die Geschlechtsreife. Sie lagen damit intermediär zwischen den Elterntieren.

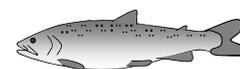


Tabelle 32: Schlachtkörperanteile [% des Lebendgewichts]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Filetausbeute (mit Haut)	Innereienanteil (mit Gonaden)	Gonadosomatischer Index	Restkörperanteil
Mutter	Vater						
♀	♂		n	F%	I%	GSI	RK%
SS1	SS1	SS1	40	54,6 ^a ± 0,5	9,1 ^f ± 0,4	2,5 ^{abc} ± 0,4	35,3 ^c ± 0,3
	BS1	ES1	40	51,7 ^{cd} ± 0,4	9,5 ^{ef} ± 0,4	2,0 ^{bcd} ± 0,4	38,2 ^a ± 0,3
	BS2	ES2	40	52,2 ^{bcd} ± 0,4	10,4 ^{de} ± 0,4	2,0 ^{cd} ± 0,4	37,0 ^b ± 0,3
SS2	SS2	SS2	38	54,6 ^a ± 0,5	9,4 ^{ef} ± 0,4	0,2 ^e ± 0,4	35,1 ^{cd} ± 0,3
	BS1	ES3	37	54,4 ^a ± 0,5	10,9 ^{cd} ± 0,4	1,3 ^d ± 0,4	34,3 ^{de} ± 0,3
	BS2	ES4	36	54,7 ^a ± 0,5	11,0 ^{cd} ± 0,4	1,0 ^{de} ± 0,4	33,8 ^e ± 0,3
BS1	BS1	BS1	40	51,8 ^{bcd} ± 0,5	13,6 ^a ± 0,4	2,5 ^{abc} ± 0,4	34,2 ^{de} ± 0,3
	SS1	ES5	40	52,7 ^{bc} ± 0,4	12,0 ^b ± 0,4	3,3 ^a ± 0,4	35,1 ^{cd} ± 0,3
	SS2	ES6	37	53,0 ^b ± 0,5	11,5 ^{bc} ± 0,4	2,0 ^{bcd} ± 0,4	35,2 ^{cd} ± 0,3
BS2	BS2	BS2	40	51,0 ^d ± 0,4	14,0 ^a ± 0,4	3,0 ^{abc} ± 0,4	34,4 ^{de} ± 0,3
	SS1	ES7	40	49,7 ^e ± 0,4	11,1 ^{bcd} ± 0,4	3,4 ^a ± 0,4	38,6 ^a ± 0,3
	SS2	ES8	40	51,8 ^{bcd} ± 0,4	11,4 ^{bc} ± 0,4	3,0 ^{ab} ± 0,4	36,3 ^b ± 0,3
Rogner ♀			235	52,5 ± 0,2	12,4* ± 0,1	3,0* ± 0,2	34,5* ± 0,1
Milchner ♂			233	52,8 ± 0,2	9,9 ± 0,1	1,4 ± 0,2	36,7 ± 0,1
Durchschnitt			468	52,6 ± 0,2	11,1 ± 0,1	2,2 ± 0,1	35,7 ± 0,1

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der geschlachteten Fische, Filetausbeute (mit Haut) F% = F×100/LG, Innereienanteil I% = I×100/LG, Gonadosomatischer Index GSI = Gd×100/LG, Restkörperanteil RK% = RK×100/LG, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, p ≤ 0,05), *: Werte der weiblichen Fische unterscheiden sich signifikant von den männlichen Fischen (LSD-Test, p ≤ 0,05)

Tabelle 33: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Schlachtkörperanteile [% des Lebendgewichts]

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Differenz			
			F%	I%	GSI	RK%
ES	gegenüber	SS	- 2,1** ± 0,4	+ 1,7** ± 0,3	+ 0,9** ± 0,3	+ 0,9** ± 0,3
ES	gegenüber	BS	+ 1,1** ± 0,4	- 2,9** ± 0,3	- 0,5 ± 0,3	+ 1,8** ± 0,3

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, Filetausbeute F% = F×100/LG, Innereienanteil I% = I×100/LG, Gonadosomatischer Index GSI = Gd×100/LG, Restkörperanteil RK% = RK×100/LG, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, p ≤ 0,05), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, p ≤ 0,01)

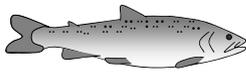


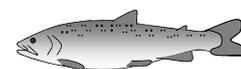
Tabelle 34: Anteil an geschlechtsreifen Saiblingen zum Zeitpunkt der Schlachtung [% der gesamten Fischanzahl]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl n	Geschlechtsreife	Geschlechtsreife	Geschlechtsreife
Mutter	Vater			Milchner	Rogner	insgesamt
♀	♂			♂	♀	♀♂
SS1	SS1	SS1	40	47,8	58,8	52,5
	BS1	ES1	40	52,6	57,1	55,0
	BS2	ES2	40	33,3	54,5	45,0
SS2	SS2	SS2	38	5,0	5,6	5,3
	BS1	ES3	37	77,8	52,6	64,9
	BS2	ES4	36	58,8	84,2	72,2
BS1	BS1	BS1	40	60,9	64,7	62,5
	SS1	ES5	40	80,0	65,0	72,5
	SS2	ES6	37	87,5	71,4	78,4
BS2	BS2	BS2	40	72,2	100,0	87,5
	SS1	ES7	40	85,7	68,4	77,5
	SS2	ES8	40	40,0	50,0	45,0
SS insgesamt			78	27,9	31,4	29,5
BS insgesamt			80	65,9	84,6	75,0
ES insgesamt			310	64,4	62,7	63,5
Durchschnitt			468	57,9	61,7	59,8

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der geschlachteten Fische

4.5.3 Fleischfarbe

Mit einem Fleischfarbmessgerät wurde die Oberflächenfarbe an drei Stellen des Rückenmuskels gemessen. Der gemessene Farbpunkt in einem dreidimensionalen L-a-b-Farbraum (Abbildung 14) mit den drei Koordinaten L (Helligkeit), a (Rot- oder Grünfärbung) und b (Gelb- oder Blaufärbung) beschreibt die Ausprägung der Fleischfärbung. Im Durchschnitt zeigten die 468 Filets eine Fleischhelligkeit von 42,1 Punkten, bei einer Rotfärbung von 6,7 und einer Gelbfärbung von 10,4 Punkten (Tabelle 35). Rogner hatten gegenüber Milchnern eine signifikant stärker ausgeprägte Gelbfärbung (10,7 gegenüber 10,1). In den beiden anderen Merkmalen unterschieden sich die Geschlechter nicht. Die Kreuzungsvarianten SS 1 und ES 1 wiesen das mit Abstand hellste (46,7 – 46,8) und am geringsten pigmentierte Filet (a-Faktor 3,3 – 4,3, b-Faktor 7,7 – 8,1) auf. BS 2-Tiere hatten den höchsten



Rotfaktor (10,9) und zusammen mit BS 1 den intensivsten Gelbwert (12,9 – 13,9). In den Ergebnissen ist zu berücksichtigen, dass die Gruppe SS 1 unter Beachtung der Futtermittelverwertung etwa 40 % mehr Astaxanthin, Fische der Gruppe ES 2 dagegen etwa 50 % weniger Carotinzusatz erhielten.

Tabelle 35: Fleischfarbe

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Helligkeit	Rotfärbung	Gelbfärbung
Mutter	Vater					
♀	♂		n	L	a	b
SS1	SS1	SS1	40	46,8 ^a ± 0,5	3,3 ^g ± 0,3	8,1 ^{fg} ± 0,4
	BS1	ES1	40	46,7 ^a ± 0,5	4,3 ^f ± 0,3	7,7 ^g ± 0,4
	BS2	ES2	40	42,9 ^c ± 0,5	6,2 ^d ± 0,3	9,8 ^{cde} ± 0,4
SS2	SS2	SS2	38	40,3 ^d ± 0,5	4,3 ^f ± 0,3	8,9 ^{ef} ± 0,4
	BS1	ES3	37	39,6 ^{de} ± 0,5	8,4 ^c ± 0,3	12,1 ^b ± 0,4
	BS2	ES4	36	38,3 ^e ± 0,5	9,4 ^{bc} ± 0,3	12,1 ^b ± 0,4
BS1	BS1	BS1	40	39,9 ^d ± 0,5	9,4 ^b ± 0,3	12,9 ^{ab} ± 0,4
	SS1	ES5	40	42,1 ^c ± 0,5	6,2 ^d ± 0,3	10,3 ^{cd} ± 0,4
	SS2	ES6	37	40,2 ^d ± 0,5	6,7 ^d ± 0,3	10,5 ^c ± 0,4
BS2	BS2	BS2	40	39,3 ^{de} ± 0,5	10,9 ^a ± 0,3	13,9 ^a ± 0,4
	SS1	ES7	40	45,0 ^b ± 0,5	5,2 ^e ± 0,3	8,8 ^{efg} ± 0,4
	SS2	ES8	40	43,4 ^c ± 0,5	6,3 ^d ± 0,3	9,3 ^{de} ± 0,4
Durchschnitt			468	42,1 ± 0,2	6,7 ± 0,2	10,4 ± 0,2

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)

Besonders deutlich ist eine starke Abhängigkeit der Fleischfärbung von der Abstammung der Fische erkennbar. Die hellsten und am wenigsten pigmentierten Filets waren bei Seesaiblingen zu beobachten (Tabelle 36). Bachsaiblinge wiesen die dunkelsten Filets mit den höchsten Rot- und Gelbwerten auf. Elsässer Saiblinge lagen in ihrer Farbausprägung dazwischen. Die Unterschiede aller Merkmale lassen sich hochsignifikant absichern.

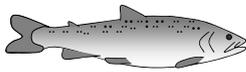


Tabelle 36: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Fleischfarbe

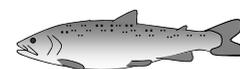
Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Differenz		
			Helligkeit L	Rotfärbung a	Gelbfärbung b
ES	gegenüber	SS	- 1,3** ± 0,4	+ 2,8** ± 0,3	+ 1,6** ± 0,3
ES	gegenüber	BS	+ 2,7** ± 0,4	- 3,5** ± 0,3	- 3,3** ± 0,3

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)

Vor allem während der Laichzeit kann die Fleischfarbe laichreifer Fische stark beeinflusst sein. Abbildung 42 zeigt die Filetfärbung zweier Saiblinge der Kreuzungsvariante ES 5. Während das Filet des juvenilen Fisches (oben) stark gefärbt ist, ist die Rot-/Gelbfärbung des Filets des geschlechtsreifen Fisches (unten) nur mäßig und dagegen die der Gonaden intensiv ausgeprägt.



Abbildung 42: Einfluss der Gonadenentwicklung auf die Filetfärbung zweier Elsässer Saiblinge (aus der Kreuzungsvariante ES 5)



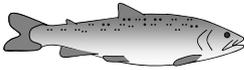
4.5.4 pH-Wert-Verlauf

Der pH-Wert wurde bei der Tötung (pH₀), drei Stunden post mortem (pH₃) und 24 Stunden nach der Tötung (pH₂₄) an drei definierten Stellen im Fischfilet gemessen. Es wurden bei keiner Kreuzungsvariante gravierende Abweichungen vom idealen Verlauf festgestellt. Dennoch konnten signifikante Unterschiede aufgezeigt werden (Tabelle 37). Relativ hohe pH-Werte und damit geringe Ansäuerungstendenzen zeigten die Kreuzungsvarianten SS 1 und ES 8. Durchgehend niedrige pH-Werte wurden bei den Kreuzungsvarianten ES 3 und BS 2 festgestellt. Starke Ansäuerungen um mehr als 1,0 pH-Punkte von einem sehr hohen auf ein niedriges pH-Wert-Niveau konnten bei ES 1 und ES 5 beobachtet werden. Nur geringe pH-Wert-Absenkungen um ca. 0,8 pH-Punkte wurden dagegen bei SS 2 und ES 6 gemessen. Die unterschiedlichen pH-Wert-Verläufe lassen keine Rückschlüsse auf Tendenzen der verschiedenen Fischarten zu.

Tabelle 37: pH-Wert-Verlauf

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl n	pH ₀ [0 Std. p. m.]	pH ₃ [3 Std. p. m.]	pH ₂₄ [24 Std. p. m.]
Mutter	Vater					
♀	♂					
SS1	SS1	SS1	40	7,43 ^{ab} ± 0,02	7,25 ^a ± 0,02	6,52 ^a ± 0,01
	BS1	ES1	40	7,45 ^a ± 0,02	7,10 ^b ± 0,02	6,42 ^{de} ± 0,01
	BS2	ES2	40	7,39 ^{bc} ± 0,02	7,09 ^b ± 0,02	6,44 ^{cde} ± 0,01
SS2	SS2	SS2	38	7,26 ^d ± 0,02	6,93 ^{def} ± 0,02	6,48 ^b ± 0,01
	BS1	ES3	37	7,27 ^d ± 0,02	6,92 ^{fg} ± 0,02	6,38 ^{fg} ± 0,01
	BS2	ES4	36 (*29)	7,36 ^c ± 0,02	7,04 ^{bc} ± 0,03*	6,42 ^{ef} ± 0,01
BS1	BS1	BS1	40	7,37 ^c ± 0,02	6,98 ^{cde} ± 0,02	6,42 ^e ± 0,01
	SS1	ES5	40	7,39 ^{bc} ± 0,02	6,86 ^g ± 0,02	6,37 ^g ± 0,01
	SS2	ES6	37	7,28 ^d ± 0,02	6,96 ^{def} ± 0,02	6,46 ^{bcd} ± 0,01
BS2	BS2	BS2	40	7,25 ^d ± 0,02	6,92 ^{ef} ± 0,02	6,45 ^{bcde} ± 0,01
	SS1	ES7	40	7,43 ^{ab} ± 0,02	6,99 ^{cd} ± 0,02	6,47 ^{bc} ± 0,01
	SS2	ES8	40	7,44 ^a ± 0,02	7,09 ^b ± 0,02	6,52 ^a ± 0,01
Durchschnitt			468 (*461)	7,36 ± 0,01	7,01 ± 0,01*	6,45 ± 0,00

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische, p. m.: post mortem (nach der Tötung), Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)



4.5.5 Fleischfestigkeit

Mit einem Fleischfestigkeitsmessgerät wurde die Scherkraft in Newton (N) gemessen, die aufgebracht werden muss, um enthäutete und gewürfelte Fleischstückchen zu zerteilen. Abbildung 43 zeigt die Festigkeitswerte, angeordnet um den Mittelwert aller Kreuzungsvarianten. Nachkommen der weiblichen SS 1-Seite (SS 1, ES 1 und ES 2) hatten erhöhte (165 – 174 N), Nachkommen der weiblichen SS 2-Seite (SS 2, ES 3 und ES 4) hatten niedrige Fleischfestigkeitswerte (129 – 148 N). Die Werte der Bachsaiblinge lagen um den Mittelwert in Höhe von 156,0 N. SS 1 und ES 2 wiesen mit 173,2 – 173,9 N die höchste, SS 2 die geringste Fleischfestigkeit (128,6 N) auf.

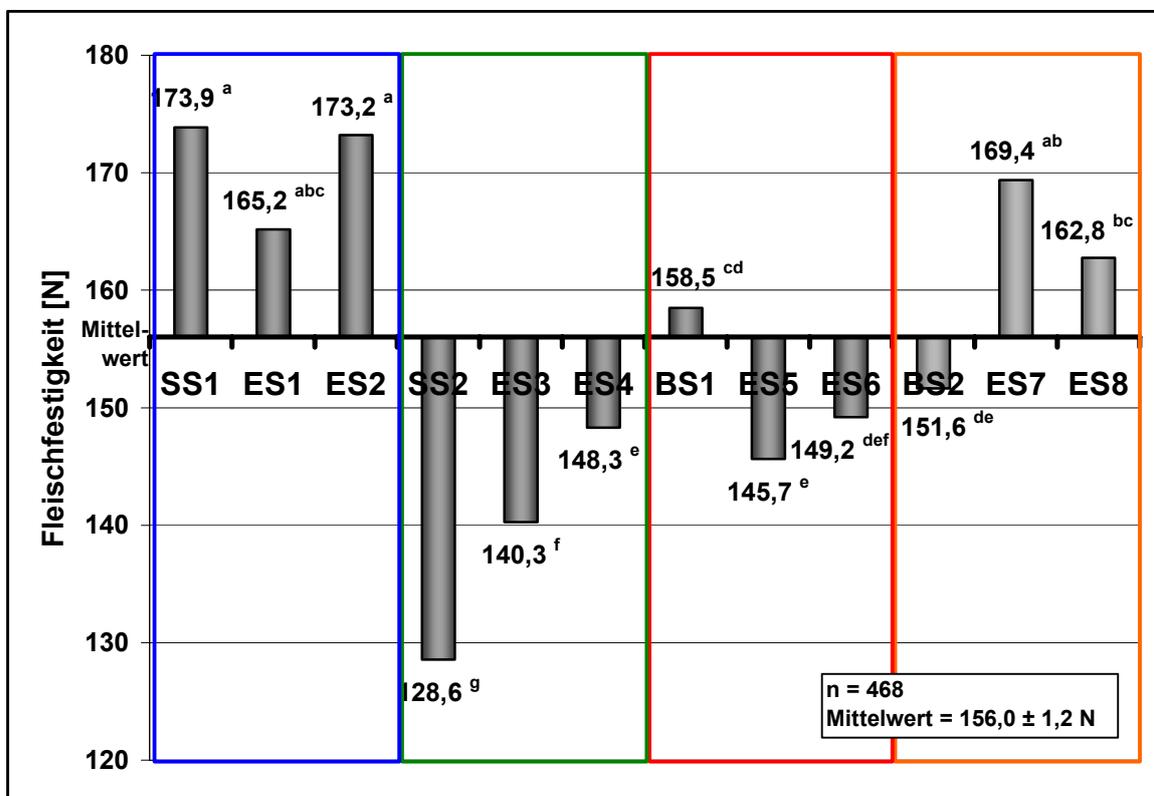


Abbildung 43: Fleischfestigkeit der Saiblingsfilets

4.5.6 Nährstoffanalyse

Die drei Schlachtkörperteile Filet, Innereien und Restkörper wurden getrennt in Weender-Analysen auf die Inhaltsstoffe Wasser, Rohprotein, Rohfett und Rohasche untersucht. Die Tabellen 38 bis 40 geben dieses umfangreiche Zahlenmaterial wieder.

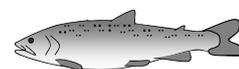


Tabelle 38: Zusammensetzung der Filets [% der Frischmasse]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Wasser	Rohprotein	Rohfett	Rohasche
Mutter	Vater						
♀	♂		n	%	%	%	%
SS1	SS1	SS1	40	71,4 ^{bc} ± 0,3	19,5 ^{def} ± 0,1	8,6 ^d ± 0,2	1,4 ± 0,0
	BS1	ES1	40	72,3 ^a ± 0,3	19,4 ^{ef} ± 0,1	7,4 ^{fg} ± 0,2	1,4 ± 0,0
	BS2	ES2	40	72,0 ^{ab} ± 0,3	19,6 ^{cde} ± 0,1	7,3 ^{fg} ± 0,2	1,4 ± 0,0
SS2	SS2	SS2	38	68,1 ^g ± 0,3	19,2 ^f ± 0,1	11,8 ^a ± 0,2	1,4 ± 0,0
	BS1	ES3	37	69,6 ^f ± 0,3	19,7 ^{bcd} ± 0,1	9,7 ^b ± 0,2	1,4 ± 0,0
	BS2	ES4	36	70,3 ^{ef} ± 0,3	19,7 ^{abc} ± 0,1	8,8 ^{cd} ± 0,2	1,4 ± 0,0
BS1	BS1	BS1	40	70,6 ^{de} ± 0,3	20,0 ^a ± 0,1	8,3 ^{de} ± 0,2	1,4 ± 0,0
	SS1	ES5	40	70,1 ^{ef} ± 0,3	19,9 ^{ab} ± 0,1	8,9 ^{cd} ± 0,2	1,4 ± 0,0
	SS2	ES6	37	70,3 ^{ef} ± 0,3	19,6 ^{bcde} ± 0,1	9,5 ^{bc} ± 0,2	1,5 ± 0,0
BS2	BS2	BS2	40	71,6 ^{bc} ± 0,3	20,0 ^a ± 0,1	7,3 ^{fg} ± 0,2	1,4 ± 0,0
	SS1	ES7	40	72,4 ^a ± 0,3	19,5 ^{cde} ± 0,1	7,1 ^g ± 0,2	1,3 ± 0,0
	SS2	ES8	40	71,2 ^{cd} ± 0,3	19,9 ^{ab} ± 0,1	7,9 ^{ef} ± 0,2	1,4 ± 0,0
Durchschnitt			468	70,8 ± 0,1	19,7 ± 0,0	8,5 ± 0,1	1,4 ± 0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$)

Tabelle 39: Zusammensetzung der Innereien [% der Frischmasse]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Wasser	Rohprotein	Rohfett	Rohasche
Mutter	Vater						
♀	♂		n	%	%	%	%
SS1	SS1	SS1	40	62,7 ± 1,3	12,8 ± 0,4	20,5 ± 1,6	1,2 ± 0,0
	BS1	ES1	40	58,3 ± 1,3	12,6 ± 0,4	25,8 ± 1,6	1,1 ± 0,0
	BS2	ES2	40	55,5 ± 1,3	12,2 ± 0,4	29,1 ± 1,6	1,1 ± 0,0
SS2	SS2	SS2	38	55,6 ± 1,3	12,0 ± 0,4	29,7 ± 1,7	1,0 ± 0,0
	BS1	ES3	37	50,7 ± 1,3	11,4 ± 0,4	35,7 ± 1,7	0,9 ± 0,0
	BS2	ES4	36	49,4 ± 1,3	11,2 ± 0,5	37,1 ± 1,7	1,0 ± 0,0
BS1	BS1	BS1	40	45,4 ± 1,3	11,3 ± 0,4	40,3 ± 1,6	1,0 ± 0,0
	SS1	ES5	40	52,2 ± 1,3	12,5 ± 0,4	32,4 ± 1,6	1,0 ± 0,0
	SS2	ES6	37	50,0 ± 1,3	12,0 ± 0,5	35,0 ± 1,7	1,0 ± 0,0
BS2	BS2	BS2	40	49,4 ± 1,3	12,0 ± 0,4	36,7 ± 1,6	1,0 ± 0,0
	SS1	ES7	40	54,6 ± 1,3	12,9 ± 0,4	29,1 ± 1,6	1,1 ± 0,0
	SS2	ES8	40	49,9 ± 1,3	12,3 ± 0,4	35,7 ± 1,6	0,9 ± 0,0
Durchschnitt			468	52,9 ± 0,5	12,1 ± 0,2	32,2 ± 0,6	1,0 ± 0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische

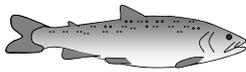


Tabelle 40: Zusammensetzung der Restkörper [% der Frischmasse]

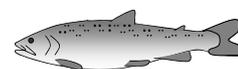
Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Wasser	Rohprotein	Rohfett	Rohasche
Mutter	Vater						
♀	♂		n	%	%	%	%
SS1	SS1	SS1	40	67,3 ± 0,2	14,9 ± 0,1	14,6 ± 0,3	3,6 ± 0,0
	BS1	ES1	40	68,0 ± 0,2	15,3 ± 0,1	13,3 ± 0,3	3,6 ± 0,0
	BS2	ES2	40	67,6 ± 0,2	15,6 ± 0,1	13,2 ± 0,3	3,7 ± 0,0
SS2	SS2	SS2	38	65,6 ± 0,2	14,4 ± 0,1	17,9 ± 0,3	3,4 ± 0,0
	BS1	ES3	37	65,2 ± 0,2	15,1 ± 0,1	16,3 ± 0,3	3,5 ± 0,0
	BS2	ES4	36	66,0 ± 0,3	15,3 ± 0,1	15,4 ± 0,3	3,6 ± 0,0
BS1	BS1	BS1	40	65,9 ± 0,2	15,1 ± 0,1	15,6 ± 0,3	3,5 ± 0,0
	SS1	ES5	40	65,4 ± 0,2	15,1 ± 0,1	16,2 ± 0,3	3,6 ± 0,0
	SS2	ES6	37	64,5 ± 0,3	14,9 ± 0,1	17,3 ± 0,3	3,5 ± 0,0
BS2	BS2	BS2	40	66,4 ± 0,2	15,5 ± 0,1	14,8 ± 0,3	3,6 ± 0,0
	SS1	ES7	40	67,3 ± 0,2	15,4 ± 0,1	13,8 ± 0,3	3,6 ± 0,0
	SS2	ES8	40	66,1 ± 0,2	15,5 ± 0,1	14,9 ± 0,3	3,6 ± 0,0
Durchschnitt			468	66,3 ± 0,1	15,2 ± 0,0	15,2 ± 0,1	3,6 ± 0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fische

Die höchsten Wasser- und Proteingehalte wurden im Filet festgestellt. Innereien wiesen den höchsten Fettgehalt auf. Im Restkörper wurde der höchste Rohascheanteil gemessen. Die für den Verbraucher wichtigsten Werte beziehen sich auf den essbaren Anteil, das Filet (Tabelle 38). Im Durchschnitt enthielt ein Saiblingsfilet (mit Haut) 70,8 % Wasser, 19,7 % Protein, 8,5 % Fett und 1,4 % Asche.

Der Proteingehalt lag in einem relativ engen Schwankungsbereich zwischen 19,2 % (SS 2) und 20,0 % (BS 1 und BS 2). Die Filets der Elsässer Saiblinge waren gegenüber Seesaiblingen eiweißreicher und gegenüber Bachsaiblingen eiweißärmer (Tabelle 41). Da die Werte innerhalb der Kreuzungsvarianten sehr einheitlich sind, konnten diese Unterschiede hochsignifikant abgesichert werden.

Bei Wasser- und Fettgehalten gab es größere Unterschiede zwischen den Kreuzungsvarianten. Der höchste Fett- (11,8 %) und geringste Wassergehalt (68,1 %) wurde in den Filets der SS 2-Fische gemessen. Die geringsten Fett- (7,1 – 7,4 %) und höchsten Wassergehalte (71,6 – 72,4 %) wiesen Filets der Kreuzungsvarianten BS 2, ES 1, ES 2 und ES 7 auf. Fi-



lets von Seesaiblingen hatten einen hochsignifikant höheren Rohfett- und geringeren Wassergehalt als Elsässer Saiblinge (Tabelle 41). Elsässer Saiblinge waren wiederum nachweislich fettreicher als Bachsaiblinge.

Tabelle 41: Vergleich aller Elsässer Saiblinge mit See-/Bachsaiblingen im Merkmal Nährstoffzusammensetzung der Filets [% der Frischmasse]

Kreuzungen	gegenüber	Reinzuchten	Differenz			
			Wasser	Rohprotein	Rohfett	Rohasche
ES	gegenüber	SS	+ 1,3** ± 0,2	+ 0,3** ± 0,1	- 1,8** ± 0,2	+ 0,0 ± 0,0
ES	gegenüber	BS	- 0,0 ± 0,2	- 0,4** ± 0,1	+ 0,5** ± 0,2	+ 0,0 ± 0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, *: Werte unterscheiden sich signifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,05$), **: Werte unterscheiden sich hochsignifikant von 0 (LSD-Test, $p \leq 0,01$)

Wie in Abbildung 44 zu sehen, gibt es eine enge negative Korrelation zwischen Wasser- und Fettgehalt. Je weniger Wasser, desto mehr Fett enthält der Körper eines Tieres. Der Wert von Wasser- plus Fettgehalt in den Saiblingsfilets der zwölf Kreuzungsvarianten lag im Durchschnitt stets zwischen 79 und 80 % der Frischmasse.

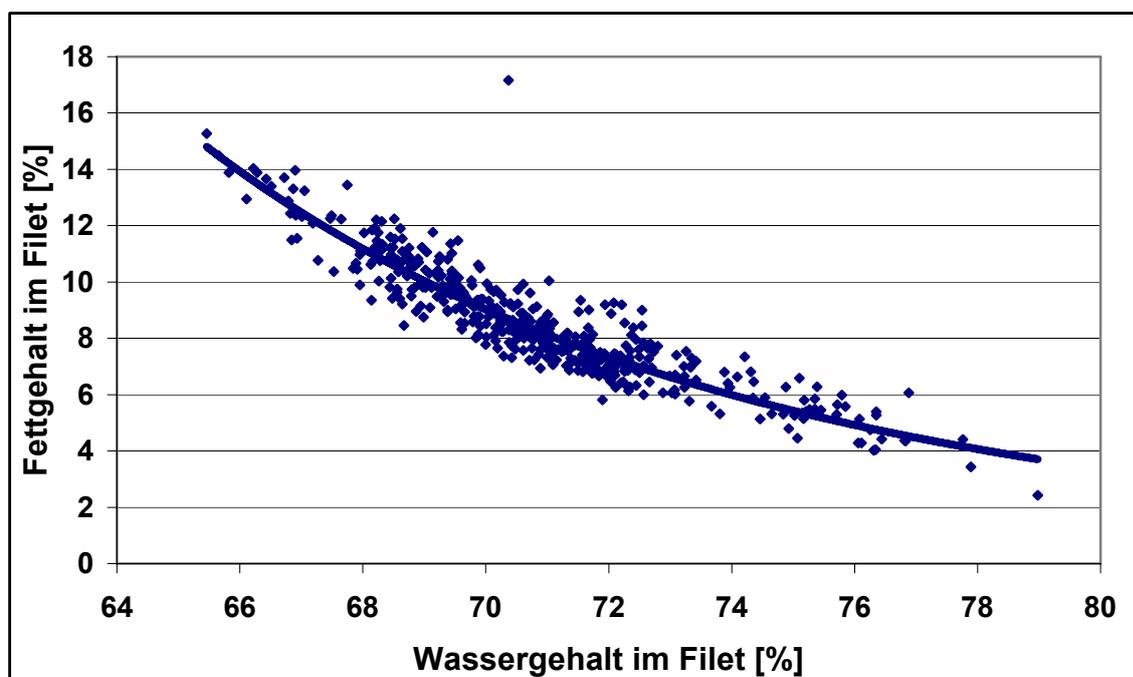
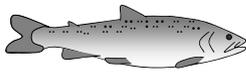


Abbildung 44: Korrelation von Wassergehalt und Fettgehalt im Filet der Saiblinge



Der Rohaschegehalt unterschied sich zwischen den verschiedenen Kreuzungsvarianten weder im Filet (durchschnittlich 1,4 %), noch in den Innereien (1,0 %) oder im Restkörper (3,6 %) deutlich.

4.5.7 Sensorische Merkmale

Jeweils nach Abschluss der Durchgänge I und II fanden vergleichende Sensoriktests für alle zwölf Saiblings-Kreuzungsvarianten plus jeweils einer Regenbogen- und Bachforellengruppe statt. Insgesamt wurden 72 Saiblinge, 6 Regenbogenforellen und 6 Bachforellen auf „Geruch“, „Geschmack“, „Festigkeit“, „Saftigkeit“ und „Farbe“ getestet. Bei einem Saibling (BS 2) wurden zugleich Rogen und Hoden festgestellt. Dieser Zwitter wurde aus der statistischen Auswertung herausgenommen. Jeder Fisch wurde von fünf Prüfern beurteilt. Somit kamen insgesamt $83 \times 5 = 415$ Proben in die Untersuchung. Die Beurteilungen der einzelnen Kriterien wurden zu einer Gesamtnote addiert, die die Fische mit 5 – 21 möglichen Punkten bewerten (Tabelle 42).

Sehr gute Bewertungen in nahezu allen sensorischen Kriterien erhielten die Kreuzungsvarianten ES 1 und BS 1 (17,4 – 17,6 Gesamtpunkte). Weniger gut schnitten dagegen die Gruppen ES 7, ES 5, SS 2 und SS 1 ab (16,5 – 16,7 Punkte). Die Ergebnisse der sensorischen Untersuchung geben für Elsässer Saiblinge kein klares Bild wieder. ES 1 erhielt in der Gesamtnote 1,1 Punkte mehr als ES 7. Die Bewertungen für Seesaiblinge waren unterdurchschnittlich, die für Bachsaiblinge eher überdurchschnittlich. Wie in Abbildung 45 zu sehen ist, waren die Unterschiede nicht sehr groß. Während Regenbogenforellen (17,4 Punkte) von Saiblingen nicht zu unterscheiden waren, schnitten Bachforellen (16,5 Punkte) in ihrer Beurteilung ungünstiger ab und wurden gegenüber ES 1 signifikant schlechter benotet. Signifikante Unterschiede zwischen Rognern und Milchnern werden in Tabelle 42 mit Sternchen (*) symbolisiert. Die männlichen Fische (16,6 Punkte) aller drei Fischarten waren zwar saftiger, wurden aber sonst in allen anderen Merkmalen schlechter gegenüber den weiblichen Tieren (17,4 Punkte) bewertet. Eine Differenz von 0,8 Punkten in der Gesamtnote kann signifikant abgesichert werden.

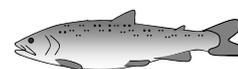


Tabelle 42: Sensorische Merkmale der Filets von Saiblingen, Regenbogenforellen und Bachforellen im gedämpften Zustand [Punkte]

Eltern		Kreuzungsvariante	Anzahl	Geruch (1 – 6)	Geschmack (1 – 6)	Festigkeit (1 – 3)	Saftigkeit (1 – 3)	Farbe (1 – 3)	Gesamtnote (5 – 21)
Mutter	Vater								
♀	♂	n	Standardfehler						
			± 0,1	± 0,2	± 0,1	± 0,1	± 0,1	± 0,3 (0,4*)	
SS1	SS1	SS1	30	5,2 ^{ab}	4,7 ^c	2,5 ^{bc}	2,3 ^{fg}	2,0 ^{bcd}	16,7 ^{bc}
	BS1	ES1	30	5,3 ^a	5,2 ^{ab}	2,4 ^{bc}	2,4 ^{efg}	2,4 ^{ab}	17,6 ^a
	BS2	ES2	30	4,8 ^c	4,7 ^c	2,7 ^a	2,2 ^g	2,4 ^a	16,8 ^{abc}
SS2	SS2	SS2	30	4,9 ^{bc}	4,8 ^{bc}	2,4 ^c	2,7 ^{ab}	1,8 ^d	16,6 ^{bc}
	BS1	ES3	30	5,0 ^{abc}	5,1 ^{abc}	2,5 ^{bc}	2,6 ^{abcde}	1,9 ^{cd}	17,1 ^{abc}
	BS2	ES4	30	4,9 ^{bc}	5,0 ^{abc}	2,4 ^{bc}	2,8 ^{ab}	2,1 ^{bc}	17,2 ^{abc}
BS1	BS1	BS1	30	5,0 ^{abc}	5,3 ^a	2,7 ^{ab}	2,4 ^{defg}	2,1 ^{bcd}	17,4 ^{ab}
	SS1	ES5	30	4,8 ^{bc}	4,8 ^c	2,5 ^{abc}	2,4 ^{cdef}	2,1 ^{abc}	16,6 ^{bc}
	SS2	ES6	30	5,0 ^{abc}	5,0 ^{abc}	2,5 ^{bc}	2,7 ^{abc}	1,9 ^{cd}	17,0 ^{abc}
BS2	BS2	BS2	25	5,0 ^{abc}	5,1 ^{abc}	2,5 ^{abc}	2,5 ^{bcdef}	2,2 ^{abc}	17,2 ^{abc*}
	SS1	ES7	30	4,9 ^{bc}	4,8 ^{bc}	2,7 ^{ab}	2,3 ^{fg}	1,9 ^{cd}	16,5 ^c
	SS2	ES8	30	5,3 ^a	4,7 ^c	2,4 ^{bc}	2,4 ^{efg}	2,1 ^{bc}	16,9 ^{abc}
Regenbogenforellen			30	5,1 ^{abc}	4,9 ^{abc}	2,4 ^{bc}	2,7 ^{abcd}	2,4 ^{ab}	17,4 ^{abc}
Bachforellen			30	4,7 ^c	4,8 ^{bc}	2,3 ^c	2,9 ^a	1,8 ^{cd}	16,5 ^{bc}
Rogner ♀			215	5,1* ± 0,1	5,0* ± 0,1	2,5 ± 0,0	2,4* ± 0,0	2,3* ± 0,0	17,4* ± 0,1
Milchner ♂			200	4,9 ± 0,1	4,8 ± 0,1	2,4 ± 0,0	2,6 ± 0,0	1,9 ± 0,0	16,6 ± 0,1
Durchschnitt			415	5,0 ± 0,0	4,9 ± 0,0	2,5 ± 0,0	2,5 ± 0,0	2,1 ± 0,0	17,0 ± 0,1

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, n: Anzahl der untersuchten Fischproben, Werte in Spalten mit gleichen Hochbuchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (LSD-Test, $p \leq 0,05$), *: Werte der weiblichen Fische unterscheiden sich signifikant von den männlichen Fischen (LSD-Test, $p \leq 0,05$)

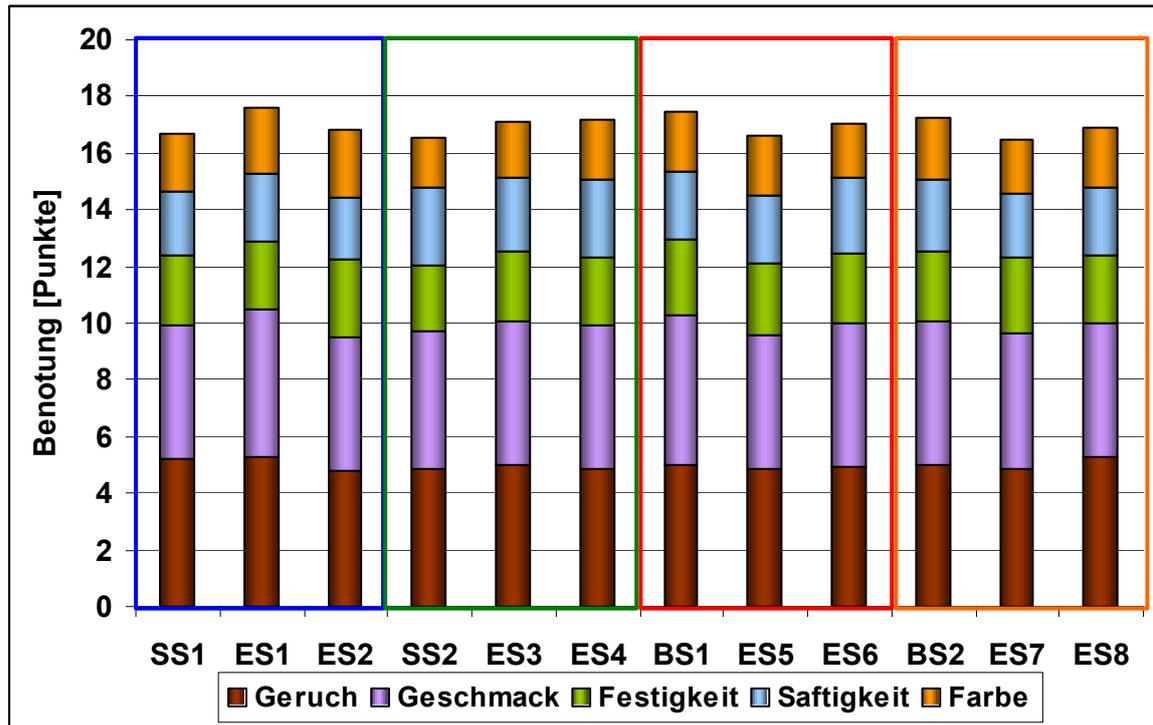
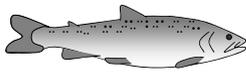


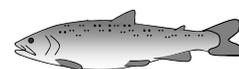
Abbildung 45: Sensorische Merkmale gedämpfter Saiblingsfilets

4.6 Fischkrankheiten

Die Infektionsversuche mit Erregern der Krankheiten Infektiöse Hämato-poetische Nekrose der Salmoniden (IHN), Virale Hämorrhagische Septikämie der Salmoniden (VHS) und Furunkulose (*Aeromonas salmonicida* s. s.) an Saiblingen und Regenbogenforellen fanden in der Aquarienanlage des Tiergesundheitsdienstes Bayern e. V., Fachabteilung Fischgesundheitsdienst (FGD) in Grub statt.

4.6.1 Infektion mit der Infektiösen Hämato-poetischen Nekrose der Salmoniden (IHN)

In der Kontrollgruppe mit je fünf Saiblingen der zwölf Kreuzungsvarianten (60 Saiblinge) und fünf Regenbogenforellen starben vor Versuchsbeginn ein Elsässer Saibling der Kreuzungsvariante ES 4 und zwei Wochen nach Versuchsbeginn ein Fisch der Gruppe SS 1. Zwei Saiblinge und zwei Regenbogenforellen fehlten nach Versuchsende. Es ist davon auszugehen, dass sie von größeren Saiblingen gefressen wurden. Alle anderen Fische



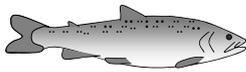
(56 Saiblinge und 3 Regenbogenforellen) überlebten sieben Versuchswochen, bis durch einen technischen Fehler das Zulaufwasser zu stark erwärmt wurde und die Tiere einen Hitzetod starben.

Das Versuchsbecken war mit 120 Saiblingen (je 10 Fische pro Kreuzungsvariante), 10 Regenbogenforellen und 13 mit IHN-Virus infizierte Regenbogenforellen besetzt. Nach elf Wochen wurde der Versuch beendet und virologische und serologische Untersuchungen durchgeführt. Zwei Elsässer Saiblinge der Kreuzungsvarianten ES 5 und ES 8 sprangen aus dem Aquarium und starben vor Versuchsbeginn. Bei zwei verendeten Saiblingen ließen fehlende Markierungen keine eindeutige Gruppenzuordnung zu. Zwei Regenbogenforellen fehlten und wurden vermutlich von den anderen Fischen gefressen. 16 Regenbogenforellen starben 1 bis 3 Wochen nach Versuchsbeginn. Bei zehn der verstorbenen Regenbogenforellen wurde IHNV durch Anzucht in der Zellkultur nachgewiesen (Tabelle 43). Eine Regenbogenforelle konnte wegen bereits fortgeschrittener Zersetzung (Autolyse) nicht getestet werden. Bei fünf gestorbenen und fünf überlebenden Regenbogenforellen konnte kein IHNV festgestellt werden. Trotz Flossenmarkierung waren die Überträgerfische von den Versuchs-Regenbogenforellen leider nicht zu unterscheiden. Ein gestorbener und die 116 überlebenden Saiblinge wurden virologisch untersucht. Bei keinem der Saiblinge wurde IHNV nachgewiesen.

Vier Kontrollfische (Regenbogenforellen) und 121 überlebende Versuchsfische (116 Saiblinge und 5 Regenbogenforellen) wurden serologisch untersucht. Die Seren wurden am Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit auf Antikörper gegen IHN getestet. Die Prüfung der Seren der vier Kontrollfische verlief negativ. In 27 von 116 Saiblingsseren und in einem der fünf Regenbogenforellenseran aus dem Versuch wurden Antikörper gegen IHNV gefunden (FICHTNER 2001). Eine Überprüfung der ELISA-Ergebnisse durch Serumneutralisationstests (SNT) wurde nicht durchgeführt. Die erhaltenen positiven Ergebnisse konnten daher nicht abgesichert werden.

4.6.2 Infektion mit der Viralen Hämorrhagischen Septikämie der Salmoniden (VHS)

In der Eingewöhnungsphase des VHS-Versuches wurde bei vielen Fischen eine Infektion mit Furunkulose-Erregern festgestellt, so dass der Beginn des VHS-Versuchs um acht Wo-

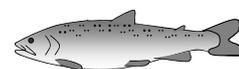


chen verschoben werden musste. 31 der 180 Saiblinge der Versuchs- und Kontrollgruppen verstarben in dieser Zeit. Gegen Ende der achtwöchigen Eingewöhnungsphase wurde das Antibiotikum Aciphen zur Bekämpfung der bakteriellen Erkrankung eingesetzt. 29 von 31 bis dahin gestorbenen Saiblinge wurden aus den Beständen am Institut für Fischerei ersetzt.

Eine Kontrollgruppe mit jeweils fünf Saiblingen der zwölf Kreuzungsvarianten und fünf Regenbogenforellen wurden in einem 200-l-Durchflussaquarium gehalten. 58 der 60 Saiblinge und vier der fünf Regenbogenforellen überlebten die zehnwöchige Kontrollphase.

Im Versuchsbecken wurden jeweils zehn Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten und zehn Regenbogenforellen mit 13 (= 10 % der Versuchsfische) mit VHS-Virus infizierten Regenbogenforellen zusammengebracht. Nach zehn Wochen wurde der Versuch beendet und die virologische Untersuchung, ähnlich wie beim IHN-Versuch, durchgeführt. Von den zwölf Saiblingen und fünf Regenbogenforellen (3 Überträger- und 2 Testfische), die im Versuch verstarben, wurden Organproben auf VHS-Viren geprüft. Bei den drei gestorbenen Überträgerfischen, einer Regenbogenforelle aus der Versuchsgruppe und einem Elsässer Saibling (ES 5) war der VHSV-Nachweis positiv (Tabelle 43). Zudem wiesen diese Fische das klinische und pathologische Bild der VHS auf. Aus einer verendeten Regenbogenforelle und elf Saiblingen (9 x SS 1, 1 x SS 2 und 1 x BS 1) wurde allerdings kein Virus isoliert.

Die überlebenden Kontrollfische (58 Saiblinge und 4 Regenbogenforellen) wurden am Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit auf Antikörper gegen VHS getestet. Fünf Seren aus jeweils einem Fisch der Gruppen BS 1, ES 1, ES 5, ES 7 und ES 8 reagierten positiv und wiesen einen recht hohen Antikörper-Titer von 1 : 400 und höher auf. Bei 14 verdächtig positiven Seren (1 x SS 1, 2 x SS 2, 1 x BS 1, 1 x BS 2, 2 x ES 2, 2 x ES 3, 2 x ES 4, 1 x ES 5, 1 x ES 7 und 1 x ES 8) befanden sich die Titer und Anfangsextitinktionen im Graubereich des ELISA, das heißt sie waren nicht eindeutig zuzuordnen. Alle Saiblinge aus der Kreuzungsvariante ES 6 und alle Regenbogenforellen waren frei von Antikörpern gegen VHS (BERGMANN 2001). Im Anschluss erfolgte ein Serumneutralisationstest (SNT) zur Überprüfung der ELISA-Ergebnisse. Hier waren wiederum alle Proben negativ. Die Ergebnisse der Serumuntersuchungen erwiesen sich daher als sehr unsicher. Auf ELISA-Untersuchungen der Versuchsfische wurde deshalb verzichtet.



4.6.3 Erkrankung an Furunkulose (Erreger *Aeromonas salmonicida* s. s.)

In der Vorbereitung des VHS-Versuches wurden in der Versuchsgruppe je zehn Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten sowie zehn Regenbogenforellen und als Kontrollgruppe je fünf Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten sowie fünf Regenbogenforellen gemeinsam gehalten. In der Eingewöhnungsphase wurde bei vielen Fischen eine Infektion mit der Furunkulose festgestellt, so dass der Beginn des VHS-Versuchs um acht Wochen verschoben werden musste. In dieser Zeit verstarben 31 der 180 Saiblinge der Versuchs- und Kontrollgruppen. Davon sprangen je ein Saibling der Gruppen ES 2 und ES 7 aus den Becken. An diesen beiden und zwei weiteren Fischen wurde eine unspezifische bakterielle Infektion mit ubiquitären *Aeromonaden* und *Pseudomonaden* festgestellt. Bei allen anderen 27 Saiblingen wurde *Aeromonas salmonicida* (A. s. s. s.) nachgewiesen. Im Einzelnen waren dies 14 SS 1, 4 SS 2, 1 BS 2, 1 ES 1, 6 ES 5 und ein Saibling, der aufgrund fehlender Markierungen keiner Kreuzungsvariante zugeordnet werden konnte.

Gegen Ende der achtwöchigen Eingewöhnungsphase wurde das Antibiotikum Aciphen zur Bekämpfung der bakteriellen Erkrankung eingesetzt. 29 gestorbene Saiblinge wurden aus den Beständen am Institut für Fischerei ersetzt. Im VHS-Versuch, der über zehn Wochen lief, wurden je zehn Saiblinge der zwölf Kreuzungsvarianten und zehn Regenbogenforellen mit 13 VHS-Überträgerfischen in einem Becken gehalten. Zwölf der 120 Saiblinge und fünf (3 Überträger- und 2 Testfische) der 23 Regenbogenforellen starben im Versuch. Zwei gestorbene Regenbogenforellen hatten einen unspezifischen und drei Regenbogenforellen sowie ein Elsässer Saibling (ES 5) hatten keinen Bakterienbefall. Bei elf gestorbenen Saiblingen (9 x SS 1, 1 x SS 2 und 1 x BS 1) wurde A. s. s. s. nachgewiesen.

Die mit Abstand höchsten Verluste waren in der Gruppe SS 1 zu verzeichnen. 23 der 29 SS 1-Tiere (79 %) erkrankten an Furunkulose und verstarben, daneben 5 von 20 SS 2-Saiblingen (25 %), je einer aus den Gruppen BS 1 (7 %), BS 2 (6 %) und ES 1 (6 %) sowie 6 von 21 Fischen der Gruppe ES 5 (29 %). Dagegen konnten bei keinem Elsässer Saibling der Kreuzungsvarianten ES 2, ES 3, ES 4, ES 6, ES 7 und ES 8 und bei keiner Regenbogenforelle A. s. s. s. nachgewiesen werden (Tabelle 43). Seesaiblinge hatten bezüglich der Erkrankung mit Furunkulose gegenüber Bachsaiblingen, Elsässer Saiblingen und vor allem gegenüber Regenbogenforellen deutliche Nachteile. Eine Doppelinfektion mit Furunkulose und VHS lag in keinem der Fälle vor.

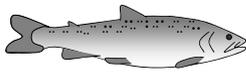
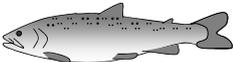
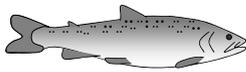


Tabelle 43: Virologischer Nachweis von Infektiöser Hämatoetischer Nekrose der Salmoniden (IHN) und Viraler Hämorrhagischer Septikämie der Salmoniden (VHS) sowie Bakteriologischer Nachweis von Furunkulose [Anzahl in Stk., %]

Eltern		Kreuzungs- varian- te	An- zahl n	IHN	An- zahl n	VHS	An- zahl n	Furunkulose	
Mutter	Vater			Stk.		Stk.		Stk.	Stk.
♀	♂								
SS1	SS1	SS1	10	0	10	0	29	23	79,3
	BS1	ES1	10	0	10	0	16	1	6,3
	BS2	ES2	10	0	10	0	17	0	0,0
SS2	SS2	SS2	10	0	10	0	20	5	25,0
	BS1	ES3	10	0	10	0	15	0	0,0
	BS2	ES4	10	0	10	0	15	0	0,0
BS1	BS1	BS1	10	0	10	0	15	1	6,7
	SS1	ES5	10	0	10	1	21	6	28,6
	SS2	ES6	10	0	10	0	15	0	0,0
BS2	BS2	BS2	10	0	10	0	16	1	6,3
	SS1	ES7	10	0	10	0	16	0	0,0
	SS2	ES8	10	0	10	0	15	0	0,0
RF- Versuchsfische			10	10	10	1	15	0	0,0
RF- Überträgerfische			13		13	3	13	0	0,0

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling, RF: Regenbogenforelle, n: Anzahl der untersuchten Fische



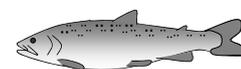


5 DISKUSSION

5.1 Genanalyse

Die vier in der vorliegenden Arbeit eingesetzten Saiblingsherkünfte (SS 1, SS 2, BS 1 und BS 2) wurden genetisch analysiert. Ähnlich wie DOUGLAS et al. (1999) bei Coregonen, GROSS et al. (2001a) bei Äschen und BRUNNER (1997), BRUNNER et al. (1998, 2001), PRIMMER et al. (1999) sowie ENGLBRECHT (2000) bei Seesaiblingen, konnten GROSS et al. (2001b, 2004) und GUM et al. (2002) die vier Saiblingsbestände der vorliegenden Arbeit hinsichtlich Verwandtschaftsgrad, Reinerbigkeit und Inzuchtgrad charakterisieren. In verschiedenen Darstellungen, F_{ST} -Matrix, Assignment-Test oder „neighbour-joining tree“, ist eine relativ enge Verwandtschaft zwischen den beiden Bachsaiblings-Herkünften BS 1 und BS 2 zu erkennen. Die beiden Seesaiblingsherkünfte SS 1 und SS 2 unterscheiden sich dagegen sehr stark und haben nur geringe genetische Übereinstimmungen. Besonders hervorzuheben ist die Herkunft der SS 1-Saiblinge, die wild gefangen wurden, im Gegensatz zu den anderen drei Herkünften, die an die Haltung in Teichen bereits seit mehreren Generationen adaptiert waren.

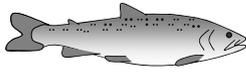
Die genetische Analyse hat weiterhin gezeigt, dass nur je ein Bachsaiblings- (BS 2) und ein Seesaiblingsstamm (SS 1) homogenes und arttypisches Genom aufwiesen. Die beiden anderen Stämme müssen bereits einige Generationen zurück mit der anderen Art gekreuzt worden sein (post-F1-Kreuzungen), so dass sie als Hybriden anzusehen sind. Bei dem Seesaiblingsstamm SS 2 konnte nur ein Anteil von 79 % Seesaiblingsgenom und bei dem Bachsaiblingsstamm BS 1 ein Anteil von 87 % Bachsaiblingsgenom festgestellt werden. Für die Artenkreuzungen (Elsässer Saiblinge) der vier Herkünfte waren demnach sehr unterschiedliche genetische Anlagen, von 33 % (ES 4, Durchgang II), genau 50 % (ES 2 und ES 7) und bis zu 57 % Seesaiblingsgenom (ES 1 und ES 5, jeweils DG II) zu erwarten. Bei den Untersuchungen der Nachkommen zeigten die Hybriden im Durchschnitt 40 bis 53 % Seesaiblingsgenom. Die Schwankungen von Tier zu Tier waren tatsächlich noch viel größer, was vom Rekombinationsereignis und Genom der leiblichen Eltern abhängig ist. Die Abweichungen in den genetischen Anlagen der Elsässer Saiblinge vom Idealzustand (exakt 50 % Seesaiblings- und 50 % Bachsaiblingsgenom) finden bei den Auswertungen der Ergebnisse allerdings keine Berücksichtigung.



In den Untersuchungen von GROSS et al. (2001b, 2004) war festzustellen, dass Hybriden (dazu zählen in diesem Fall SS 2 und BS 1) bezüglich dem Heterozygotiegrad signifikant über den reinen Arten (SS 1 und BS 2) liegen. Die genetische Variabilität ist bei Kreuzungstieren größer als bei Reinzuchtstieren. Die Anzahl der Allele pro Locus war bei reinen Bachsaiblingen am geringsten. Nach den Erfahrungen von KLUPP (1998) und AULSTAD & KITTELSEN (1971) sind Fische mit starker Heterozygotie (Kreuzungstiere) vitaler als Inzuchtstiere und erzeugen einen geringeren Anteil missgebildeter Brütlinge. Inzucht dagegen führt zu höheren Verlusten bei Eiern und Brütlingen. Eine Weiterzuchtung mit Hybriden führt nach Erkenntnissen von ALM (1955), CHEVASSUS (1979) und DUMAS et al. (1996) allerdings zu einer geringeren Vitalität und höheren Verlusten von F₂- und post-F₂-Nachkommen, was auf eine schlechtere Gametenqualität der Eltern (Elsässer Saiblinge) zurückgeführt wird. Dies ist als Ursache für geringe bis sehr geringe Schlupfraten und hohe bis sehr hohe Missbildungs- und Krankheitsraten bei Nachkommen vor allem der weiblichen SS 2-, aber auch BS 1-Tiere, in Betracht zu ziehen. Zu beachten ist weiterhin, dass demgegenüber die Nachkommen der SS 1-Tiere von Wildfängen abstammen und gewöhnlich über einen hohen Vitalitätsstatus verfügen.

Die höchsten Heterosiseffekte sind bei Nachkommen von reinen Elternherkünften mit deutlich unterscheidbarem Erbmateriale zu erwarten, in diesem Fall von ES 2 und ES 7, die von reinen Seesaiblingen SS 1 und reinen Bachsaiblingen BS 2 abstammen. Tatsächlich waren die Missbildungs- und die Krankheitsrate der Kreuzungen hochsignifikant geringer als die der Reinzuchten. Dagegen wiesen andere wichtige Merkmale, wie Schlupfrate und Spezifische Wachstumsrate negative Heterosiseffekte auf. Die Werte der Reinzuchten waren hierbei hochsignifikant besser als die der Kreuzungen. Vorteile von ES 2 und ES 7 gegenüber anderen Elsässer Saiblingen waren nicht zu erkennen.

Bei der Eientwicklung und in der Wachstumsleistung der F₁-Hybriden wurden Übereinstimmungen zur mütterlichen Linie festgestellt, ähnlich wie es AYLES (1974), BERST et al. (1980) und DE MARCH (1991) beobachteten. Wenn dies zuträfe, könnte die Erbrütung und Aufzucht von Saiblingen und Saiblingskreuzungen vor allem durch gezielte Auswahl von guten Rognern bzw. Rognerherkünften verbessert werden. In Untersuchungen von GROSS et al. (2001b) zeigten die Kreuzungsprodukte von Seesaiblingen und Bachsaiblingen allerdings eine gemischte Genausprägung von beiden Elternteilen. Es konnte damit weder eine maternale noch eine paternale genetische Prägung („genomic imprinting“) nachgewiesen werden. Andere Möglichkeiten einer mütterlichen Einflussnahme auf die Leistung der



Nachkommen könnte allerdings zum Beispiel über das Ei (Eidottergewicht, Eiinhaltsstoffe etc.) gegeben sein. Dies wurde jedoch nicht überprüft. Die Eigröße hatte keinen nachweislichen Einfluss auf Überlebens- und Wachstumsleistungen.

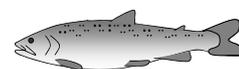
5.2 Vermehrung

Kreuzungen der Fischarten Bachsaibling und Seesaibling zum Elsässer Saibling werden in der Forellenteichwirtschaft seit 120 Jahren durchgeführt. Mit der vorliegenden Arbeit am Institut für Fischerei sollte ein Vergleich von reinen Bachsaiblingen (BS 1 x BS 1 und BS 2 x BS 2) und Seesaiblingen (SS 1 x SS 1 und SS 2 x SS 2) mit deren reziproken Hybriden (SS 1 x BS 1, SS 1 x BS 2, SS 2 x BS 1, SS 2 x BS 2, BS 1 x SS 1, BS 1 x SS 2, BS 2 x SS 1 und BS 2 x SS 2) neue Erkenntnisse über wirtschaftlich relevante Kriterien unter modernen Haltungsbedingungen erbringen.

Die Anzahl der eingesetzten Elterntiere war versuchsbedingt auf wenige Individuen begrenzt. Pro Durchgang wurden zwischen zwei und zehn Rogner je Herkunft mit zwei bis vier Milchneuern der gleichen bzw. einer anderen Herkunft gepaart. Aussagen über Leistungs- und Qualitätseigenschaften können deshalb nicht generell weder für die Herkunft noch für die gesamte Fischart getroffen werden.

Die äußeren Merkmale der im Versuch eingesetzten Laichfische waren zum Teil sehr unterschiedlich. Wildfänge (SS 1) waren deutlich kleiner und weniger korpulent als Elterntiere aus Teichanlagen (SS 2, BS 1 und BS 2). Die Zeichnung und Färbung von Bachsaibling und Seesaibling waren sehr verschieden. Reine Arten waren eindeutig zu unterscheiden. Kreuzungstiere waren in ihrem Aussehen stets intermediär. Dies bestätigt die Erkenntnisse von ALM (1955).

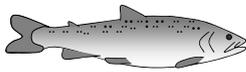
Die Eigröße war vom Lebendgewicht der weiblichen Elterntiere nahezu unabhängig. Bei Rognern der Herkunft SS 1 mit ähnlichen Lebendgewichten wurden Eier mit stark unterschiedlichen Durchmessern zwischen 4,1 und 5,4 mm festgestellt. Bei den Herkünften SS 2 und BS 1 war ein Trend erkennbar. Die Eier von Rognern unter 800 g Lebendgewicht wiesen teilweise einen mittleren Durchmesser von nur 4,0 mm auf. Bei weiblichen Tieren über 800 g Lebendgewicht dagegen waren die Eier im Durchschnitt immer über 4,6 mm groß.



Die Erbrütungstemperatur für die Saiblingseier wurde anfangs auf 6,5 °C eingestellt und erst nach dem Schlupf der Larven langsam auf zirka 9,5 °C angehoben. Damit wurde die nach STEINER (1984) und BUTZ (1985) optimale Erbrütungstemperatur für See- und Bachsaiblinge eingehalten. Nach HUMPESCH (1985), JOBLING et al. (1993a), DE MARCH (1995) und CRITZAVA (2002) wären mit Wassertemperaturen unter 5 °C vor allem bei Seesaiblingen deutlich geringere Erbrütungsverluste zu erwarten gewesen. Nach JOBLING et al. (1998) hätte bereits die Haltung der Laichfische bei niedrigen Wassertemperaturen unter 6 °C erfolgen müssen, um bei Seesaiblingen gute Vermehrungszahlen zu erreichen. Die vorliegenden Bedingungen im Versuch waren demnach für Seesaiblinge nicht optimal.

Zur Entwicklungsdauer der Saiblingseier gibt es in der Literatur wenig Übereinstimmung. HUMPESCH (1985), BUTZ (1985) und BOHL (1999) geben für Seesaiblinge längere Entwicklungszeiten als für Bachsaiblinge an. In Versuchen von DUMAS et al. (1992, 1995a) war dies genau umgekehrt. Unter Berücksichtigung aller Angaben benötigen Bachsaiblinge von der Befruchtung bis zum Schlupf demnach 390 – 500 T° und Seesaiblinge 440 – 520 T°. In den vorliegenden Untersuchungen lag die durchschnittliche Eientwicklungsdauer für See- und Bachsaiblinge gleichermaßen bei etwa 490 T°. Im Überblick über alle Literaturangaben ist festzustellen, dass es bezüglich der Eientwicklungsdauer von See- und Bachsaiblingen erhebliche Unterschiede geben kann. Die eigenen Versuchsergebnisse bestätigen dagegen Erkenntnisse von DUMAS et al. (1992, 1995a), dass die Dauer der Eientwicklung bei den Kreuzungstieren davon abhängig ist, welches Elternteil Seesaibling und welches Elternteil Bachsaibling ist. Nachkommen von Seesaiblingen auf der mütterlichen Seite (SS x BS) schlüpften etwa 60 T° früher als die reziproken BS x SS-Kreuzungen. Eine schlüssige Erklärung konnte dafür nicht gefunden werden. Die Entwicklungsdauer von Reinzuchten lag dazwischen.

Die Schlupfrate ist ein bedeutender wirtschaftlicher Faktor im Zuchtbetrieb. Je höher die Schlupfrate, desto geringer sind die anteiligen Kosten pro Fischlarve. Bei Eiern der wild gefangenen, nicht domestizierten SS 1-Saiblinge war die Schlupfrate am höchsten. Eier der beiden Bachsaiblingsherkünfte hatten durchschnittliche Erfolgswerte. Sehr schlechte Schlupfergebnisse wurden bei Eiern der Herkunft SS 2 festgestellt. Ähnlich ungünstige Werte wurden auch von der Fischzucht berichtet, aus der diese Elternfische stammen. Eine genetisch veranlagte schlechte Eiqualität ist zu vermuten. In Untersuchungen von ALM (1955) und SUTTERLIN et al. (1977) zeigten reziproke Hybriden Schlupfraten, die intermediär zwischen den elterlichen Reinzuchten lagen oder bestenfalls vergleichbar mit dem



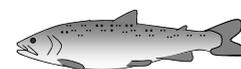
besseren Elternteil waren. DUMAS et al. (1992) stellten bei Hybriden höhere Schlupfraten fest. Im hier beschriebenen Versuch hatten Hybriden fast immer geringere Schlupfraten als reine Nachkommen. Die Heterosiseffekte waren diesbezüglich in allen Fällen negativ.

Die durchschnittliche Schlupfrate war mit 44,8 % sehr gering. Mehr als die Hälfte der Eier war nicht befruchtet oder starb während der Erbrütungsphase. Zu beachten ist, dass die zwei Elternstämme SS 2 und BS 1 nicht reinerbig waren. Vermutlich trägt dies, zumindest im Fall der SS 2-Nachkommen, zu dem unbefriedigendem Ergebnis bei (Schlupfrate nur 10 %), da die Weiterzucht mit Hybriden schwieriger ist. F₂- und post-F₂-Nachkommen sind nach ALM (1955) und CHEVASSUS (1979) weniger vital und zeigen höhere Verlustraten, was auf eine schlechtere Gametenqualität der Elsässer Saiblinge zurückzuführen ist. DUMAS et al. (1996) fanden bei Hybriden eine signifikant schlechtere Spermaqualität im Vergleich zu den Reinzuchten. Der Einfluss der Milchherkunft auf die Schlupfrate war im vorliegenden Versuch aber eher unterbedeutend. Der Stamm SS 1 mit homogenem und ausschließlich arttypischem Genom hatte tatsächlich die höchsten Schlupfraten. Dies gilt für den Stamm BS 2 nicht im gleichen Maße. Die Ergebnisse waren hier nur durchschnittlich. Die reziproken F₁-Nachkommen aus beiden reinen Herkünften fielen gegenüber anderen Kreuzungsalternativen nicht, wie zu erwarten gewesen wäre, positiv auf.

5.3 Haltung, Zuwachs

Die Überlebensrate ist eine der wichtigsten wirtschaftlichen Faktoren in der Fischezucht. In dieser Forschungsarbeit hatten hierbei die Elsässer Saiblinge gegenüber den Reinzuchtieren klare Vorteile. Die Heterosiseffekte waren durchwegs positiv und die Überlegenheit zum Teil signifikant. DUMAS et al. (1992, 1996) und SUTTERLIN et al. (1977) konnten ähnliche Ergebnisse feststellen.

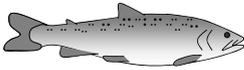
In den Untersuchungen mussten die höchsten Verlustraten während der Vorstreckphase verzeichnet werden, wobei es erhebliche Unterschiede zwischen den einzelnen Kreuzungsvarianten gab. Die Tiere von SS 1 und ES 1 hatten gute Überlebensraten während der Dottersackphase, allerdings sehr hohe Verluste während der Vorstreckphase, vorwiegend durch Kannibalismus. Hier war eine nicht unerhebliche Anzahl an Fischlarven, die das Trockenfutter nicht annahm, im Wachstum zurückblieb und dann einging oder von Vorwüchsern gefressen wurde. DUMAS et al. (1996) stellten die höchsten Mortalitätszahlen



fest, wenn die Tiere laichreif wurden. Auch im vorliegenden Versuch konnten in dieser Phase vermehrt Tierverluste beobachtet werden. Die Saiblingsgruppen, die langsamer wuchsen und im zweiten Lebensjahr noch zu Beginn der Laichzeit (ab Kalenderwoche 38) im Versuch waren, wiesen in dieser Zeit erhöhte Verlustraten auf (siehe dazu auch die Datentabelle zu Abbildung 47). Nachkommen der Wildfänge SS 1 fielen hier besonders negativ auf.

Neben der Überlebensrate kommt dem Zuwachs eine entscheidende wirtschaftliche Bedeutung zu. Höhere Wachstumsraten führen zu besseren Produktionsleistungen in der Teichanlage. Bezüglich der Aufzuchtdauer gab es erhebliche Unterschiede zwischen den Gruppen. Nachkommen der SS 2-Rogner (SS 2, ES 3 und ES 4) erreichten die Speisefischgröße 150 – 200 Tage früher als Nachkommen der SS 1-Rogner (SS 1, ES 1 und ES 2). Die Spezifische Wachstumsrate SGR während der Setzlingsaufzucht (1,80 %/Tag) und Speisefischaufzucht (0,64 %/Tag) lag im Vergleich zu den Versuchen von VIJAYAN & LEATHERLAND (1988), BAARDVIK & JOBLING (1990) und HATLEN et al. (1995) im Rahmen. WALLACE & KOLBEINSHAVN (1988) und PAPST et al. (1992) hatten geringere, SUTTERLIN et al. (1977) dagegen höhere Wachstumswerte. Die SGR der Kreuzungsvarianten SS 2, ES 3, ES 4, BS 1, ES 6 und BS 2 lag mit Werten zwischen 1,23 und 1,37 %/Tag gegenüber den Gruppen SS 1, ES 1, ES 2, ES 7 und ES 8 (0,98 – 1,08 %/Tag) signifikant im Vorteil. Auffällig waren durchwegs negative Heterosiseffekte, die in zwei von vier Fällen signifikant abgesichert werden konnten. Reinzuchttiere, und hier vor allem reine Bachsaiblinge, waren in diesem Merkmal gegenüber den Hybriden überlegen. Die Erfahrungen von ALM (1955) und CHEVASSUS (1979), dass Kreuzungen von Seesaiblingen und Bachsaiblingen in der Wachstumsleistung meist intermediär zwischen den elterlichen Reinzuchten liegen, konnten hier nur in der Hälfte der Fälle bestätigt werden. Bei vier von acht Kreuzungsvarianten wurden die Leistungen beider Elterntiere unterboten.

Die Fütterung mit Futterautomaten kann zu einem Auseinanderwachsen in der Fischgruppe führen, wenn die Bestandsdichte gering ist und sich einige Vorwüchser die besten Plätze am Futtereinwurf sichern. Ein Größenvergleich zweier Saiblinge aus der Kreuzungsvariante ES 7 in Abbildung 46 zeigt, wie extrem Wachstumsunterschiede sein können, trotz angepasster Fütterung unter kontrollierter Aufzucht. Häufige und ausreichende Automatenfütterung in hohen Bestandsdichten führt dagegen bei Seesaiblingen nach JOBLING (1985) und WALLACE et al. (1988) zu einer gleichmäßigen Fischgröße und einer besseren Zuwachsrate der Fischgruppe. Eine Größensortierung der Seesaiblinge wäre nach WALLACE



& KOLBEINSHAVN (1988) unter diesen Bedingungen unnötig. Die Bestandsdichten im vorliegenden Versuch waren dahingehend wohl zu gering.

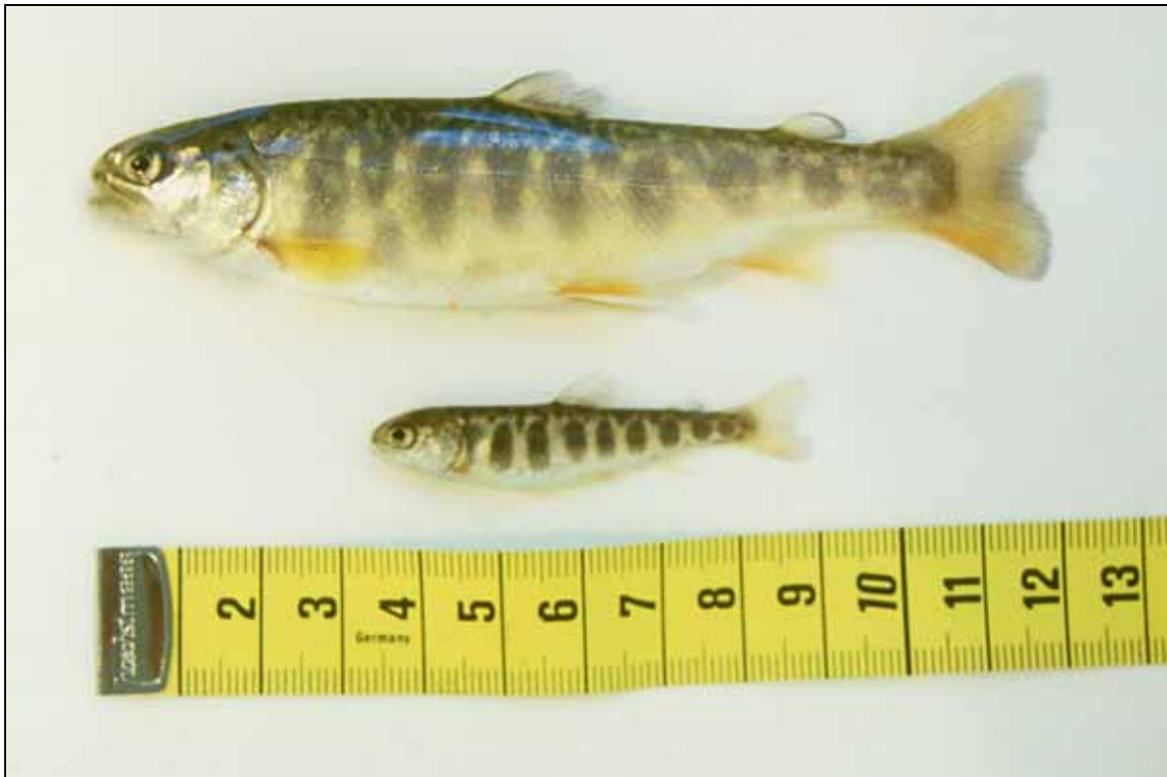
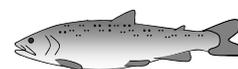


Abbildung 46: Größenvergleich zweier Setzlinge der Kreuzungsvariante ES 7 im Alter von ca. 7 Monaten

Im hier beschriebenen Versuch wuchsen die Tiere innerhalb der Saiblingsgruppen bei Automatenfütterung relativ stark auseinander und erreichten am Ende der 1,5 – 2-jährigen Aufzuchtphase Körperlängen zwischen 14 und 46 cm und Lebendgewichte zwischen 26 und 1256 g. Die starken Größenunterschiede können sich im Fischereibetrieb nachteilig auf die Vermarktung auswirken. Eine oder mehrere Größensortierungen wären im Laufe der Aufzucht notwendig. Einzig die Kreuzungsvariante BS 2 weist eine sehr kompakte Größenstruktur auf. Der Großteil der Fische dieser Gruppe war zwischen 24 und 34 cm lang und zwischen 200 und 500 g schwer.

Die Saiblinge der fünf wachstumsschwächsten Gruppen ES 7, ES 8, SS 1, ES 1 und ES 2 erlebten aufgrund der langen Aufzuchtdauer gegen Ende des zweiten Lebensjahres den Beginn der Laichzeit. Für die Kreuzungsvarianten SS 1, ES 1 und ES 2 ist diese kritische Phase in Abbildung 47 für den Durchgang II nochmals hervorgehoben. Mit dem Eintritt in



die Laichreifung waren eine Wachstumsdepression und sogar ein Abbau an Körpermasse festzustellen. Dies ist durch eine reduzierte Futteraufnahme – die Fütterungsintensität wurde zeitweise auf 0,2 %/Tag begrenzt – und eine schlechtere Futterverwertung erklärbar. Es traten auch verstärkt Fischverluste auf. Eine Saisonalität im Wachstum von geschlechtsreifen und sogar nicht geschlechtsreifen Fischen wurde auch von JOBLING et al. (1998) beschrieben. Ähnlich wie im vorliegenden Experiment, nahmen mit Beginn der Laichzeit der Zuwachs und sogar das Gewicht der Tiere ab und die Spezifische Wachstumsrate wurde zwischenzeitig negativ.

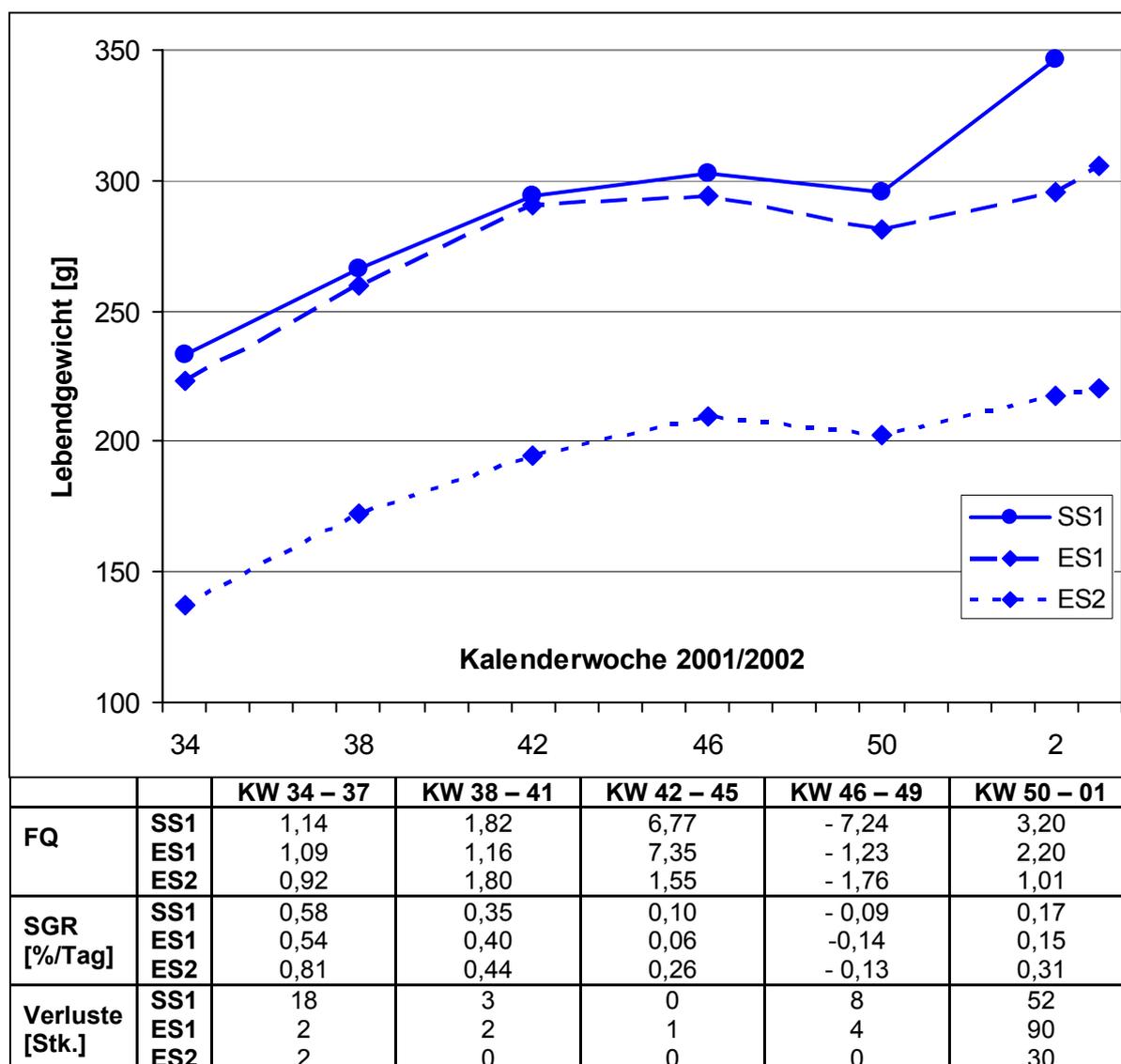
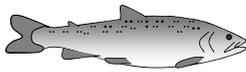


Abbildung 47: Zuwachskurven, Futterquotient (FQ), Spezifische Wachstumsrate (SGR) und Fischverluste der Kreuzungsvarianten SS 1, ES 1 und ES 2 gegen Ende der Aufzucht in Durchgang II

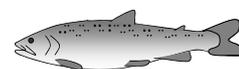


Da Seesaiblinge nach Forschungsergebnissen von WALLACE et al. (1988) und JØRGENSEN & JOBLING (1990) Nahrung gerne vom Boden („bottom feeding“) und bei Dunkelheit (JØRGENSEN & JOBLING 1989) aufnehmen, haben sie im hier beschriebenen Versuch Nachteile, da nicht gefressenes Futter in kurzer Zeit durch das Bodenablaufsieb abgezogen wird. Schlechtere Zuwachsraten im Gegensatz zu Bachsaiblingen, von denen dies nicht beschrieben wird, wären somit zu erklären.

Nach TABACHEK (1988) hat auch die Korngröße des Futters einen Einfluss auf Wachstumsrate und Futtermittelverwertung. 9 g Fische (97 mm Körperlänge) wuchsen am besten mit 1,3 – 2,2 mm Futter und 21 g schwere Brütlinge (133 mm Körperlänge) hatten die höchste Spezifische Wachstumsrate (1,7 %/Tag) bei Futter mit einer Partikelgröße von 3,1 mm. Insgesamt empfehlen TABACHEK (1988) und BASS (1998) größere Körnungen, als sie im vorliegenden Versuch eingesetzt wurden. Futter der Größe 1,4 – 2,2 mm wurde hier Fischen zwischen 10 und 50 g Lebendgewicht und Futter mit 3 mm Körnung erst 180 – 250 g schweren Saiblingen verabreicht. Ziel war, mit vielen Futterpartikeln möglichst alle Fische zu erreichen. Eventuell hat sich aber eine zu kleine Korngrößenwahl negativ auf Zuwachs und Futtermittelverwertung ausgewirkt.

Je weniger Futter (in kg) aufgebracht werden muss, um ein kg Fischzuwachs zu erzeugen, desto geringer ist der Wert des Futterquotienten. Über alle Gruppen wurde ein durchschnittlicher FQ von 0,99 errechnet. Um das maximale Wachstumspotential der Versuchsfische festzustellen, wurde die Fütterung ad libitum durchgeführt. Futtermittelverluste waren hierbei nicht zu vermeiden. Eine restriktive Fütterung hätte voraussichtlich zu besseren Futterquotienten geführt. Ein Gesamt-FQ von 0,99 ist unter diesen Bedingungen akzeptabel. Reine Nachkommen von Bachsaiblingen hatten einen signifikant um 0,08 niedrigeren Futterquotienten als Elsässer Saiblinge und diese wiederum einen besseren FQ als reine Seesaiblinge.

Die Haltungsbedingungen während des dreijährigen Versuches sind als gut zu beurteilen. Die nach WRAY (1998) optimale Haltungstemperatur für Saiblinge zwischen 8 und 14 °C wurde ständig eingehalten, auch wenn das Temperaturoptimum für die besten Zuwachsraten zwischen 12 und 15 °C (JOBLING et al. 1993a, BOHL 1999) nicht erreicht wurde. Maximale Zuwachszahlen waren daher nicht zu erwarten. Die Fischbestandsdichte wuchs in der Setzlingsaufzucht langsam von durchschnittlich 1 auf 50 kg/m³ (Minimum am Ende: 7 kg/m³, Maximum am Ende: 78 kg/m³) an. In der Speisefischperiode stieg die durch-

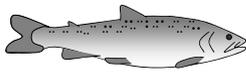


schnittliche Besatzdichte von 7 kg/m^3 zu Beginn auf 33 kg/m^3 am Ende der Aufzucht an. Je nach Fischanzahl und Durchschnittsgewicht schwankten die Haltungsdichten am Versuchsende zwischen 13 und 45 kg/m^3 . Die eher geringen Besatzdichten um 30 kg/m^3 kommen nach VIJAYAN & LEATHERLAND (1988) und DUMAS et al. (1995b) dem Bachsaibling entgegen, während der Seesaibling bei höheren Bestandsdichten von $40 - 60 \text{ kg/m}^3$ (BAKER & AYLES 1990) oder darüber (WALLACE et al. 1988, JØRGENSEN et al. 1993, JOBLING et al. 1998) bessere und konstantere Wachstumsraten hätte erzielen können. Durch den Versuchsaufbau waren Seesaiblinge in dieser Beziehung benachteiligt.

5.4 Fleischqualität

Die Schlachtkörpermaße von Saiblingen, wie Lebendgewicht, Körperlänge, Kopflänge, Körperhöhe und Korpulenzfaktor ($k = \text{Lebendgewicht} \times 100 / \text{Körperlänge}^3$) können zum Teil sehr unterschiedlich sein. DUMAS et al. (1995b) stellten fest, dass Seesaiblinge ($k = 0,80$) und Elsässer Saiblinge ($0,80 - 0,85$) bei einem Lebendgewicht von zirka 70 g deutlich geringere Korpulenzfaktoren aufwiesen als Bachsaiblinge ($0,96 - 1,05$). JØRGENSEN et al. (1993) beobachteten bei Seesaiblingen zwischen 50 und 90 g Lebendgewicht zunehmende Korpulenz, von $0,85$ auf $1,06$. Im vorliegenden Versuch bestätigte sich, dass Bachsaiblinge eine kompakte, hochrückige Körperform mit einem hohen Korpulenzfaktor von $1,24$ bzw. $1,25$ zeigen. Je nach Abstammung, und hier ist vor allem die mütterliche Seite ausschlaggebend, waren Seesaiblinge und Elsässer Saiblinge mehr oder weniger korpulent. Nachkommen der weiblichen SS 2-Fische (SS 2, ES 3 und ES 4) lagen mit einem k-Faktor von $1,13 - 1,16$ vor allen anderen Elsässer Saiblingen. Nachkommen der mütterlichen SS 1-Seite (SS 1, ES 1 und ES 2) wiesen einen deutlich längeren und schlankeren Körperbau mit einem k-Faktor $0,96 - 0,99$ auf. Elsässer Saiblinge waren insgesamt signifikant korpulenter als Seesaiblinge aber weniger korpulent als Bachsaiblinge.

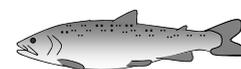
Die Körperzusammensetzung von vierjährigen See-, Bach- und Elsässer Saiblingen wurde von DUMAS et al. (1996) untersucht. Bachsaiblingsrogner hatten eine Ausschlagungsrate von $73,1 \%$, bei $26,9 \%$ Innereien und davon $20,4 \%$ -Punkte Gonaden. Weibliche Seesaiblinge ($75,5 \%$, $24,5 \%$, $18,1 \%$) und die Hybriden BS x SS ($74,6 \%$, $25,4 \%$, $19,6 \%$) und SS x BS ($75,2 \%$, $24,8 \%$, $19,7 \%$) zeigten ähnliche Werte. Männliche Hybriden hatten aufgrund deutlich geringerer Gonadenanteile erheblich höhere Ausschlagungszahlen



(BS x SS: 92,7 %, 7,3 %, 1,9 %, SS x BS: 93,4 %, 6,6 %, 1,6 %). In vorangegangenen Versuchen am Institut für Fischerei (REITER 1999) wiesen zweisömmerige Seesaiblinge eine Ausschlachtungsrate von 87,8 % auf. Bei Elsässer Saiblingen wurde eine Ausschlachtungsquote von 87,3 % festgestellt. In dem hier beschriebenen Versuch wurden im Durchschnitt aller Saiblinge ein Filetanteil von 52,6 % und ein Restkörperanteil von 35,7 % ermittelt. Daraus ergibt sich eine mittlere Ausschachtungsrate von 88,3 %. Weibliche Tiere lagen mit 87,0 % etwas unter den männlichen Fischen mit 89,5 %. Die Ausschachtungsrate bei Rognern war im Vergleich mit den Ergebnissen von DUMAS et al. (1996) deutlich höher, aber bei Milchnern geringer. Dies kann zum einen damit begründet werden, dass die Wissenschaftler um DUMAS deutlich ältere Fische untersuchten. Zudem wird vermutet, dass die Saiblinge, zumindest die Rogner, während der Laichzeit überprüft wurden. Zu dieser Zeit sind die Gonaden vor allem der weiblichen Fische besonders stark ausgebildet.

Die höchsten Gonadenanteile in diesem Versuch wiesen Bachsaiblinge und die Nachkommen der weiblichen Bachsaiblinge auf. Dies ist ein deutlicher Hinweis auf eine frühere Geschlechtsreife dieser Fische. Zum Zeitpunkt der Schlachtung waren 75 % der Bachsaiblinge, 64 % der Elsässer Saiblinge aber nur 30 % der Seesaiblinge geschlechtsreif. Dies bestätigt die Untersuchungen von SUZUKI & FUKUDA (1973b) und SUTTERLIN et al. (1977). Ein hoher Anteil der Elsässer Saiblinge wird bereits nach dem zweiten Sommer geschlechtsreif. Das Problem der frühen Geschlechtsreife von Bachsaiblingen kann demnach durch Hybridzucht nicht ausreichend behoben werden. MCCORMICK & NAIMAN (1984) stellten fest, dass 44 – 72 % der Milchner und 3 – 38 % der Rogner von Bachsaiblingen bei hoher Fütterungsintensität bereits im ersten Lebensjahr geschlechtsreif waren. Zweisömmerige Bachsaiblinge waren zu nahezu 100 % geschlechtsreif. In Untersuchungen von DUMAS et al. (1996) waren bei Bachsaiblingsrogner 88 %, bei weiblichen Elsässer Saiblingen 34 % (SS x BS) bzw. 31 % (BS x SS) und bei Seesaiblingsrogner nur 5 % geschlechtsreife Tiere festzustellen. In den Versuchen der vorliegenden Arbeit lagen die Werte bei 85 %, 63 % und 31 % für Bachsaiblings-, Elsässer Saiblings- und Seesaiblingsrogner. Es gab allerdings zum Teil große Unterschiede. So waren, trotz anteiligem Bachsaiblingsgenom nur 6 % der SS 2-Rogner, aber 59 % der SS 1-Rogner bei der Schlachtung geschlechtsreif.

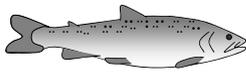
Der Gonadenanteil von zweisömmerigen Seesaiblingen stieg bei Untersuchungen von HATLEN et al. (1995) von Anfang Februar bis Ende Juli von 0,2 auf 2,1 % des Körpergewichts. Ein deutlicher Zusammenhang von Gonadengewicht und Geschlechtsreife war er-



kennbar. GILLET & BRETON (1992) beobachteten bei geschlechtsreifen Seesaiblings-Rognern im Jahresverlauf eine exponentielle Zunahme des GSI von zirka 1 % im April bis zirka 20 % im November. In den hier beschriebenen Versuchen lag der GSI von Seesaiblingen bei 0,2 – 2,5 %, von Elsässer Saiblingen zwischen 1,0 % und 3,4 % und von Bachsaiblingen bei 2,5 – 3,0 % bei der Schlachtung. Vor allem die Seesaiblinge der zwei Herkünfte unterschieden sich sehr stark. Die Zucht von spätreifen Tieren durch Selektion wäre nach NILSSON (1992) möglich und sehr sinnvoll.

Die Kreuzungsvarianten SS 1, SS 2, ES 3 und ES 4 wiesen mit 54,4 – 54,7 % des Körpergewichts die höchsten Filetanteile auf. Die Kreuzungsvariante ES 7 hatte dagegen nur einen Filetanteil von 49,7 %. Diese Werte sind dennoch sehr hoch im Vergleich mit Regenbogenforellen in diesem Gewichtsbereich, die nach WEDEKIND (2002) und nach Ergebnissen aus vielen Ausschlachtungsversuchen am Institut für Fischerei (z. B. MAAß et al. 1999) einen Filetanteil zwischen 45 und 52 % aufweisen. Die Filetanteile der Rogner unterschieden sich nicht von denen der Milchner. Seesaiblinge (+ 2,1 %) hatten im Vergleich zum Durchschnitt aller Elsässer Saiblinge die höchste und Bachsaiblinge (- 1,1 %) die geringste Filetausbeute. Dies konnte hochsignifikant abgesichert werden. Für Verarbeitungsbetriebe ergeben sich hierbei mit der Produktion von Seesaiblingen Vorteile.

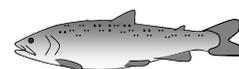
Die Filets von Seesaiblingen (+ 1,8 %) wiesen zudem einen hochsignifikant höheren Rohfettgehalt als Elsässer Saiblinge auf. Elsässer Saiblinge waren wiederum nachweislich fettreicher als Bachsaiblinge (- 0,5 %). Ein hoher Fettgehalt, zumindest in diesem Bereich bis 12 %, wird allgemein sehr positiv beurteilt. Fischfett wird ernährungswissenschaftlich sehr hoch bewertet und ist vor allem bei der Herstellung von geräucherten oder gegrillten Produkten vorteilhaft (REHBRONN et al. 1999). Ein Einfluss des Fettgehalts auf sensorische Qualitäten konnte nicht festgestellt werden. Der höchste Fettgehalt (11,8 %) wurde in den Filets der SS 2-Fische gemessen. Die geringsten Fettgehalte (7,1 – 7,4 %) wiesen Filets der Kreuzungsvarianten BS 2, ES 1, ES 2 und ES 7 auf. Im Durchschnitt enthielt ein Saiblingsfilet (mit Haut) 70,8 % Wasser, 19,7 % Protein, 8,5 % Fett und 1,4 % Asche. Der Proteingehalt lag in einem relativ engen Schwankungsbereich zwischen 19,2 % (SS 2) und 20,0 % (BS 1 und BS 2). Im Durchschnitt waren die Filets der Elsässer Saiblinge gegenüber Seesaiblingen (- 0,3 %) deutlich eiweißreicher und gegenüber Bachsaiblingen (+ 0,4 %) deutlich eiweißärmer. Diese Unterschiede konnten hochsignifikant abgesichert werden. Auch in früheren Versuchen am Institut für Fischerei (REITER 1999, 2000) wiesen Filets von Seesaiblingen einen geringeren Rohproteingehalt (19,0 %) und höheren Rohfettgehalt



(11,3 %) im Vergleich mit Elsässer Saiblingen (19,5 % Rohprotein, 7,3 % Rohfett) auf. Im Vergleich mit durchschnittlichen Werten für Regenbogenforellen (WEDEKIND (2002): 2,7 – 8,1 %) sind Saiblinge sehr fettreich. In anderen Untersuchungen lagen allerdings die Fettgehalte in Filets von Seesaiblingen zum Teil deutlich darunter (OBERLE (1998): 6,6 %, HATLEN et al. (1998): 3,0 – 4,0 %). Ein Fütterungs- und Haltungseinfluss auf den Fettgehalt im Filet ist zu vermuten.

Die Filetfarbe ist ein weiteres wichtiges Kriterium für die Qualität des Fischfleisches. Der Versuchsaufbau bedingte Schlachtungen zu unterschiedlichen Jahreszeiten. Da die Geschlechtsreife die Fleischfärbung beeinflussen kann, ist eine Auswirkung auf die Farbgebung der Fische, die während oder nach der Laichzeit geschlachtet wurden nicht auszuschließen. Nicht alle, aber doch einige geschlechtsreife Tiere hatten intensiv gefärbte Gonaden, Haut oder Flossen, aber blasse Filets. Im Versuch zeigten die 468 Filets der Saiblinge eine Fleischhelligkeit von 42,1 Punkten, bei einer Rotfärbung von 6,7 und einer Gelbfärbung von 10,4 Punkten. Rogner waren gegenüber Milchnern stärker gelb gefärbt. In den beiden anderen Merkmalen unterschieden sich die Geschlechter nicht. WEDEKIND (2002) stellte eine intensivere, dunklere Färbung der Filets laichreifer, männlicher Regenbogenforellen fest. Dies konnte bei Saiblingen in diesem Versuch nicht bestätigt werden.

Die Kreuzungsvarianten SS 1 und ES 1 wiesen das mit Abstand hellste und am geringsten pigmentierte Filet auf, obwohl die Gruppe SS 1 unter Berücksichtigung der Futtermittelverwertung etwa 40 % mehr Astaxanthin erhielt. BS 2-Tiere hatten den höchsten Rotfaktor und zusammen mit BS 1 den intensivsten Gelbwert. Besonders deutlich ist eine starke Abhängigkeit der Fleischfärbung von der Abstammung der Fische erkennbar. Seesaiblinge wiesen die am wenigsten pigmentierten Filets und Bachsaiblinge die dunkelsten Filets mit den höchsten Rot- und Gelbwerten auf. Elsässer Saiblinge lagen in ihrer Farbausprägung dazwischen. Die Unterschiede aller Merkmale lassen sich hochsignifikant absichern. Dies bestätigt Ergebnisse in älteren Versuchen am Institut für Fischerei (REITER 1999, 2000). Die Fleischfärbung verlief auch damals bei Elsässer Saiblingen deutlich schneller als bei Seesaiblingen. Bei vergleichbarer Färbung zu Versuchsbeginn war das Fleisch der Elsässer Saiblinge nach neun Wochen Carotinzufütterung signifikant dunkler und intensiver pigmentiert. Die Seesaiblinge wiesen ein helleres Fleisch und signifikant geringere Farbwerte auf. Überraschend war in allen Versuchen, dass die Einlagerung von fettlöslichen Carotinoiden, trotz höherer Fettgehalte in den Filets, bei Seesaiblingen deutlich langsamer vorstatten ging.

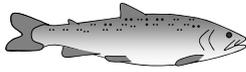


Bei keiner Kreuzungsvariante wurden im Versuch gravierende Abweichungen vom idealen pH-Wert-Verlauf festgestellt. Im Durchschnitt betrug pH_0 7,36, pH_3 7,01 und pH_{24} 6,45. Die unterschiedlichen pH-Wert-Verläufe lassen keine Rückschlüsse auf Tendenzen bei verschiedenen Fischarten zu. In allen Kreuzungsvarianten wurde ein niedriger End-pH-Wert ($\leq \text{pH } 6,5$) erreicht. Dieser ist wichtig und hauptverantwortlich für eine lange Haltbarkeit, da der Fleischverderb durch Abbauprozesse von Mikroorganismen im sauren Milieu unterbunden wird. Eine zu tiefe Absenkung des pH-Wertes auf unter 6,0 wurde nicht beobachtet. Ein Fleischqualitätsmangel, „chalky“ genannt (KIM 1984), blieb aus.

Nachkommen der weiblichen SS 1-Seite (SS 1, ES 1 und ES 2) hatten erhöhte, Nachkommen der weiblichen SS 2-Seite (SS 2, ES 3 und ES 4) hatten niedrige Fleischfestigkeitswerte. Die Werte der Bachsaiblinge lagen um den Mittelwert in Höhe von 156,0 Newton. SS 1 und ES 2 wiesen mit 173,2 – 173,9 N die höchste, SS 2 die geringste Fleischfestigkeit (128,6 N) auf. Eine gewisse positive Korrelation der Fleischfestigkeit zum pH-Wert wurde festgestellt. Sie betrug bezüglich $\text{pH}_0 + 0,39$, $\text{pH}_3 + 0,35$ und $\text{pH}_{24} + 0,37$. Diese Ergebnisse stimmen überein mit den Beobachtungen von OBERLE (1995), der eine höhere Fleischfestigkeit bei höheren pH-Werten von rohem Karpfenfilet feststellte. WEDEKIND (1991) konnte dagegen keine Beziehung der Fleischfestigkeit zum End-pH-Wert (24 h p. m.) von rohen Filets des Afrikanischen Welses zeigen.

Die Ergebnisse der sensorischen Untersuchung geben für Elsässer Saiblinge kein klares Bild wieder. Die Gesamtnoten zur Sensorik schwankten hier sehr stark. Seesaiblinge wurden eher unter-, Bachsaiblinge eher überdurchschnittlich bewertet. Dies widerspricht den Angaben von KOCH (1960), der den Seesaibling als sehr hochwertig und wohlschmeckend beschrieb, während das Fleisch des Bachsaiblings trocken und verschiedentlich weniger beliebt sei. Laut PIWERNETZ (2002) lässt der Elsässer Saibling geschmacklich den Bachsaibling weit hinter sich. Diese oftmals subjektiven Eindrücke sind sicherlich von vielen Faktoren, wie Haltung, Fütterung, Geschlechtsreife etc. abhängig.

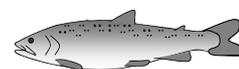
In einem Vergleichessen wurden Seesaiblinge gegenüber Regenbogenforellen, Karpfen, Graskarpfen und Brachsen in Geschmack, Aussehen und Gesamteindruck signifikant besser beurteilt (OBERLE 1998). Bei gleichen Bedingungen, wie sie hier in dem Versuch herrschten, waren Regenbogenforellen von Saiblingen nicht zu unterscheiden. Bachforellen schnitten in ihrer Beurteilung ungünstiger ab und wurden gegenüber ES 1 signifikant schlechter benotet.



5.5 Fischgesundheit

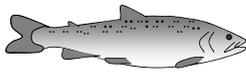
LAPATRA et al. (1993) beobachteten bei Regenbogenforellen nach einer IHNV-Infektion in 15 °C warmem Wasser eine Mortalitätsrate zwischen 33 und 58 %. Von nahezu allen Regenbogenforellen wurde anschließend IHNV isoliert. Im Versuch, der am FGD Grub stattfand, starben 16 (= 70 %) von 23 Regenbogenforellen (10 Versuchsfische und 13 Überträgerfische) 1 bis 3 Wochen nach Versuchsbeginn. Bei zehn der verstorbenen Regenbogenforellen (= 43 % der Gesamtanzahl) wurde IHNV nachgewiesen. Bei fünf gestorbenen und fünf überlebenden Regenbogenforellen konnte kein IHNV festgestellt werden. Eine Infektion der Versuchs-Regenbogenforellen durch die Überträgerfische kann nicht eindeutig belegt werden, da die Fische aus den beiden Herkünften leider nicht zu unterscheiden waren und das IHN-Virus nur bei zehn Regenbogenforellen festgestellt wurde. Möglicherweise waren diese zehn virusinfizierten Fische ausschließlich Überträgerfische. Regenbogenforellen wiesen dennoch erheblich höhere Verlustraten als Saiblinge auf. Nur zwei Saiblinge (= 2 %) starben im Versuch. Ein gestorbener und die 116 überlebenden Saiblinge wurden untersucht. Elf Wochen nach Versuchsbeginn wurde, ebenso wie in Versuchen von LAPATRA et al. (1993) mit 5 und 8 % Verlusten bei Bachsaiblingen, bei keinem der Saiblinge IHNV nachgewiesen (BAATH et al. 2003). Dies wird durch die Erfahrungen von BOOTLAND et al. (1994) erklärbar, die bereits nach fünf Wochen kein IHNV mehr feststellten, obwohl eine Woche nach der Infektion noch bei 89 % der Fische IHNV nachgewiesen wurde. Zwei IHNV-Stämme verursachten in diesen Versuchen bei hohen Virus-Konzentrationen 5 – 35 % Verluste.

In dem zehnwöchigen VHS-Versuch in Grub starben zwölf (= 10 %) von 120 Saiblingen und fünf (= 22 %, 3 Überträger- und 2 Testfische) von 23 Regenbogenforellen. Die Verlustraten waren insgesamt geringer als bei DORSON et al. (1991), die Infektionsversuche mit zwei verschiedenen Stämmen von VHS-Viren (VHSV) durchführten. Während dort Regenbogenforellen zu 68 – 98 % starben, war die Mortalitätsrate bei Bachsaiblingen nur bei 6 – 10 %. Seesaiblinge starben zu 6 – 38 %. Anhand der Ergebnisse schlussfolgerten DORSON et al. (1991), dass Bachsaiblinge und Seesaiblinge gegenüber VHSV resistent sind. In Bachsaiblingen konnten sie kein VHSV nachweisen. In Grub war bei vier gestorbenen Regenbogenforellen aber auch bei einem Elsässer Saibling der VHSV-Nachweis positiv. Aus den anderen verendeten Regenbogenforellen und Saiblingen wurde kein Virus isoliert (BAATH et al. 2003). Zu berücksichtigen ist jedoch, dass vor Beginn des VHS-



Versuchs bei einer Reihe von Fischen eine Infektion mit dem Furunkulose-Erreger festgestellt worden war, weshalb gegen Ende der achtwöchigen Eingewöhnungsphase ein Antibiotikum eingesetzt wurde.

31 der 180 Saiblinge der Versuchs- und Kontrollgruppen verstarben in der Eingewöhnungsphase vor Beginn des VHS-Versuchs. Bei 27 Saiblingen wurde *Aeromonas salmonicida* (A. s. s. s.), der Erreger der Furunkulose nachgewiesen. Zwölf der 120 Saiblinge und fünf (3 Überträger- und 2 Testfische) der 23 Regenbogenforellen starben in der VHS-Versuchsphase. Hier wurde bei elf gestorbenen Saiblingen A. s. s. s. nachgewiesen. Die mit Abstand höchsten Verluste waren in der Gruppe SS 1 zu verzeichnen. 79 % davon erkrankten an Furunkulose, daneben 25 % der SS 2-Saiblinge, 7 bzw. 6 % aus den Gruppen BS 1 und BS 2 und 6 % aus ES 1 sowie 29 % der Fische aus der Gruppe ES 5. Dagegen konnte bei keinem Elsässer Saibling der Kreuzungsvarianten ES 2, ES 3, ES 4, ES 6, ES 7 und ES 8 und bei keiner Regenbogenforelle A. s. s. s. nachgewiesen werden. Seesaiblinge hatten bezüglich der Erkrankung mit Furunkulose gegenüber Bachsaiblingen, Elsässer Saiblingen und vor allem gegenüber Regenbogenforellen deutliche Nachteile. Dies bestätigt die Erfahrungen von WAHLI (1997a) sowie Beobachtungen in der Praxis.



6 SCHLUSSFOLGERUNGEN FÜR DIE PRAXIS

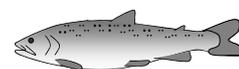
Je nach betrieblichem Schwerpunkt lassen sich unterschiedliche Empfehlungen für die Praxis geben. Für Betriebe, die ausschließlich Fische für Besatzmaßnahmen in freie Gewässer produzieren, kommt die Kreuzungszucht aus fischereirechtlichen Gründen häufig nicht in Frage. Für Vermehrungs- und Verarbeitungsbetriebe kann dagegen die Kreuzung von Seesaibling und Bachsaibling durchaus interessant sein. Folgende Beurteilungen und die Zusammenfassung in Übersicht 15 geben einen Überblick über Vor- und Nachteile von Hybriden gegenüber Reinzuchten, die in der vorliegenden Arbeit festgestellt wurden.

Zu beachten ist, dass die Anzahl der eingesetzten Elterntiere sehr gering war. Aussagen über Leistungs- und Qualitätseigenschaften können deshalb nicht ohne weiteres für die gesamte Herkunft getroffen werden. Zu beachten ist ferner, dass die gesamten beobachteten Ergebnisse nur für die eingesetzten vier Saiblingsherkünfte und unter den Bedingungen der Forellenteichanlage „Zu den sieben Quellen“ am Institut für Fischerei der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft, in 8 – 10 °C warmem Quellwasser, ohne Einschränkungen gelten. Andere Herkünfte können in anderen Teichanlagen mit divergierenden Wasserverhältnissen von den in dieser Arbeit vorgestellten Resultaten deutlich abweichen. Verschiedenartige Umweltbedingungen führten schließlich dazu, dass es in der Forellenteichwirtschaft eine dermaßen große Vielfalt an Fischarten und -herkünften gibt, die mit den jeweils vorgefundenen Voraussetzungen am besten zu Recht kommen.

Beurteilung der Seesaiblinge in Reinzucht:

Durch den Versuchsaufbau waren Seesaiblinge in einigen Punkten benachteiligt. Die etwas zu hohen Temperaturen bei der Laichfischhaltung und Erbrütung und die eher geringen Bestandsdichten bei der Aufzucht werden für Seesaiblinge als nicht optimal angesehen. Kühle Wassertemperaturen zwischen 0 und 8 °C, bei denen Seesaiblinge gegenüber anderen Fischarten überlegen sind, traten in der Quellwasseranlage nicht auf.

Die Leistungs- und Qualitätseigenschaften der beiden Seesaiblingsherkünften waren sehr heterogen ausgeprägt. Dies ist zum einen damit zu erklären, dass der Laichfischstamm SS 1 wild gefangen wurde, während SS 2 bereits seit mehreren Generationen an die Haltung in Teichen adaptiert war. Zum anderen waren SS 2-Tiere zu einem gewissen Grad mit



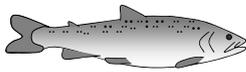
Bachsaiblings-Erbgut vermischt. Beide Herkünfte sind zudem nur sehr entfernt miteinander verwandt. Wie zu erwarten, waren die mit Netzen aus dem Starnberger See gefangenen Elterntiere in den Teichen nicht sehr lange zu halten. Auch die reinen Nachkommen der Wildfänge hatten bei der Aufzucht zum Speisefisch Verlusten von über 80 %. Die Schlupfrate war bei den SS 1-Tieren sehr gut, dagegen lagen die Eiverluste der Herkunft SS 2 bei 90 %. Wachstum und Futtermittelverwertung waren in einer Herkunft schlecht, in der anderen Herkunft dagegen sehr gut. Sehr positiv zu beurteilen waren in beiden Fällen eine späte Geschlechtsreife, eine sehr hohe Filetausbeute und ein sehr hoher Fettgehalt im Filet. Negativ fielen eine schwache Filetfärbung, eine unterdurchschnittliche sensorische Beurteilung und eine hohe Anfälligkeit gegen Furunkulose auf.

Insgesamt über alle Merkmale hatten reine Seesaiblinge eher Nachteile als Vorteile. Die Überlebensraten ab Ei waren in beiden Fällen so gering, dass von einer Reinzucht mit diesen beiden Herkünften, trotz hoher Zuwachsraten in Gruppe SS 2, abzuraten ist.

Beurteilung der Bachsaiblinge in Reinzucht:

Die beiden Bachsaiblingsherkünfte sind sehr eng miteinander verwandt. Obwohl eine Herkunft (BS 1) gewisse Anteile an Seesaiblingsgenom aufwies, waren die Ergebnisse beider Reinzuchtgruppen sehr einheitlich. Die Laichfische waren relativ problemlos zu halten. Die Nachkommen zeigten durchschnittliche Schlupf- und Überlebensraten. Sehr gut schnitten beide Herkünfte bezüglich Wachstum und Futtermittelverwertung ab. Nachteilig war eine frühe Geschlechtsreife und im Vergleich zu See- und Elsässer Saiblingen unterdurchschnittliche Werte bezüglich Ausbeute und Fettgehalt der Filets. Sehr positiv sind eine schnelle und kräftige Filetfärbung, eine hohe sensorische Gesamtnote und gute Krankheitsresistenz zu beurteilen.

In der Zusammenfassung aller wichtigen Leistungs- und Qualitätskriterien hatten Bachsaiblinge gegenüber Seesaiblingen und Elsässer Saiblingen klare Vorteile. Die Produktion von Bachsaiblingen in Reinzucht kann empfohlen werden. Außer im Punkt der frühen Geschlechtsreife fielen die beiden Bachsaiblingsherkünfte in keinem weiteren Merkmal besonders negativ auf. Mit der Züchtung von spätreifen oder sterilen Tieren könnte das Produktionsverfahren Saiblingsaufzucht weiterhin optimiert werden.

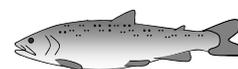


Beurteilung der Elsässer Saiblinge (Hybridzucht mit Seesaibling und Bachsaibling):

Die Produktion von Saiblingshybriden hat den Nachteil, dass zwei Laichfischstämme gehalten (oder gefangen) werden müssen, von denen die Kreuzungstiere abstammen. Die Weiterzuchtung mit F1-Tieren wird aufgrund der schlechteren Gametenqualität nicht empfohlen. Insgesamt waren die Ergebnisse der Elsässer Saiblinge sehr uneinheitlich. Aufgrund der großen Variabilität der Elterntiere war dies zu erwarten. Auffällig war, dass vor allem die Leistungsmerkmale, wie Schlupf- und Überlebensrate, Zuwachs und Futtermittelverwertung meist sehr eng mit der mütterlichen Linie übereinstimmten. Des Weiteren konnte beobachtet werden, dass die Ergebnisse der Hybriden fast immer zwischen den Werten der reinerbigen Elternlinien lagen. Häufig war der Durchschnitt der Leistungen der Hybriden jedoch schlechter als der Mittelwert der Elternpopulationen. Dies konnte vor allem bei den Merkmalen Schlupf- und Wachstumsrate festgestellt werden, wobei die Werte hier sehr heterogen waren. Die Überlebensraten von der Fischlarve bis zum Speisefisch waren dagegen überdurchschnittlich. Bezüglich Futtermittelverwertung, Geschlechtsreife, Filetausbeute, Fettgehalt im Filet, Fleischfarbe, pH-Wert-Verlauf, Fleischfestigkeit und Sensorik waren die Gesamtergebnisse über alle acht ES-Kreuzungsvarianten durchschnittlich.

Die Kreuzungen wurden reziprok durchgeführt, um festzustellen, welche Fischart sich auf mütterlicher bzw. väterlicher Seite besonders eignen würde. Hierzu kann allerdings keine klare Aussage getroffen werden. Wichtig ist hierbei jedoch, dass verschiedene Leistungsmerkmale denen der mütterlichen Seite ähneln. Für eine erfolgreiche Hybridzucht sollte deshalb eine mütterliche Linie mit guten Fruchtbarkeits- und Wachstumserfolgen ausgewählt werden. Dies ist unabhängig davon, ob die Rogner der Fischart Seesaibling oder Bachsaibling abstammen.

Im Gesamtüberblick über alle Merkmale zeigt sich ein leichter Vorteil der Elsässer Saiblinge gegenüber reinen Seesaiblingen, aber ein Nachteil gegenüber reinen Bachsaiblingen. Aufgrund der festgestellten Ergebnisse und der weiteren Nachteile von Elsässer Saiblingen in der Laichfischhaltung sowie dem Tatbestand, dass Kreuzungstiere häufig nicht in Freigewässer besetzt werden dürfen, ist die Reinzucht von Bachsaiblingen der Hybridzucht von Elsässer Saiblingen vorzuziehen.

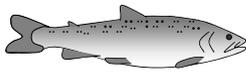


Übersicht 15: Beurteilungen ausgewählter Leistungs- und Qualitätseigenschaften von Seesaibling, Bachsaibling und Elsässer Saibling

(Beurteilung: ↑: sehr gut, ↗: gut, →: durchschnittlich, ↘: schlecht, ↓: sehr schlecht)

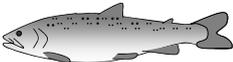
Merkmal	Seesaibling (SS 1, SS 2)	Bachsaibling (BS 1, BS 2)	Elsässer Saibling (ES 1 – ES 8)
Laichfischhaltung	<p>↓ – ↗</p> <p>Wildfänge sind in der Teichanlage nicht überlebensfähig. Adaptierte Fischbestände sind problemlos zu halten.</p>	<p>↗</p> <p>Relativ problemlos zu halten. Während und nach der Laichzeit können verstärkt Tierverluste auftreten.</p>	<p>↘</p> <p>Nachteilig ist, dass für die Kreuzungszucht zwei Laichfischstämme zu halten sind. Die Weiterzuchtung mit F1-Hybriden wird nicht empfohlen.</p>
Schlupfrate	<p>↑ – ↓</p> <p>Nachkommen aus Wildfängen hatten die höchsten Schlupfraten. Die Eiverluste des zweiten SS-Stammes lagen dagegen bei 90 %.</p>	<p>→</p> <p>Durchschnittliche Schlupfraten.</p>	<p>↘</p> <p>Die durchschnittlichen Schlupfraten der Hybriden lagen stets unter dem Durchschnitt der Reinzuchten. Die Heterosiseffekte (insgesamt - 6,8 %) waren in allen Fällen signifikant negativ.</p>
Überlebensrate	<p>↘</p> <p>Die Überlebensraten bis zum Speisefisch waren unterdurchschnittlich. Vor allem Nachkommen der Wildfangtiere hatten sehr hohe Verlustzahlen.</p>	<p>→</p> <p>Durchschnittliche Überlebensraten.</p>	<p>↗</p> <p>Die Hybriden hatten im Durchschnitt durchwegs höhere Überlebensraten als Reinzuchttiere. Die Heterosiseffekte (insgesamt + 12,1 %) waren in allen Fällen positiv.</p>
Wachstum	<p>↘ – ↑</p> <p>Nachkommen aus Wildfängen mit sehr langsamem Wachstum. Adaptierter Bestand mit sehr hoher Wachstumsrate.</p>	<p>↑</p> <p>Reine Bachsaiblinge zeigen durchwegs sehr gute Zuwachszahlen.</p>	<p>↓ – ↗</p> <p>Elsässer Saiblinge mit durchschnittlichen Zuwachsraten aber ausnahmslos negativen Heterosiseffekten (SGR insgesamt - 0,11 %/Tag)</p>
Futtermittelnutzung	<p>↓ – ↗</p> <p>Je nach Herkunft sehr schlechte bis gute Futtermittelnutzung</p>	<p>↑</p> <p>Sehr gute Futtermittelnutzung</p>	<p>→</p> <p>Im Durchschnitt über alle Hybriden kein Unterschied zu den Elternpopulationen.</p>

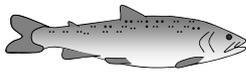
Fortsetzung nächste Seite



Übersicht 15: Fortsetzung

Merkmal		Seesaibling (SS 1, SS 2)	Bachsaibling (BS 1, BS 2)	Elsässer Saibling (ES 1 – ES 8)
Geschlechtsreife, Gonadenanteil		↗ Eher späte Geschlechtsreife. Niedriger Gonadenanteil am Schlachtkörper.	↘ Eher frühe Geschlechtsreife. Hoher Gonadosomatischer Index (GSI).	→ Durchschnittlicher Anteil geschlechtsreifer Tiere. Durchschnittlicher GSI.
Filetausbeute		↑ Sehr hohe Filetausbeute.	→ Im Durchschnitt geringere Filetausbeute als SS und ES.	↗ Gute Filetausbeute.
Fleischqualität	Fettgehalt im Filet	↑ Sehr fettreiche Filets.	→ Fettarme Filets. Stark pigmentierte Filets.	↗ Mittlerer Fettgehalt im Filet. Durchschnittliche Filetfärbung.
	Fleischfarbe	↓ Geringe Färbungstendenz.	↑	→
Sensorik		↘ In Geschmack und Farbe unterdurchschnittlich bewertet.	↗ Gute Beurteilung in Geschmack. Hohe Gesamtnote.	→ Im Durchschnitt aller ES mittlere Gesamtbeurteilung, allerdings mit großer Streubreite.
Fischgesundheit		↘ Hohe Anfälligkeit gegenüber Furunkulose.	↗ Gute Krankheitsresistenz.	↗ Gute Krankheitsresistenz.
Gesamtbeurteilung		↘ schlecht	↗ gut	→ durchschnittlich





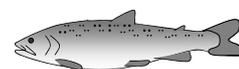
7 ZUSAMMENFASSUNG

Während im nordamerikanischen und skandinavischen Raum die Produktion von reinen Seesaiblingen eine große Bedeutung hat, spielt diese Fischart hierzulande in der Aquakultur keine große Rolle. In Deutschland werden für den Speisefischmarkt überwiegend Bachsaiblinge oder Elsässer Saiblinge erzeugt. In der vorliegenden Arbeit wurden Vergleiche wichtiger Leistungs- und Qualitätseigenschaften bei der Reinzucht von Seesaibling (SS) (*Salvelinus alpinus*) und Bachsaibling (BS) (*Salvelinus fontinalis*) bzw. Hybridzucht von Elsässer Saibling (ES) (*Salvelinus alpinus* x *Salvelinus fontinalis* bzw. *Salvelinus fontinalis* x *Salvelinus alpinus*) durchgeführt.

In zwei Durchgängen wurden Elterntiere verschiedener Herkünfte gezielt miteinander gepaart. Die Stämme SS 2, BS 1 und BS 2 stammten aus bayerischen Fischzuchtanlagen, die dort bereits seit mehreren Generationen gehalten werden. Die Seesaiblinge SS 1 waren Wildfänge aus dem Starnberger See. Die Kreuzungen zum Elsässer Saibling wurden jeweils reziprok durchgeführt, d. h. Bachsaiblingsrogner wurden mit Seesaiblingsmilchnern und Seesaiblingsrogner mit Bachsaiblingsmilchnern gekreuzt. Daneben wurden auch Nachkommen in Reinzucht aufgezogen. Insgesamt ergaben sich somit acht verschiedene Gruppen mit Elsässer Saiblingen (ES 1 – ES 8), zwei Seesaiblings- (SS 1 – SS 2) und zwei Bachsaiblingsgruppen (BS 1 – BS 2), zusammen zwölf Kreuzungsvarianten.

Die genetische Untersuchung aller in der Zucht eingesetzten Laichfische hat gezeigt, dass nur je ein Bachsaiblingsstamm (BS 2, 100 % BS-Genom) und ein Seesaiblingsstamm (SS 1, 100 % SS-Genom) ausschließlich arttypisches Genom aufwiesen. Die beiden anderen Stämme sind als post-F1-Hybriden anzusehen. Bei dem Seesaiblingsstamm SS 2 wurde nur ein Anteil von 79 % Seesaiblingsgenom und bei dem Bachsaiblingsstamm BS 1 ein Anteil von 87 % Bachsaiblingsgenom festgestellt. Bei den Artenkreuzungen der vier Herkünfte (ES 1 – ES 8) waren demnach sehr unterschiedliche genetische Anlagen, von 33 % über genau 50 % bis zu 57 % Seesaiblingsgenom zu erwarten. Dies findet bei den Auswertungen der Ergebnisse keine Berücksichtigung, wird aber diskutiert.

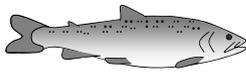
Reine Nachkommen von Seesaiblingen fielen in einem Fall durch hohe Eiverluste (90 %) bzw. im anderen Fall durch hohe Fischverluste bis Speisefischgröße (83 %) negativ auf. Bachsaiblinge waren diesbezüglich als durchschnittlich zu bezeichnen. Elsässer Saiblinge schnitten im Durchschnitt bezüglich der Schlupfraten signifikant schlechter (- 7 %), aber



im Hinblick auf Überlebensraten besser (+ 12 %) als der Durchschnitt der Reinzuchttiere ab. Hinsichtlich Wachstum (SGR 1,25 – 1,37 %/Tag) und Futtermittelverwertung (FQ 0,86 – 0,96) waren die reinerbigen Nachkommen von Bachsaiblingen im Vorteil. Seesaiblinge zeigten ein sehr inhomogenes Bild, ähnlich wie Elsässer Saiblinge, die bezüglich der Spezifischen Wachstumsrate um 0,11 %/Tag hinter dem Durchschnitt der Reinzuchtsaiblinge lagen.

Sehr positiv ist eine späte Geschlechtsreife (nur 30 % geschlechtsreife Tiere im zweiten Lebensjahr), eine sehr hohe Filetausbeute (55 %) und ein sehr hoher Fettgehalt im Filet (8,6 – 11,8 %) von reinen Seesaiblingen zu bewerten. Reine Bachsaiblinge lagen dagegen mit 75 % Geschlechtsreife, 51 – 52 % Filetausbeute und 7,3 – 8,3 % Filetfettgehalt deutlich schlechter. Elsässer Saiblinge zeigten diesbezüglich überwiegend durchschnittliche Werte. Andererseits überzeugten Bachsaiblinge mit einer intensiven Filetfärbung (im Durchschnitt: Helligkeit L 39,6, Rotfärbung a 10,2, Gelbfärbung b 12,4), guten Gesamtnoten in der Sensorik (17,2 – 17,4 Punkte) und einer guten Fischgesundheit. Seesaiblinge waren dagegen, trotz höherem Fettgehalt, weniger stark pigmentiert (im Durchschnitt: L 43,6, a 3,8, b 8,5), sensorisch nicht so gut bewertet (16,6 – 16,7 Gesamtpunkte) und anfälliger vor allem gegenüber Furunkulose (25 – 79 % der Versuchsfische erkrankten und starben). Elsässer Saiblinge waren auch hier in nahezu allen Fällen durchschnittlich.

In Summation aller Ergebnisse und unter Berücksichtigung der Tatsache, dass für die Kreuzungszucht zwei Elterntierstämme zu halten sind und in Deutschland die Produktion von Hybriden für Besatzmaßnahmen aus fischereirechtlichen Gründen nicht möglich ist, kann die Produktion von Elsässer Saiblingen unter den gegebenen Bedingungen nicht empfohlen werden. Die Erzeugung reiner Bachsaiblinge hat demgegenüber in vielen wichtigen Merkmalen Vorteile. Als Schlussfolgerung aus den Ergebnissen wäre die Züchtung von spätreifen oder sterilen Bachsaiblingen anzustreben, womit weitere Optimierungen im Produktionsverfahren Saiblingsaufzucht erreicht werden könnten. Dies sollte das Ziel der weiteren Bemühungen sein.



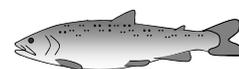
8 SUMMARY

While in the North American and Scandinavian area the production of pure Arctic Charr has a great importance, this fish type does not play a large role in the aquaculture in this country. In Germany for the food fish market predominantly Brook Trout or the hybrid, called “Elsässer Saibling” is produced. In the available work comparisons of important achievement and quality characteristics became with the pure breed of Arctic Charr (See-saibling SS, *Salvelinus alpinus*) and Brook Trout (Bachsaibling BS, *Salvelinus fontinalis*) as well as the hybrid breed of Elsässer Saibling (ES, *Salvelinus alpinus* x *Salvelinus fontinalis* or *Salvelinus fontinalis* x *Salvelinus alpinus*) accomplished.

In two passages the parents of different origins were paired purposefully with one another. The stocks of SS 2, BS 1 and BS 2 originated from Bavarian pisciculture farms, which are already held there since several generations. The Arctic Charrs SS 1 were caught from the Lake Starnberg. The crossings to the Elsässer Saibling were in each case reciprocally accomplished, i. e. dams of Brook Trout were crossed with sirs of Arctic Charr and females of Arctic Charr with males of Brook Trout. Besides also descendants in pure breed were drawn up. Altogether resulted thus eight different groups of Elsässer Saibling (ES 1 – ES 8), two groups of Arctic Charr (SS 1 – SS 2) and two groups of Brook Trout (BS 1 – BS 2), together twelve crossing variants.

The genetic investigation of all parents used in the breeding trial, showed that only one strain of Brook Trout (BS 2, 100 % genome from BS) and one provenance of Arctic Charr (SS 1, 100 % genome from SS) exhibited excluding kind-typical genome. The two other origins are to be regarded as post-F1-hybrids. In the Arctic Charr SS 2 only a portion of 79 % SS-genome was determined and the Brook Trout BS 1 showed a portion of 87 % BS-genome. By the crossings with the four origins there were expected hybrids (ES 1 – ES 8) with very different genetic components from 33 % over exactly 50 % up to 57 % SS-genome. This does not find consideration with the evaluations of the results, however it was discussed.

Pure descendants of Arctic Charr were noticeable negatively in one case by high egg mortality (90 %) or in the other case by high fish losses up to food fish size (83 %). Brook Trouts had in this connection average results. Elsässer Saiblinge fared on the average concerning the breeding success significantly worse (- 7 %), but regarding survival rates better



(+ 12 %) than the average of the pure breed animals. Regarding growth (SGR 1.25 – 1.37 %/day) and feed conversion rate (FQ 0.86 – 0.96) the pure descendants of BS had advantages. SS showed a very inhomogeneous picture, similarly as ES, which lay concerning the specific growth rate around 0.11 %/day behind the average of the pure fishes.

A late sexual maturity (only 30 % mature animals in the second year of life), a very high filet portion (55 %) and a very high fat content in the filet (8.6 – 11.8 %) from pure SS is to evaluate very positive. Pure BS was appropriate against it with 75 % sexual maturity, only 51 – 52 % filet from whole body and 7.3 – 8.3 % fat proportion clearly more badly. ES showed in this connection predominantly average values. On the other hand convinced BS with an intensive colour of filet (on the average: brightness L 39.6, red coloration a 10.2, yellow colouring b 12.4), good total notes in the sensor test (17.2 – 17.4 points) and a good health. SS were in contrast, despite higher fat content, less pigmented (on the average: L 43.6, a 3.8, b 8.5), sensoryly not so well evaluated (16.6 – 16.7 total points) and more susceptibly particularly opposite furunculosis (25 – 79 % of the attempt fish got sick and died). ES were also here in almost all cases average.

In summation of all results and with consideration of the fact that for the crossing breed two parents origins are to be kept and the production of hybrids for stocking in Germany is not legal, the production of hybrids (Elsässer Saiblinge) cannot be recommended under the given conditions. The production of pure Brook Trouts has in contrast to this in many important characteristics advantages. Farming for late maturing or sterile Brook Trouts could lead to substantial optimizations and should be the goal of the further efforts.

9 LITERATURVERZEICHNIS

- ALM, G. (1955): Artificial Hybridization between different Species of the Salmon Family. *Report Inst. Freshwater Res. Drottingholm*, **36**: 13-59.
- AULSTAD, D., KITTELSEN, A. (1971): Abnormal body curvatures on inbred fry of rainbow trout (*S. gairdneri*). *J. Fish. Res. Bd. Canada* **28**: 1918-1920.
- AYLES, B. (1974): Relative importance of additive genetic and maternal sources of variation in early survival of young splake hybrids (*Salvelinus fontinalis* x *S. namaycush*). *J. Fish. Res. Bd. Canada* **31**: 1499-1502.
- BAARDVIK, B.M., JOBLING, M. (1990): Effect of size-sorting on biomass gain and individual growth rates in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture* **90**: 11-16.
- BAATH, C. (2003): Mündliche Mitteilung. Tiergesundheitsdienst Bayern e. V., Fachabteilung Fischgesundheitsdienst (FGD), Grub.
- BAATH, C., REITER, R., BERGMANN, S.M. (2003): Vergleich der Reaktion von Regenbogenforellen und verschiedenen Saiblingen auf eine Infektion mit IHNV, VHSV und *Aeromonas salmonicida*. Untersuchungsbericht für das Institut für Fischerei (nicht veröffentlicht), Grub, 9 S.
- BAEDER, H.A., TACK, P.I., HAZZARD, A.S. (1947): A Comparison of the Palatability of hatchery-reared and wild Brook Trout. *American Fisheries Society* **75**: 181-185.
- BAKER, R.F., AYLES, G.B. (1990): The effects of varying density and loading level on the growth of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *World Aquaculture Report* **21**: 58-62.
- BALON, E.K. (ed.) (1980): Charrs, Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, Niederlande.
- BASS, N. (1998): An introduction to farming Arctic charr in Ireland. Aquaculture Explained, No. 18. Aquaculture Development Division, Bord Iascaigh Mhara (BIM), Dublin, Irland, 80 S.
- BAUCH, G. (1955): Die einheimischen Süßwasserfische. 3. Auflage, Neumann Verlag, Radebeul und Berlin.

- BEBAK, J., HANKINS, J.A., SUMMERFELT, S.T. (2000): Effect of water temperature on survival of eyed eggs and alevins of Arctic char. *North American Journal of Aquaculture* **62**: 139-143.
- BEHNKE, R.J. (1980): A systematic review of the genus *Salvelinus*. In: BALON, E.K. (ed.): Charrs, Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, 441-480.
- BEHNKE, R.J. (1984): Organizing the Diversity of the Arctic Charr Complex. In: JOHNSON, L., BURNS, B. (eds.): Biology of the Arctic Charr: Proceedings of the International Symposium on Arctic Charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981, Univ. Manitoba Press, Winnipeg, 3-21.
- BEHNKE, R.J., SHIMIZU, J. (1962): Book review: Studies on the Charrs found in Japanese waters, von OSHIMA, M. *Copeia*: 674-675.
- BENFEY, T.J. (1991): The physiology of triploid salmonids in relation to aquaculture. *Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci.* **1789**: 73-80.
- BENFEY, T.J. (1995): Ovarian development in triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*). In: GOETZ, F.W., THOMAS, P. (ed.): Proceedings of the Fifth International Symposium on the Reproductive Physiology of Fish. The University of Texas at Austin, Austin; USA, 357.
- BERGMANN, S.M. (2001): Untersuchungsbefund vom 24.10.2001. Insel Riems. 1 S.
- BERGMANN, S.M. (2003): Untersuchungsbefund vom 24.06.2003. Insel Riems. 2 S.
- BERST, A.H., IHSSSEN, P.E., SPANGLER, G.R., AYLES, G.B., MARTIN, G.W. (1980): The splake, a hybrid charr *Salvelinus namaycush* x *S. fontinalis*. In: BALON, E.K. (ed.): Charrs, Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, 841-887.
- BIOMAR (2002): Produktkatalog, Deutschland, Österreich, 31 S.
- BLANC, J.-M., CHEVASSUS, B. (1979): Interspecific hybridization of salmonid fish. *Aquaculture* **18**: 21-34.
- BLANC, J.-M., POISSON, H. (1988): Hybridation triploide entre la truite arc-en-ciel et l'omble chevalier: incubation et alevinage. *Cybium* **12** (3): 229-238.
- BOHL, M. (1999): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. 2. Auflage, Verlagsunion Agrar, Frankfurt.

- BOOTLAND, L.M., LORZ, H.V., ROHOVEC, J.S., LEONG, J.C. (1994): Experimental Infection of Brook Trout with Infectious Hematopoietic Necrosis Virus Types 1 and 2. *Journal of Aquatic Animal Health* **6**: 144-148.
- BORDERIAS, A.J., LAMUA, M., TEJADA, M. (1983): Texture analysis of fish fillets and minced fish by both sensory and instrumental methods. *J. Fd. Technol.* **18**: 85-95.
- BOULANGER, Y. (1991): Performance comparison of all-female diploid and triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*). In: PEPPER, V.A. (ed.): Proceedings of the Atlantic Canada Workshop on methods for the production of nonmaturing salmonids. Canadian Technical Report of Fisheries and Aquatic Sciences No. 1789, Dartmouth, Canada, 111-121.
- BRÄNNÄS, E., LINNÉR, J. (2000): Growth effects in Arctic charr reared in cold water: Feed frequency, access to bottom feeding and stocking density. *Aquaculture International* **8**: 381-389.
- BROWN, G.E., BROWN, J.A., SRIVASTAVA, R.K. (1992): The effect of stocking density on the behaviour of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.). *Journal of Fish Biology* **41**: 955-963.
- BRUNNER, P.C. (1997): Molecular evolution and phylogenetic relationships in the *Salvelinus alpinus* (Teleostei: Salmonidae) complex. Dissertation: Universität Zürich, 143 S.
- BRUNNER, P.C. (2001): Genetische Untersuchungen an alpinen Seesaiblingspopulationen (zusammenfassende Übersicht) (nicht veröffentlicht), Wädenswil, Schweiz, 7 S.
- BRUNNER, P.C., DOUGLAS, M.R., BERNATCHEZ, L. (1998): Microsatellite and mitochondrial DNA assessment of population structure and stocking effects in Arctic charr *Salvelinus alpinus* (Teleostei: Salmonidae) from central Alpine lakes. *Molecular Ecology* **7**, 209-223.
- BRUNNER, P.C., DOUGLAS, M.R., OSINOV, A., WILSON, C.C., BERNATCHEZ, L. (2001): Holarctic phylogeography of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) inferred from mitochondrial DNA sequences. *Evolution* **55** (3): 573-586.
- BUTZ, I. (1985): Wassertemperatur und Gewässer. *Österreichs Fischerei* **38**: 241-244.

- CAVENDER, T.M. (1984): Cytotaxonomy of North American *Salvelinus*. In: JOHNSON, L., BURNS, B. (eds.): *Biology of the Arctic Charr: Proceedings of the International Symposium on Arctic Charr, Winnipeg, Manitoba, May 1981*, Univ. Manitoba Press, Winnipeg, 431-445.
- CHEVASSUS, B. (1979): Hybridization in salmonids: Results and perspectives. *Aquaculture* **17**: 113-128.
- CHEVASSUS, B., GUYOMARD, R., CHOURROUT, D., QUILLET, E. (1983): Production of viable hybrids in salmonids by triploidization. *Genetic Selection and Evolution* **15**: 519-532.
- CHIMITS, P. (1963): Un hybride pour la salmoniculture en eaux froides: l'omble-saumon. *Bulletin Français de Pisciculture*, No. **209**: 147-153.
- CHRISTIANSEN, J.S., WALLACE, J.C. (1988): Deposition of Canthaxanthin and Muscle Lipid in Two Size Groups of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* **69**: 69-78.
- ČIHAŘ, J. (1993): Europäische Süßwasserfische. Verlag Werner Dausien, Hanau/Main.
- CRITZAVA, F. (2002): Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus salv.*) in der Fischzucht. *Fischer & Teichwirt* **53**: 64-65.
- DAY, F. (1882): On hybrids between salmon and trout. *Proc. Zool. Soc. London*: 751-753.
- DAY, F. (1884): On Races and Hybrids among the Salmonidae. Part I-III. *Proc. Zool. Soc. London*: 17-40, 376-380, 581-593.
- DAY, F. (1886): On the Hybridization of Salmonidae at Howietoun. *Meet. Brit. Ass. Adv. Science Rept.* **55**: 1059-1063.
- DE MARCH, B.G.E. (1991): Hatchery growth of pure strains and intraspecific hybrids of juvenile Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* (Canadian x Norwegian Charr). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **48**: 1109-1116.
- DE MARCH, B.G.E. (1995): Effects of incubation temperature on the hatching success of Arctic Char eggs. *The Progressive Fish-Culturist* **57**: 132-136.
- DOLJAN, E. (1920): Der Seesaibling (*Salmo salvelinus*) und seine wirtschaftliche Bedeutung. *Österr. Fischereizeitung* **17**.

- DORSON, M., CHEVASSUS, B., TORHY, C. (1991): Comparative susceptibility of three species of char and of rainbow trout x char triploid hybrids to several pathogenic salmonid viruses. *Diseases of aquatic Organisms* **11**: 217-224.
- DOUGLAS, M.R., BRUNNER, P.C., BERNATCHEZ, L. (1999): Do assemblages of *Coregonus* (Teleostei: Salmoniformes) in the Central Alpine region of Europe represent species flocks? *Molecular Ecology* **8**: 589-603.
- DUMAS, S., BLANC, J.M., AUDET, C., DE LA NOÛE, J. (1992): The early development of hybrids between brook charr (*Salvelinus fontinalis*) and Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture* **108**: 21-28.
- DUMAS, S., AUDET, C., BLANC, J.M., DE LA NOÛE, J. (1995a): Variation in yolk absorption and early growth of brook charr, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), and their hybrids. *Aquaculture Research* **26**: 759-764.
- DUMAS, S., AUDET, C., BLANC, J.M., DE LA NOÛE, J. (1995b): Seawater acclimation of diploid and triploid brook charr (*Salvelinus fontinalis*), diploid Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), and their diploid and triploid hybrids. *Journal of Fish Biology* **46**: 302-316.
- DUMAS, S., BLANC, J.M., VALLÉE, F., AUDET, C., DE LA NOÛE, J. (1996): Survival, growth, sexual maturation and reproduction of brook charr, *Salvelinus fontinalis* (Mitchill), Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L., and their hybrids. *Aquaculture Research* **27**: 245-253.
- DUNAJSKI, E. (1979): Texture of fish muscle. *Journal of Texture Studies* **10**: 301-318.
- ELINSON, R.P., BRIEDIS, A. (1981): Triploidy permits survival of an inviable amphibian hybrid. *Develop. Genet.* **2**: 357-367.
- ENGLBRECHT, C. (2000): Untersuchungen zur Phylogeographie und Populationsstruktur zweier paläarktischer Fischarten, der Mühlkoppe (*Cottus gobio* L.) und des alpinen Seesaiblings (*Salvelinus alpinus* L.). Dissertation: Ludwig-Maximilians-Universität München, 123 S.
- FEDERATION OF EUROPEAN AQUACULTURE PRODUCERS FEAP (2005): Aquaculture Data. Aquamedia: Trout Production in Europe. Internet: www.feap.info/feap.
- FICHTNER, D. (2001): Untersuchungsbefund vom 12.02.2001. Insel Riems. 3 S.

- FREYHOF, J. (2002): Freshwater fish diversity in Germany, threats and species extinction. In: COLLARES-PEREIRA, M.J., COWX, I.G., COELHO, M.M. (eds.): Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future. Fishing News Books, Oxford, 3-22.
- GASSNER, G. (1918): Ein neuer Dreifarbenährboden zur Typhus-Ruhr-Diagnose. Centralbl. f. Bakt. I. Orig. **80**: 219-222.
- GERSTMEIER, R. (1985): Ernährungsbiologie von Renke und Seesaibling in Königs- und Obersee im Nationalpark Berchtesgaden. *Fischer & Teichwirt* **36**: 13-18.
- GERSTNER, P. (2003): Bachsaiblinge werden Premiumfische. *Fischer & Teichwirt* **54**: 2.
- GILLET, C. (1991): Egg production in an Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) brood stock: effects of temperature on the timing of spawning and the quality of eggs. *Aquatic Living Resources* **4**: 109-116.
- GILLET, C. (1994): Egg production in Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) broodstock: effects of photoperiod on the timing of ovulation and egg quality. *Canadian Journal of Zoology* **72**: 334-338.
- GILLET, C., BRETON, B. (1992): Research work on Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) in France – broodstock management. *Búvísindi, Icel. Agr. Sci.* **6**: 25-45.
- GJEDREM, T., GUNNES, K. (1978): Comparison of growth rate in Atlantic salmon, pink salmon, Arctic char, sea trout and rainbow trout under Norwegian farming conditions. *Aquaculture* **13**: 135-141.
- GOLDES, S.A., MEAD, S.L. (1992): Susceptibility of brook trout *Salvelinus fontinalis* to infectious hematopoietic necrosis virus. *American Fisheries Society, Fish Health Section Newsletter* **20** (1): 4.
- GRAY, A.K., EVANS, M.A., THORGAARD, G.H. (1992): Viability and development of diploid and triploid salmonid hybrids. *Aquaculture* **112**: 125-142.
- GROSS, R., GUM, B., REITER, R., KÜHN, R. (2004): Genetic introgression between Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) and brook trout (*Salvelinus fontinalis*) in Bavarian hatchery stocks inferred from nuclear and mitochondrial DNA markers. *Aquaculture International* **12**: 19-32.

- GROSS, R., KÜHN, R., BAARS, M., SCHRÖDER, W., STEIN, H., ROTTMANN, O. (2001a): Genetic differentiation of European grayling populations across the Main, Danube and Elbe drainages in Bavaria. *Journal of Fish Biology* **58**: 264-280.
- GROSS, R., KÜHN, R., REITER, R. (2001b): Application of molecular markers for genetic characterization of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*), brook trout (*Salvelinus fontinalis*) and their hybrids in Bavaria. Abschlussbericht für den Landesfischereiverband Bayern e. V. und das Institut für Fischerei (nicht veröffentlicht), Freising, Tartu, Starnberg, 30 S.
- GUM, B., KÜHN, R., ROTTMANN, O. (2002): Untersuchung auf Reinerbigkeit von Saiblingsstämmen. Abschlussbericht für das Institut für Fischerei (nicht veröffentlicht), Freising, 5 S.
- HATLEN, B., AAS, G.H., JØRGENSEN, E.H., STOREBAKKEN, T., GOSWAMI, U.C. (1995): Pigmentation of 1, 2 and 3 year old Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) fed two different dietary astaxanthin concentrations. *Aquaculture* **138**: 303-312.
- HATLEN, B., JOBLING, M., BJERKENG, B. (1998): Relationships between carotenoid concentration and colour of fillets of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.), fed astaxanthin. *Aquaculture Research* **29**: 191-202.
- HECHT, W. (1984): Populationsgenetische Studien an Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus* L.) aus Königssee, Obersee und Grünsee mit Hilfe von Isoenzymen. Dissertation: Technische Universität München-Weihenstephan, 219 S.
- HJØRNGAARD LARSEN, A., TASCHNER, G., POPP, M., KLUPP, R. (2003): Eiverluste von Bachforelle (*Salmo trutta*), Seesaibling (*Salvelinus alpinus*), Bachsaibling (*Salvelinus fontinalis*) und Elsässer Saibling bei Normaltemperaturerbrütung (7,4-8,2 °C) und Kalterbrütung (4,7-5,7 °C). *Fischer & Teichwirt* **54**: 365-369.
- HOWGATE, P. (1977): Aspects of Fish Texture. In: BIRCH, G.G., BRENNAN, J.G., PARKER, K.J. (ed.): *Sensory Properties of Food*. Applied Science Publishers Ltd, London. 249-269.
- HUMPESCH, U.H. (1985): Gibt es optimale Wassertemperaturen für die Erbrütung von Salmoniden- und Thymallideneiern? *Österreichs Fischerei* **38**: 273-279.
- HUTCHINGS, J.A. (1991): Fitness consequences of variation in egg size and food abundance in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Evolution* **45**: 1162-1168.

- JOBLING, M. (1983): Influence of body weight and temperature on growth rates of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Fish Biology* **22**: 471-475.
- JOBLING, M. (1985): Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture* **44**: 83-90.
- JOBLING, M. (1987): Growth of Arctic charr (*Salvelinus alpinus* L.) under conditions of constant light and temperature. *Aquaculture* **60**: 243-249.
- JOBLING, M. (1995): Feeding of Charr in Relation to Aquaculture. *Nordic J. Freshw. Res.* **71**: 102-112.
- JOBLING, M., BAARDVIK, B.M. (1991): Patterns of growth of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, in a hatchery population. *Aquaculture* **94**: 343-354.
- JOBLING, M., JOHNSEN, H.K., PETERSEN, G.W., HENDERSON, R.J. (1995): Effect of temperature on reproductive development in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Journal of Thermal Biology* **20**: 157-165.
- JOBLING, M., JØRGENSEN, E.H., ARNESEN, A.M., RINGØ, E. (1993a): Feeding, growth and environmental requirements of Arctic charr: a review of aquaculture potential. *Aquaculture International* **1**: 20-46.
- JOBLING, M., JØRGENSEN, E.H., SIIKAVUOPIO, S.I. (1993b): The influence of previous feeding regime on the compensatory growth response of maturing and immature Arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Journal of Fish Biology* **43**: 409-419.
- JOBLING, M., REINSNES, T.G. (1987): Effect of sorting on size-frequency distributions and growth of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture* **60**: 27-31.
- JOBLING, M., TVEITEN, H., HATLEN, B. (1998): Review: Cultivation of Arctic charr: an update. *Aquaculture International* **6**: 181-196.
- JOHNSON, L. (1980): The arctic charr, *Salvelinus alpinus*. In: BALON, E.K. (ed.): Charrs, Salmonid Fishes of the Genus *Salvelinus*. Dr. W. Junk bv Publishers, The Hague, 15-98.
- JÓNSSON, B., SVAVARSSON, E. (2000): Connection between egg size and early mortality in arctic charr, *Salvelinus alpinus*. *Aquaculture* **187**: 315-317.

- JØRGENSEN, E.H., CHRISTIANSEN, J.S., JOBLING, M. (1993): Effects of stocking density on food intake, growth performance and oxygen consumption in Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture* **110**: 191-204.
- JØRGENSEN, E.H., JOBLING, M. (1989): Patterns of food intake in Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, monitored by radiography. *Aquaculture* **81**: 155-160.
- JØRGENSEN, E.H., JOBLING, M. (1990): Feeding modes in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.: the importance of bottom feeding for the maintenance of growth. *Aquaculture* **86**: 379-385.
- JUNGWIRTH, M., WINKLER, H. (1984): The temperature dependence of embryonic development of Grayling (*Thymallus thymallus*), Danube salmon (*Hucho hucho*), Arctic char (*Salvelinus alpinus*) and Brown trout (*Salmo trutta fario*). *Aquaculture* **38**: 315-327.
- KIM, B.-C. (1984): Der Schlachtkörperwert und die Fleischqualität bei Regenbogenforellen. Diss. Georg-August-Universität Göttingen, 138 S.
- KLINKHARDT, M. (2000): Wandersaibling (*Salvelinus alpinus*). *FischMagazin*, Heft 9: 79-83.
- KLUPP, R. (1998): Fischzucht und Fischgenetik. In: SCHÄPERCLAUS, W., v. LUKOWICZ, M. (Hrsg.): Lehrbuch der Teichwirtschaft. 4. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin, 15-104.
- KLUSAK, H.P. (1983): Rödning-Krimi oder sind Fisch- und Pferdehandel wirklich das gleiche? *Fischer & Teichwirt* **34**: 105-106.
- KOCH, W. (1960): Fischzucht. 3. Auflage, Paul Parey, Berlin, Hamburg.
- KOCH, K. (Hrsg.) (1987): Salmoniden. Sonderheft der Zeitschrift Blinker. Jahr-Verlag, Hamburg.
- KOTTELAT, M. (1997): European Freshwater Fishes. An heuristic checklist of the freshwater fishes of Europe (exclusive the former USSR), with an introduction for non-systematists and comments on nomenclature and conservation. *Biologica* **52** (Suppl. 5): 1-271.
- LAPATRA, S.E., PARSONS, J.E., JONES, G.R., MCROBERTS, W.O. (1993): Early Life Stage Survival and Susceptibility of Brook Trout, Coho Salmon, Rainbow Trout,

- and Their Reciprocal Hybrids to Infectious Hematopoietic Necrosis Virus. *Journal of Aquatic Animal Health* **5**: 270-274.
- LEITRITZ, E. (1980): Die Praxis der Forellenzucht. 3. Auflage, Verlag Paul Parey, Hamburg, Berlin.
- LINDINGER, H. (1997): Lindinger Forellenzucht, Werbung. *Fischer & Teichwirt* **48**: 538.
- LOVE, R.M., ROBERTSON, I., SMITH, G.L., WHITTLE, K.J. (1974): The Texture of Cod Muscle. *Journal of Texture Studies* **5**: 201-212.
- MAAß, D., REITER, R., SCHWARZ, F., STEIN, H. (1999): Ausschlachtungs- und Räucherverluste bei heiß- und kaltgeräucherten Forellen. *Fischer & Teichwirt* **50**: 183–184.
- MAYER, L. (2001a): Salmonidenhybriden. *Fischer & Teichwirt* **52**: 65-66.
- MAYER, L. (2001b): Seesaiblinge (*Salvelinus alpinus* ...) – Vermehrung, Aufzucht und Produktion in der Teichwirtschaft. *Fischer & Teichwirt* **52**: 330-331.
- MAYER, L. (2003a): Ein Diskussionsbeitrag zur „endlosen Geschichte“ über „reinrassige“ Seesaiblinge. *Fischer & Teichwirt* **54**: 45.
- MAYER, L. (2003b): Vermehrung von Seesaiblingen (*Salvelinus alpinus*). *Fischer & Teichwirt* **54**: 265-266.
- MCCORMICK, S.D., NAIMAN, R.J. (1984): Some determinants of maturation in brook trout, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture* **43**: 269-278.
- MCKAY, L.R., IHSEN, P.E., MCMILLAN, I. (1992): Growth and mortality of diploid and triploid tiger trout (*Salmo trutta* x *Salvelinus fontinalis*). *Aquaculture* **106**: 239-251.
- MCPHAIL, J.D. (1961): A systematic study of the *Salvelinus alpinus* complex in North America. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **18**: 793-816.
- MICHELMANN, H.W., SCHNIEDEWIND, H. (1983): Chromosomenuntersuchungen an Bach- und Wandersaiblingen. *Fischer & Teichwirt* **34**: 106-108.
- MIGLAVS, I., JOBLING, M. (1989): Effects of feeding regime on food consumption, growth rates and tissue nucleic acids in juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, with particular respect to compensatory growth. *J. Fish Biol.* **34**: 947-957.

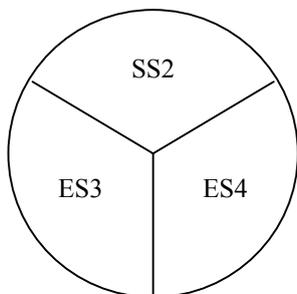
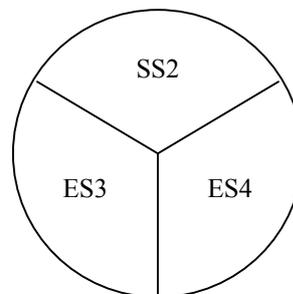
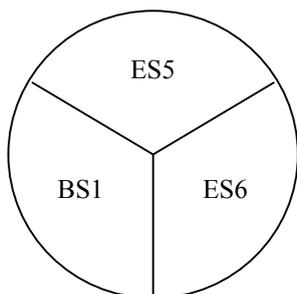
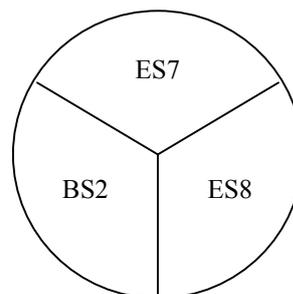
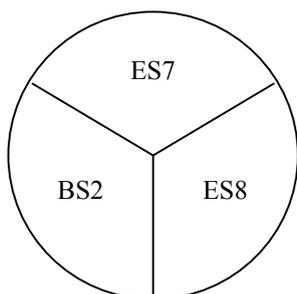
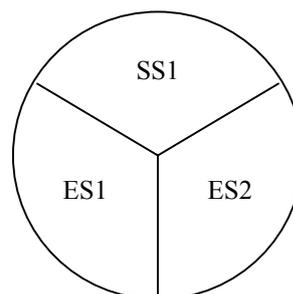
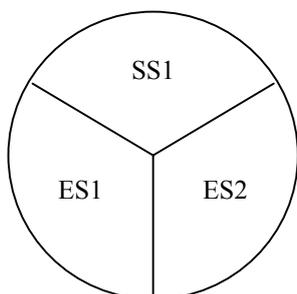
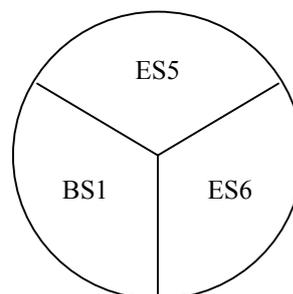
- MORAWA, F. (1983): Im Saibling (Gattung: *Salvelinus*) ist Vielfalt. *Fischer & Teichwirt* **34**: 173-175.
- MUUS, B.J., DAHLSTRÖM, P. (1998): Süßwasserfische Europas – Biologie, Fang, wirtschaftliche Bedeutung. 8. Auflage, BLV-Verlag, München.
- NEI, M., TAJIMA, F., TATENO, Y. (1983): Accuracy of estimated phylogenetic trees from molecular data. *Journal of Molecular Evolution* **19**: 153-170.
- NILSSON, J. (1992): Genetic parameters of growth and sexual maturity in Arctic Charr (*Salvelinus alpinus*). *Aquaculture* **106**: 9-19.
- NYGREN, A., NILSSON, B., JAHNKE, M. (1971): Cytological studies in *Salmo trutta* and *Salmo alpinus*. *Hereditas* **67**: 259-268.
- OBERLE, M. (1995): Einfluß von Fütterungsmaßnahmen auf Fettgehalt und Fettsäuremuster und deren Auswirkung auf die Schlachtkörper- und Fleischqualität von Karpfen (*Cyprinus carpio* L.). Diss. TU München-Weihenstephan, 214 S.
- OBERLE, M. (1998): Geschmacksvergleich zwischen heimischen Süßwasserfischen. Testieger: Saibling. *FischMagazin*, Heft 11: 79-81.
- PAPST, M.H., DICK, T.A., ARNASON, A.N., ENGEL, C.E. (1992): Effect of rearing density on the early growth and variation in growth of juvenile Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture and Fisheries Management* **23**: 41-47.
- PIWERNETZ, D. (2002): Elsässer Saibling in Deutschland auf dem Vormarsch. *Fischer & Teichwirt* **53**: 428.
- POHLHAUSEN, H. (1982): An ihrer Zeichnung sollt ihr sie erkennen... *Fisch & Fang* **23**: 614-615.
- POHLHAUSEN, H. (1983a): Seesaibling oder Bachsaibling? *Fischer & Teichwirt* **34**: 67.
- POHLHAUSEN, H. (1983b): Freiwasseraufzucht von Seesaiblingen mit Winterfütterung. *Fischer & Teichwirt* **34**: 102-104.
- PRIMMER, C.R., AHO, T., PIIRONEN, J., ESTOUP, A., CORNUET, J.-M., RANTA, E. (1999): Microsatellite analysis of hatchery stocks and natural populations of Arctic charr, *Salvelinus alpinus*, from the Nordic region: implications for conservation. *Hereditas* **130**: 277-289.

- REFSTIE, T., GJEDREM, T. (1975): Hybrids between Salmonidae species. Hatchability and growth rate in the freshwater period. *Aquaculture* **6**: 333-342.
- REHBRONN, E., RUTKOWSKI, F., JAHN, F. (1999): Das Räuchern von Fischen. 8. Auflage, Kosmos, Stuttgart.
- REICHENBACH-KLINKE, H.H. (1980): Krankheiten und Schädigungen der Fische. 2. Auflage, Gustav Fischer Verlag, Stuttgart.
- REITER, R. (1999): Vergleich von Seesaiblingen und Elsässer Saiblingen bezüglich Wachstum, Schlachtkörperzusammensetzung und Fleischfärbung. Jahresbericht der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei Starnberg, 25-26.
- REITER, R. (2000): Aus der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei Starnberg: Fortbildungstagung für Fischhaltung und Fischzucht. *Fischer & Teichwirt* **51**: 219–221.
- REITER, R. (2001): Ausschachtungsergebnisse von Bachsaiblingen und Tigerforellen (Bachsaibling x Bachforelle). Jahresbericht der Bayerischen Landesanstalt für Fischerei Starnberg, 5-6.
- ROBB, D., WARRISS, P. (1997): How killing methods affect salmonid quality. *Fish farmer* **20** (6): 48-49.
- SCALIA, S., ISAKSEN, M., FRANCIS, G.W. (1989): Carotenoids of the Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *J. Fish Biol.* **34**: 969-970.
- SCHAEERER, P.D., THORGAARD, G.H. (1983): Increased survival in salmonid hybrids by induced triploidy. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **40**: 2040-2044.
- SCHEINERT, P., BAATH, C. (2004): Fischkrankheiten und Fischsterben. Tiergesundheitsdienst Bayern e. V., Fachabteilung Fischgesundheitsdienst, 44 S.
- SCHMID, J. (1998): Die Renaissance des Bachsaiblings. *Fischer & Teichwirt* **49**: 227.
- SCHMID, J. (2000): Zur Fischerei des Seesaiblings. *Fischer & Teichwirt* **51**: 312.
- SCHMID, J. (2002): Einiges über den Elsässer Saibling. *Fischer & Teichwirt* **53**: 348-349.
- SCHMIDT-LUCHS, C.W. (1997): Die Schönen aus dem Eis. *Blinker*, Heft 10: 136-141.

- SCHRECK, C.B., MOYLE, P.B. (eds.) (1990): *Methods for Fish Biology*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.
- SCHRECKENBACH, K., WEDEKIND, H. (1998): Einfluß der Angelfischerei und der Behandlung nach dem Fang auf die Streßreaktionen und die Qualität von Regenbogenforellen und Rotaugen. *AFZ-Fischwaid*, Heft 6: 16-18.
- SCHULTE, W. (1998): Namaycush-Saibling – Der Königsfisch Kanadas. *Fisch & Fang* **39** (11): 92-94.
- SCHURIG, H. (2001): Saibelle, Forbling und dergleichen. *Petri-Heil* **52** (12): 42-43.
- SCHWARZ, F.J. (1998): Fischernahrung. In: SCHÄPERCLAUS, W., v. LUKOWICZ, M. (Hrsg.): *Lehrbuch der Teichwirtschaft*. 4. Auflage, Parey Buchverlag, Berlin, 105-156.
- SIKAVUOPIO, S.I., JOBLING, M. (1995): The Effects of Stocking Density on Survival and Growth of Wild-caught Arctic Char. *Nordic J. Freshw. Res.* **71**: 419-423.
- SMITH, S.H. (1970): Trends in fishery management of the Great Lakes. In: BENSON, N.G. (ed.): *A Century of Fisheries in North America*. *Am. Fish. Soc.*, Spec. Publ. No. 7: 107-114.
- SMITH, S.H. (1972): The future of salmonid communities in the Laurentian Great Lakes. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada* **29**: 951-957.
- SOGURI, M. (1936): On hybrids among trouts. *Suisan Kenkyu-shi* **31**: 251-258.
- STEIN, H., ROTTMANN, O., KÜHN, R., GROSS, R., FUCHS, H., HÄNFLING, B., SCHLEE, P., ANASTASSIADIS, C., BORN, O. (2000): Genetische Differenzierung von Fischpopulationen bayerischer Gewässer. *Bayerns Fischerei + Gewässer, Schriftenreihe des Landesfischereiverbandes Bayern* Heft 4, München, 16 S.
- STEINBACH, G. (Hrsg.) (1984): *Süßwasserfische in europäischen Gewässern*. Mosaik Verlag, München.
- STEINER, V. (1984): Die Kultivierung des Seesaiblings – *Salvelinus alpinus* L. –. *Österreichs Fischerei* **37**: 15-23.
- STILLWELL, E.J., BENFEY, T.J. (1996a): Survival potential of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Aquacul. Assoc. Canada* (2): 41-43.

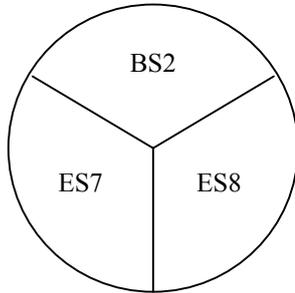
- STILLWELL, E.J., BENFEY, T.J. (1996b): Hemoglobin level, metabolic rate, opercular abduction rate and swimming efficiency in female triploid brook trout (*Salvelinus fontinalis*). *Fish Physiology and Biochemistry* **15** (5): 377-383.
- SUTTERLIN, A.M., MACFARLANE, L.R., HARMON, P. (1977): Growth and salinity tolerance in hybrids within *Salmo sp.* and *Salvelinus sp.* *Aquaculture* **12**: 41-52.
- SUZUKI, R., FUKUDA, Y. (1971a): Survival potential of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* **21**: 69-83.
- SUZUKI, R., FUKUDA, Y. (1971b): Growth and survival of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* **21**: 117-138.
- SUZUKI, R., FUKUDA, Y. (1973a): Appearance and numerical characters of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* **23**: 5-32.
- SUZUKI, R., FUKUDA, Y. (1973b): Sexual maturity of F1 hybrids among salmonid fishes. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.* **23**: 57-74.
- SVÄRDSON, G. (1945): Chromosome Studies of Salmonidae. *Report Inst. Freshwater Res. Drottningholm* **23**: 1-151.
- TABACHEK, J.L. (1986): Influence of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L.. *J. Fish Biol.* **29**: 139-151.
- TABACHEK, J.L. (1988): The effect of Feed Particle Size on the Growth and Feed Efficiency of Arctic charr [*Salvelinus alpinus* (L.)]. *Aquaculture* **71**: 319-330.
- UYENO, T. (1972): Chromosomes of offspring resulting from crossing coho salmon and brook trout. *Jap. J. Ichthyol.* **19**: 166-171.
- VIJAYAN, M.M., LEATHERLAND, J.F. (1988): Effect of stocking density on the growth and stress-response in brook charr, *Salvelinus fontinalis*. *Aquaculture* **75**: 159-170.
- WAHLI, T. (1997a): Merkblatt über die Furunkulose der Salmoniden. Bundesamt für Veterinärwesen und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 4 S.
- WAHLI, T. (1997b): Merkblatt über die Hämorrhagische Virus-Septikämie (VHS, Forellenseuche, Egtved-Krankheit). Bundesamt für Veterinärwesen und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 5 S.

- WAHLI, T. (1997c): Merkblatt über die Infektiöse Hämatopoetische Nekrose (IHN). Bundesamt für Veterinärwesen und Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, Bern, 3 S.
- WALLACE, J.C., AASJORD, D. (1984a): The initial feeding of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*) alevins at different temperatures and under different feeding regimes. *Aquaculture* **38**: 19-33.
- WALLACE, J.C., AASJORD, D. (1984b): An investigation of the consequences of egg size for the culture of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *J. Fish Biol.* **24**: 427-435.
- WALLACE, J.C., KOLBEINSHAVN, A.G. (1988): The effect of Size Grading on Subsequent Growth in Fingerling Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* **73**: 97-100.
- WALLACE, J.C., KOLBEINSHAVN, A.G., REINSNES, T.G. (1988): The effect of Stocking Density on Early Growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture* **73**: 101-110.
- WARRISS, P.D., ROBB, D. (1997): Methods of handling and killing are crucial to quality. *Fish farmer* **20** (3): 12-13.
- WEDEKIND, H. (1991): Untersuchungen zur Produktqualität Afrikanischer Welse (*Clarias gariepinus*) in Abhängigkeit von genetischer Herkunft, Fütterung, Geschlecht und Schlachalter. Diss. Georg-August-Universität Göttingen, 176 S.
- WEDEKIND, H. (2002): Bestimmung der Produktqualität bei Fischen. Schriften des Instituts für Binnenfischerei e. V., Band 11, Potsdam-Sacrow, 43 S.
- WILSON, C.C., HEBERT, P.D.N., REIST, J.D., DEMPSON, J.B. (1996): Phyleography and postglacial dispersal of arctic charr *Salvelinus alpinus* in North America. *Molecular ecology* **5**: 187-197.
- WRAY, T. (1998): Yukon charr: the next „gold rush“. *Fish Farming International* **25** (2): 46-50.
- YAMAMOTO, T., CLERMONT, T.J. (1990): Multiplication of infectious hematopoietic necrosis virus in rainbow trout following immersion infection: organ assay and electron microscopy. *Journal of Aquatic Animal Health* **2**: 261-270.

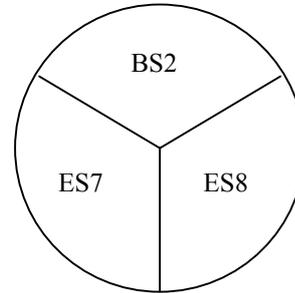
10 ANHANG**Anhang 1: Erbrütung im Brutschrank, Durchgang I (10/1998-12/1998)****Schale 1****Schale 2****Schale 3****Schale 4****Schale 5****Schale 6****Schale 7****Schale 8**

Anhang 2: Erbrütung im Brutschrank, Durchgang II (10/1999-12/1999)

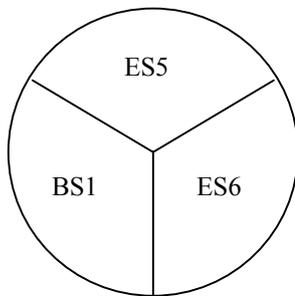
Schale 1



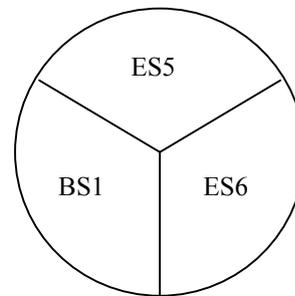
Schale 2



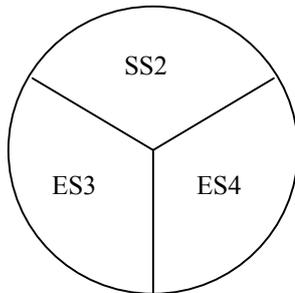
Schale 3



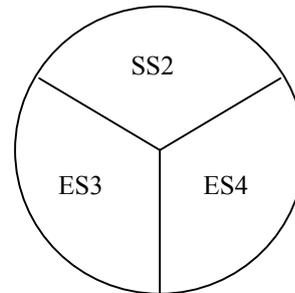
Schale 4



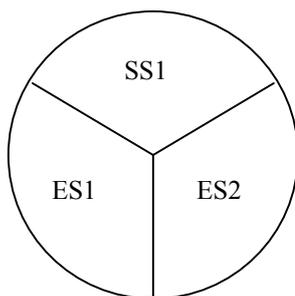
Schale 5



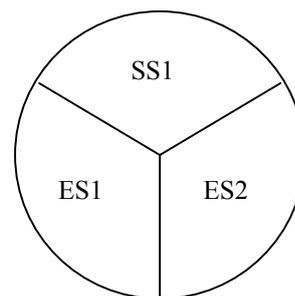
Schale 6



Schale 7



Schale 8



Anhang 3: Brutaufzucht in Unterstromkästen, Durchgang I (12/1998-05/1999)**Unterstromkasten 1**

SS2	ES5	ES6	ES3	ES4	BS1
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 2

SS1	ES7	ES8	ES1	ES2	BS2
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 3

ES1	ES2	BS2	SS1	ES7	ES8
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 4

ES3	ES4	BS1	SS2	ES5	ES6
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Anhang 4: Brutaufzucht in Unterstromkästen, Durchgang II (12/1999-05/2000)

Unterstromkasten 1

BS1	BS2	ES5	ES6	ES7	ES8
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 2

SS1	SS2	ES1	ES2	ES3	ES4
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 3

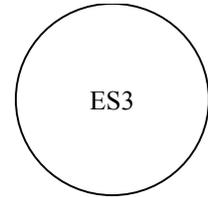
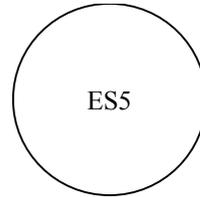
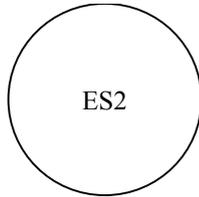
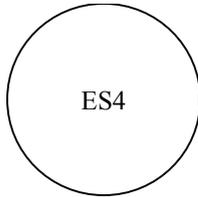
ES2	ES3	ES4	SS1	SS2	ES1
-----	-----	-----	-----	-----	-----

Unterstromkasten 4

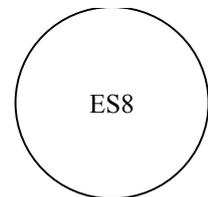
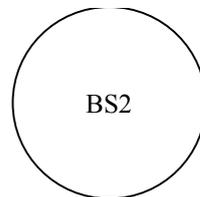
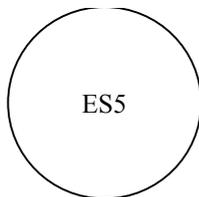
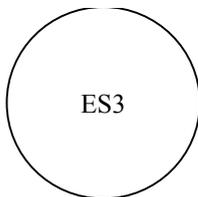
ES6	ES7	ES8	BS1	BS2	ES5
-----	-----	-----	-----	-----	-----

**Anhang 5: Setzlingsaufzucht in Rundstrombecken (Bruthaus), Durchgang I
(05/1999-01/2000)**

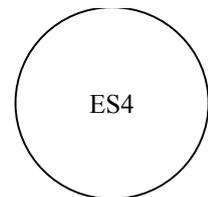
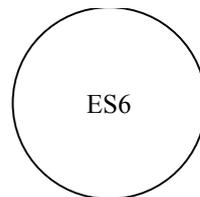
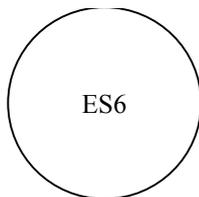
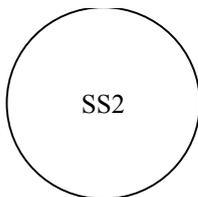
Rundstrombecken 1 Rundstrombecken 7 Rundstrombecken 13 Rundstrombecken 19



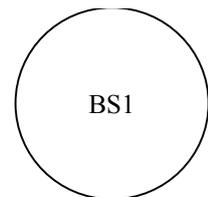
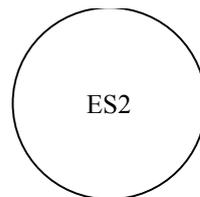
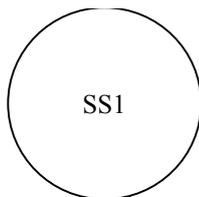
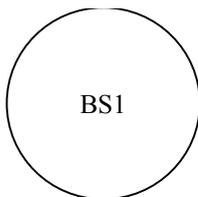
Rundstrombecken 2 Rundstrombecken 8 Rundstrombecken 14 Rundstrombecken 20



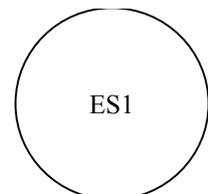
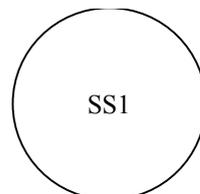
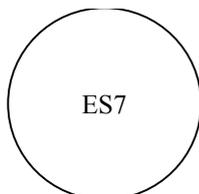
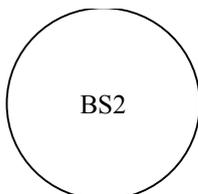
Rundstrombecken 3 Rundstrombecken 9 Rundstrombecken 15 Rundstrombecken 21



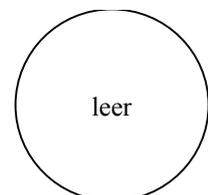
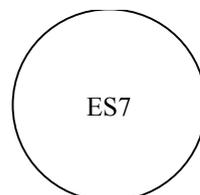
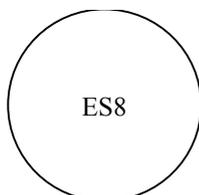
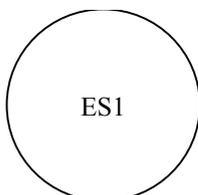
Rundstrombecken 4 Rundstrombecken 10 Rundstrombecken 16 Rundstrombecken 22



Rundstrombecken 5 Rundstrombecken 11 Rundstrombecken 17 Rundstrombecken 23

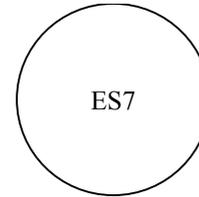
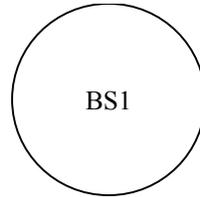
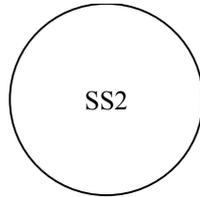
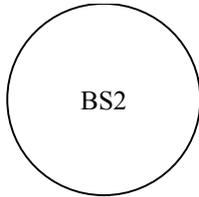


Rundstrombecken 6 Rundstrombecken 12 Rundstrombecken 18 Rundstrombecken 24

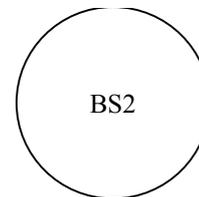
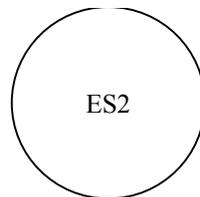
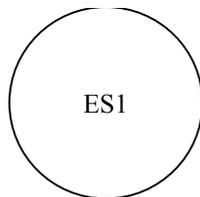
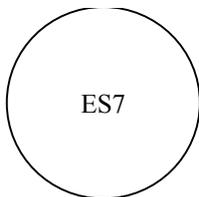


**Anhang 6: Setzlingsaufzucht in Rundstrombecken (Bruthaus), Durchgang II
(05/2000-01/2001)**

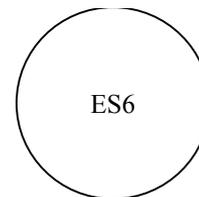
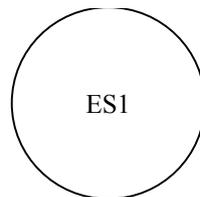
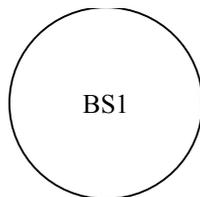
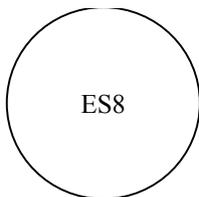
Rundstrombecken 1 Rundstrombecken 7 Rundstrombecken 13 Rundstrombecken 19



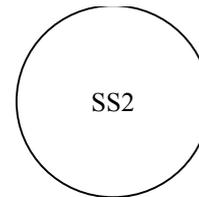
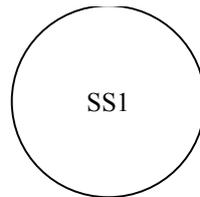
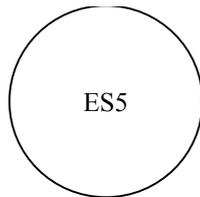
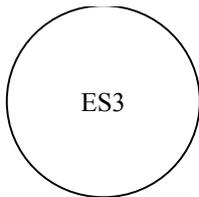
Rundstrombecken 2 Rundstrombecken 8 Rundstrombecken 14 Rundstrombecken 20



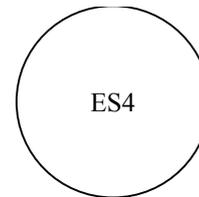
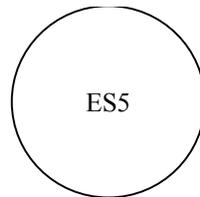
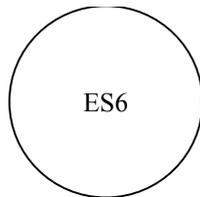
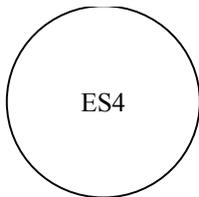
Rundstrombecken 3 Rundstrombecken 9 Rundstrombecken 15 Rundstrombecken 21



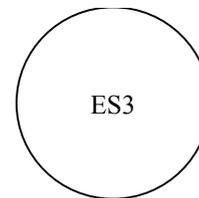
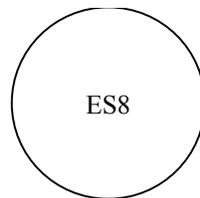
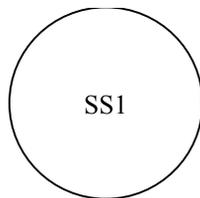
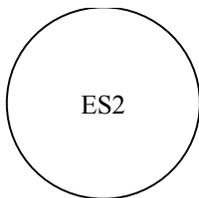
Rundstrombecken 4 Rundstrombecken 10 Rundstrombecken 16 Rundstrombecken 22

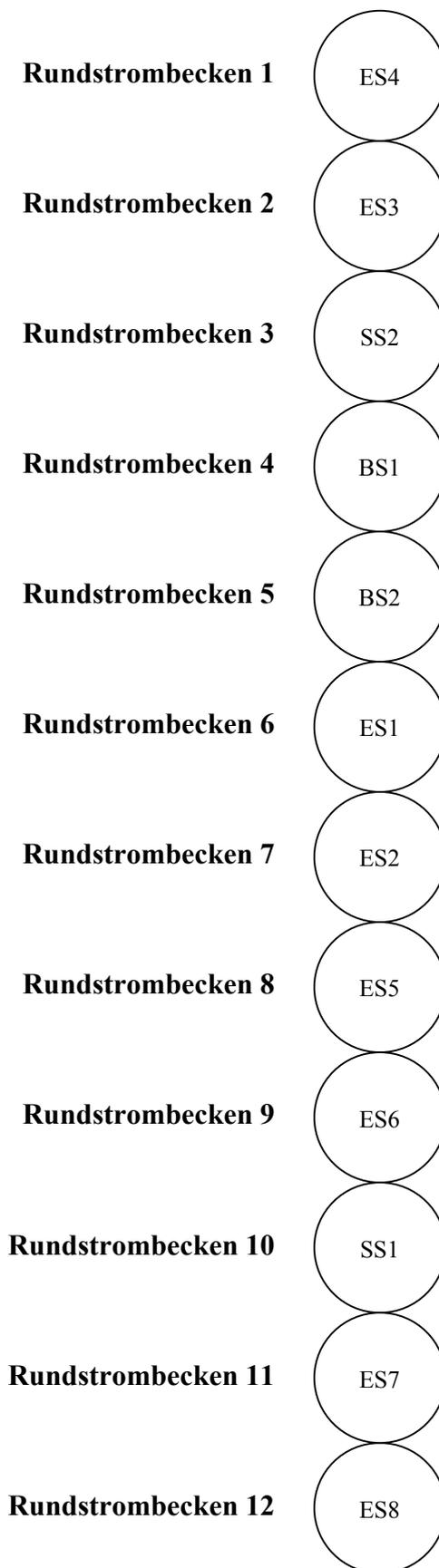


Rundstrombecken 5 Rundstrombecken 11 Rundstrombecken 17 Rundstrombecken 23

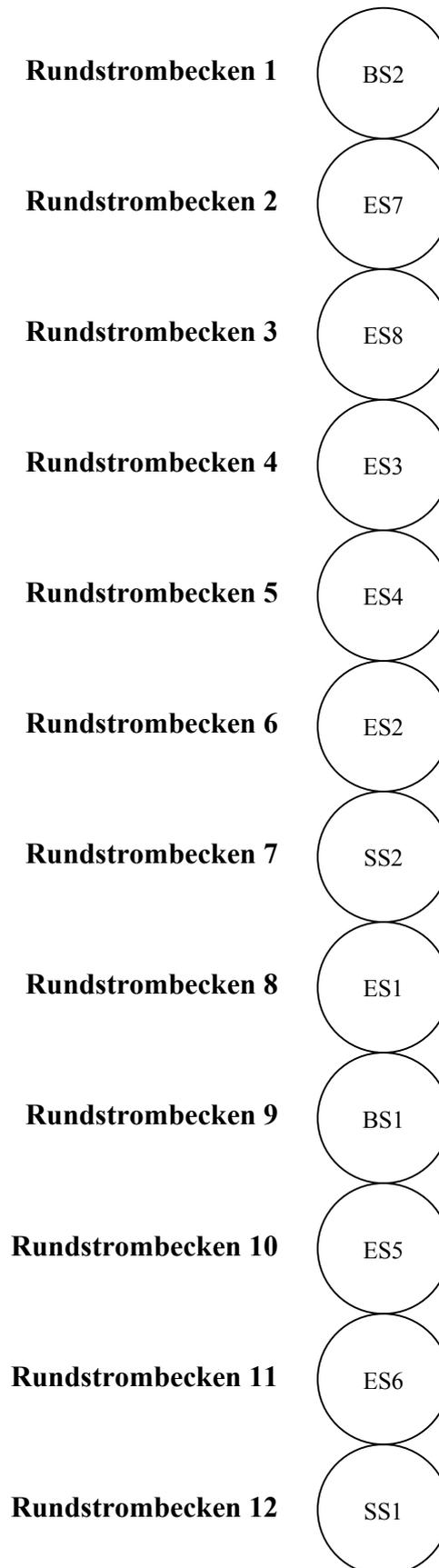


Rundstrombecken 6 Rundstrombecken 12 Rundstrombecken 18 Rundstrombecken 24



**Anhang 7: Speisefischproduktion in Rundstrombecken (Außenanlage), Durchgang I
(01/2000-01/2001)**

**Anhang 8: Speisefischproduktion in Rundstrombecken (Außenanlage), Durchgang
II (01/2001-01/2002)**



Anhang 9: Inhaltsstoffe der eingesetzten Futtermittel

Futtermittel	in FS	Trouvit Perla Marine Response		Trouvit pro aqua Brut						Trouvit pro aqua 20					BioMar Ecolife 10		
		5.0	4.0	00	0	1A	1	2	2A	5	3	4,5					
Inhaltsstoffe:																	
Rohprotein	%	60,0	60,0	60,0	60,0	60,0	55,0	46,0	46,0	44,0	48,5						
Rohfett	%	14,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	20,0	20,0	22,0	24,0						
Kohlenh. (NfE)	%			6,7	6,7	6,7	10,6	17,4	17,4	17,7	11,3						
Rohfaser	%	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,7	0,9	0,9	1,1	0,9						
Rohasche	%	10,8	10,8	10,6	10,6	10,6	10,0	7,8	7,8	10,0	7,8						
Phosphor	%			1,2	1,2	1,2	1,2	0,9	0,9	1,1	0,9						
Lysin	%			4,6	4,6	4,6	4,2	3,1	3,1	2,9							
Met. + Cys.	%										1,4						
Energie:	pro kg																
Bruttoenergie	MJ			21,4	21,4	21,4	20,9	22,0	22,0	22,0	23,2						
Verdauliche E.	MJ			19,3	19,3	19,3	18,7	19,4	19,4	19,4							
Umsetzbare E.	MJ										18,9						
Zusatzstoffe:	pro kg																
Vitamin A	I.E.	20.000	20.000	15.000	15.000	15.000	15.000	20.000	20.000	20.000	9.000						
Vitamin D3	I.E.	2.200	2.200	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500	1.500							
Vitamin E	mg	500	500	150	150	150	150	150	150	150	250						
Vitamin C	mg	1.000	1.000														
BHT	mg			+	+	+	+	+	+	+	60						
Ethoxyquin	mg										80						
Astaxanthin	mg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50						
											75						

LEBENS LAUF

Name: Reinhard Herbert Reiter

Geboren am: 08. Februar 1967 in Wertingen, Lkr. Dillingen, Bayern

Familienstand: verheiratet mit Birgit Reiter
3 Kinder: Sebastian, Lukas und Jonas

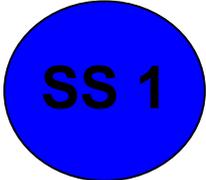
Schulbildung: 1973-1977: Grundschule Erlingen
1977-1987: Gymnasium Wertingen
1987: Allgemeine Hochschulreife

Studium: 1988-1994: Studium der Agrarwissenschaften, Studienrichtung
Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues
an der TU München-Weihenstephan
1994: Diplom-Hauptprüfung (Dipl.-Ing. agr.)

Beruf: 1994-1996: Landwirtschaftsreferendar an den Landwirtschafts-
ämtern Schrobenhausen und Weißenburg und an der
Regierung von Unterfranken in Würzburg
1996: Große Staatsprüfung für den höheren landwirtschaftli-
chen Beratungs- und Fachschuldienst in der Fachrich-
tung Landwirtschaft, Schwerpunkt Betriebswirtschaft
1996-1997: Sachgebietsleiter im Milchviehteam am Landwirt-
schaftsamt Friedberg
seit 1997: Leiter des Arbeitsbereiches Forellenteichwirtschaft und
Stellvertretender Ausbildungsleiter an der Bayerischen
Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Fischerei
Starnberg

Einlegeblatt: Kreuzungsschema

Hinweis:
 Dieses Einlegeblatt kann zur besseren Übersichtlichkeit entnommen und neben den Text gelegt werden. So ist ein schneller Überblick über die Abstammung der zwölf Kreuzungsvarianten möglich.

	SS 1 ♂	SS 2 ♂	BS 1 ♂	BS 2 ♂
SS 1 ♀		--		
SS 2 ♀	--			
BS 1 ♀				--
BS 2 ♀			--	

SS: Seesaibling, BS: Bachsaibling, ES: Elsässer Saibling

