

**Beutepräferenzen
juvener Hechte (*Esox lucius* LINNAEUS, 1758) –
in vitro-Untersuchungen zur Dichteregulation von
Populationen der Familie *Cyprinidae* (Pisces)**

DISSERTATION

zur Erlangung des Doktorgrades
der Fakultät für Forstwissenschaft und Waldökologie
der Georg-August-Universität Göttingen

vorgelegt von
Diplom-Forstwirt Wolfgang Hiltcher
geboren in Stockhausen/Meschede (NRW)

Göttingen, 2000

D7

1. Berichterstatter: Prof. Dr. A. Lelek
2. Berichterstatter: Prof. Dr. W. Sanders

Tag der mündlichen Prüfung: 14.09.2000

Berichte aus der Biologie

Wolfgang Hiltcher

**Beutepräferenzen
juvener Hechte (*Esox lucius* LINNAEUS, 1758) –
in vitro-Untersuchungen zur Dichteregulation von
Populationen der Familie *Cyprinidae* (Pisces)**

D7(Diss. Universität Göttingen)

Shaker Verlag
Aachen 2001

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

Hiltscher, Wolfgang:

Beutepräferenzen juveniler Hechte (*Esox lucius* LINNAEUS, 1758) –
in vitro-Untersuchungen zur Dichteregulation von Populationen
der Familie *Cyprinidae* (Pisces) / Wolfgang Hiltscher.

Aachen: Shaker, 2001

(Berichte aus der Biologie)

Zugl.: Göttingen, Univ., Diss., 2000

ISBN 3-8265-9320-0

Copyright Shaker Verlag 2001

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8265-9320-0

ISSN 0945-0688

Shaker Verlag GmbH • Postfach 1290 • 52013 Aachen
Telefon: 02407/95 96 - 0 • Telefax: 02407/95 96 - 9
Internet: www.shaker.de • eMail: info@shaker.de

3rd Fisherman: [...] Master, I marvel how the fishes live in the sea.

1st Fisherman: Why, as men do a-land: the great ones eat up the little ones. I can compare our rich misers to nothing so fitly as to a whale: a'plays and tumbles, driving the poor fry before him, and at last devours them all at a mouthful. Such whales have I heard on a'th'land, who never leave gaping till they swallow'd the whole parish, church, steeple, bells and all.

Pericles [aside]: A pretty moral.

SHAKESPEARE (*Pericles*, Akt 2, Szene 1, Zeile 26–35)

Dritter Fischer: [...] Herr, ich frage mich, wie die Fische im Meer leben.

Erster Fischer: Nun, so wie die Menschen auf dem Land. Die Großen fressen die Kleinen. Ich kann unsre reichen Geizkragen mit nichts so passend vergleichen wie mit einem Wal: Er spielt und springt und treibt die kleinen Fische vor sich her, und zuguterletzt verschlingt er sie mit einem Bissen. Ich habe von solchen Walen an Land gehört, die nicht eher davon ablassen, ihr Maul weit aufzureißen, bevor sie die ganze Gemeinde verschlungen haben, mit Kirche, Kirchturm, Glocken und allem.

Pericles [beiseite]: Eine schöne Moral.

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen	VIII
Verzeichnis der Tabellen	XIV
Vorwort	XVII
1. Ausgangssituation und Problemstellung	1
1.1 Das Trophie- und Substratproblem	1
<i>Von Brachsen, Rotaugen und Giebel ...</i>	1
<i>... und dem Fehlen der Hechte</i>	2
1.2 Von idealen Räuber-Beute-Systemen ...	5
<i>„Balanced populations“ durch Dichteanpassung?</i>	5
<i>„Imbalance“ als ichthyozönotische Realität?</i>	6
1.3 ... und der Besatzproblematik	10
<i>„Ichthyoeutrophication“ und die sozioökonomischen Folgen</i>	10
<i>Raubfischbesatz als Problemlösung?</i>	12
2. Die ethologische Dimension der Dichteregulation	20
2.1 Vom whole-lake-Experiment zum Labormaßstab	20
2.2 Das Organismus-Umwelt-Modell als operationale Hilfe	21
2.3 Über die Vielfalt der Termini	22
<i>Von der begrifflichen Wirrnis</i>	22
<i>Zum Begriff der Präferenz</i>	23
3. Zur Ökoethologie des Hechtes	25
3.1 Das Beutefangverhalten	25
<i>Der Hecht – „stalker“ oder „ambush predator“?</i>	25
<i>Der Beutefang als Sequenz fixer Teilhandlungen</i>	26
<i>Der Hecht als Nahrungsopportunist und -generalist</i>	27
<i>Beutepräferenzen des Hechtes</i>	28
<i>Zur maximalen und optimalen Beutegröße des Hechtes</i>	29
3.2 Antipredation-Strategien der Beutefische	31
<i>Von Stachelrittern ...</i>	31
<i>... „unbewaffneten“ Cypriniden und offenen Fragen</i>	33
4. Das Versuchskonzept	38
4.1 Arbeitsziele, Versuchsansatz und statistische Analyse	38
<i>Die Ziele der Arbeit</i>	38

	<i>Der Versuchsansatz</i>	39
	<i>Die statistische Analyse</i>	41
4.2	Die Versuchstiere – Probleme mit Terminologie und Methodik	41
	<i>Zur Wahl des Hechtes als Raubfisch</i>	41
	<i>Das Problem mit den Beutefischen</i>	43
4.3	Von Störfaktoren und ihrer Behebung	45
5.	Material und Methoden	48
5.1	Orientierende Vorversuche ...	48
5.1.1	... zur Lernfähigkeit der Beutefische	48
	<i>Versuchstiere und -material</i>	48
	<i>Versuchsdurchführung</i>	49
5.1.2	... zur Bestimmung der <i>handling</i>-Zeit	50
	<i>Versuchstiere und -material</i>	50
	<i>Versuchsdurchführung</i>	51
5.1.3	... zur lokomotorischen Aktivität der Beutefische	52
	<i>Versuchstiere und -material</i>	52
	<i>Versuchsdurchführung</i>	53
5.1.4	... zum „Grad der Nähe“ der Beutefische	53
	<i>Versuchstiere und -material</i>	53
	<i>Versuchsdurchführung</i>	54
5.1.5	... zur Identität von präferierter und gefressener Beute	55
	<i>Versuchstiere und -material</i>	55
	<i>Versuchsdurchführung</i>	55
5.2	... zur Identifizierung der maximalen Beutegröße	57
	<i>Versuchstiere und -material</i>	57
	<i>Versuchsdurchführung</i>	58
5.3	Fütterungsversuche mit vorgestreckten Hechten	59
5.3.1	Binäre Wahlversuche	59
	<i>Versuchstiere und -material</i>	59
	<i>Versuchsdurchführung</i>	61
5.3.2	Multiple Wahlversuche	63
	<i>Versuchstiere und -material</i>	63
	<i>Versuchsdurchführung</i>	65
5.4	Fütterungsversuche mit „größeren“ Hechten	67

5.4.1	Binäre Wahlversuche ...	67
5.4.1.1	... mit Brachsen und Rotaugen	67
	<i>Versuchstiere und -material</i>	67
	<i>Versuchsdurchführung</i>	68
5.4.1.2	... mit „Karauschen“	68
	<i>Versuchstiere und -material</i>	68
	<i>Versuchsdurchführung</i>	69
5.4.2	Multiple Wahlversuche ...	71
5.4.2.1	... mit Brachsen	71
	<i>Versuchstiere und -material</i>	71
	<i>Versuchsdurchführung</i>	71
5.4.2.2	... mit Rotaugen	71
	<i>Versuchstiere und -material</i>	71
	<i>Versuchsdurchführung</i>	72
5.4.2.3	... mit „Karauschen“	73
	<i>Versuchstiere und -material</i>	73
	<i>Versuchsdurchführung</i>	74
5.4.3	enclosure-Versuche	74
	<i>Versuchstiere und -material</i>	74
	<i>Versuchsdurchführung</i>	77
6.	Ergebnisse	79
6.1	Orientierende Vorversuche ...	79
6.1.1	... zur Lernfähigkeit der Beutefische	79
	<i>Die logistische Analyse</i>	80
6.1.2	... zur Bestimmung der <i>handling</i>-Zeit	83
6.1.3	... zur lokomotorischen Aktivität der Beutefische	85
	<i>Aktiver und inaktiver Zustand der Beutefische</i>	85
	<i>Zeitgleich gleiche und unterschiedliche lokomotorische Aktivität</i>	87
6.1.4	... zum „Grad der Nähe“ der Beutefische	89
6.1.5	... zur Identität von präferierter und gefressener Beute	91
	<i>Die logistische Analyse</i>	91
6.2	Die Identifizierung der maximalen Beutegröße	92
6.2.1	Beschreibende Darstellung der Ergebnisse	92
	<i>Maximal freißbare Standardlängen und maximale Körperhöhen</i>	92

	<i>Das Herauswürgen der Beute</i>	95
6.2.2	Die logistische Analyse	95
	<i>Das Modell</i>	95
	<i>Das Problem mit dem geringen Datenumfang</i>	98
	<i>Die Herleitung maximaler Beutefischgrößen als Referenzwerte</i>	99
6.3	Wahlversuche mit vorgestreckten Hechten	102
6.3.1	Versuche mit binärer Wahlmöglichkeit	102
	<i>Das Ereignis, daß ein Beutefisch gefressen wurde</i>	102
	<i>Die logistische Analyse</i>	105
	<i>Das Ereignis, daß beide Beutefische gefressen wurden</i>	107
	<i>Die logistische Analyse</i>	108
6.3.2	Versuche mit multipler Wahlmöglichkeit ...	109
6.3.2.1	... mit 20, 40 und 100 Beutefischen	109
	<i>Die statistische Analyse</i>	112
6.3.2.2	... mit 150 Beutefischen	114
6.4	Wahlversuche mit „größeren“ Hechten	117
6.4.1	Binäre Wahlversuche ...	117
6.4.1.1	... mit Brachsen und Rotaugen	117
	<i>Beutefischkombinationen mit unterschiedlichen Standardlängen</i>	118
	<i>Kombinationen mit identischen Standardlängen</i>	120
	<i>Die logistische Analyse</i>	121
6.4.1.2	... mit „Karauschen“	124
	<i>Kombinationen mit unterschiedlichen Standardlängen</i>	125
	<i>Kombinationen mit identischen Standardlängen</i>	126
	<i>Relative Körperflächen und Schlankheitsgrade</i>	128
	<i>Die statistische Analyse</i>	130
6.4.2	Multiple Wahlversuche ...	133
6.4.2.1	... mit Rotaugen	133
6.4.2.2	... mit Brachsen	135
	<i>Die logistische Analyse</i>	136
6.4.2.3	... mit „Karauschen“	138
	<i>Versuche mit großen und kleinen „Karauschen“</i>	138
	<i>Versuche mit hohen und niedrigen „Karauschen“</i>	141
	<i>Versuche mit „Karauschen“ je individueller Größe</i>	145

6.4.3	enclosure-Versuche	147
	<i>enclosure 1 und 2</i>	147
	<i>enclosure 3</i>	150
7.	Diskussion	151
7.1	Die Identifizierung der maximalen Beutegröße	151
	<i>Der limitierende Faktor – Körperlänge oder Körperhöhe?</i>	151
	<i>Maximale Beutefischgrößen im Literaturvergleich</i>	158
7.2	Fütterungsversuche mit vorgestreckten Hechten	162
7.2.1	Zum Wahlverhalten vorgestreckter Hechte	162
	<i>„Optimal foraging theory“ als Erklärung des Fraßverhaltens?</i>	163
	<i>Kontrast und lokomotorische Aktivität der Beutefische</i>	168
	<i>Individueller Nahrungsinput – eine Funktion der Kohortendichte?</i>	170
7.2.2	Diskussion der Ergebnisse unter <i>in vivo</i>-Bedingungen	173
	<i>Größenkompatibilität bei natürlicher Reproduktion</i>	174
	<i>Besatz als Kompatibilitätsproblem?</i>	176
	<i>Insektenlarven als „emergency-food“</i>	182
	<i>Zooplanktivor–insektivor–piscivor oder zooplanktivor–piscivor?</i>	183
	<i>Besatz mit 0+ Hechten – vorprogrammierte Fehlschläge?</i>	184
	<i>Die Lehren aus dem Dilemma</i>	186
7.3	Fütterungsversuche mit „größeren“ Hechten	189
7.3.1	Faktoren bei der Beutewahl – Körperlänge oder -höhe?	189
	<i>Die binären Wahlversuche</i>	189
	<i>Die multiplen Wahlversuche</i>	192
7.3.2	Synthese und externe Validität	193
7.4	Dichteregulation über <i>predator-prey relationships</i>?	195
7.4.1	Die nordamerikanischen Arbeiten	196
	<i>Von der „SWINGLESchen Alabama method of pond management“ ...</i>	196
	<i>... zum „AP/P value“ von JENKINS & MORAIS (1978)</i>	198
	<i>Indizes auf 0+ Kohortenbasis?</i>	199
7.4.2	Modellfall „Schusterwörther Altrhein“	204
	<i>Von der „Kinderstube der Rheinfische“ ...</i>	204
	<i>... über „managed marshes“ hin zum Steuerungsmodell</i>	206
8.	Zusammenfassung	210
9.	Literaturverzeichnis	213

Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1	Trophiebedingte Instabilitäten innerhalb der Gewässerbiozönose als kausales Beziehungsgefüge	8
Abb. 2	Ursachen und sozioökonomische Folgen der Instabilitäten innerhalb cypriniden-dominierter Ichthyozönosen	11
Abb. 3	Organismus-Umwelt-Modell am Beispiel des Systems „Hecht-Beute“	24
Abb. 4	Morphologische Kenngrößen der Beutefische am Beispiel von <i>Abramis brama</i>	39
Abb. 5	Übersicht über die zugrundegelegte Versuchsstruktur	40
Abb. 6	Beckenanlage zur Durchführung von Fütterungsversuchen mit „größeren“ Hechten	49
Abb. 7	Beckenanlage zur Durchführung von Fütterungsversuchen mit vorgestreckten Hechten	61
Abb. 8	Übersicht über die Struktur der multiplen Wahlversuche mit vorgestreckten Hechten	63
Abb. 9	Kopierte „Karauschen“ mit unterschiedlichem Längen-Höhen-Verhältnis	70
Abb. 10	Übersicht über die Struktur der multiplen Wahlversuche mit „größeren“ Hechten	72
Abb. 11	Lage der Teichanlage zur Durchführung der <i>enclosure</i> -Versuche	76
Abb. 12	Ansicht auf die <i>enclosure</i>	77
Abb. 13	Absolute Häufigkeiten gefressener und nicht gefressener Beutefische in Abhängigkeit vom Grad ihrer Erfahrung	79
Abb. 14	Wahrscheinlichkeit für einen Beutefisch, gefressen zu werden, in Abhängigkeit vom Grad seiner Erfahrung	83
Abb. 15	Abhängigkeit der <i>handling</i> -Zeit von der relativen Standardlänge der Beute	84
Abb. 16	Relative Häufigkeiten der Verhaltensweisen „aktiv“ und „inaktiv“ bei den Beutefischen innerhalb und zwischen den Versuchen	86
Abb. 17	Relative Häufigkeiten zeitgleich gleicher und verschiedener Aktivität der Beutefische innerhalb der einzelnen Versuche	88
Abb. 18	Vergleich der relativen Häufigkeiten von zeitgleich gleichen und verschiedenen Aktivitäten der Beutefische zwischen den Beutefischkombinationen sowie gepoolt zu Gesamthäufigkeiten	88

Abb. 19	Relative Häufigkeiten der beiden Zustände <i>aggregated</i> und <i>separated</i> zwischen den Versuchen und Beutefischkombinationen	90
Abb. 20	Relative Häufigkeiten der beiden Zustände <i>aggregated</i> und <i>separated</i> zwischen den Beutefischkombinationen sowie gepoolt zu Gesamthäufigkeiten	90
Abb. 21	Absolute Häufigkeiten der Entscheidung „Gefressen ja/nein“ sowie für das Herauswürgen der Beute in Abhängigkeit von der relativen Standardlänge der Beutefische	93
Abb. 22	Absolute Häufigkeiten der Entscheidung „Gefressen ja/nein“ sowie für das Herauswürgen der Beute in Abhängigkeit von der relativen maximalen Körperhöhe der Beutefische	94
Abb. 23	Darstellung der Fraßwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von relativer Standardlänge und relativer maximaler Körperhöhe der Beute beim Moderlieschen	96
Abb. 24	Darstellung der Fraßwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von relativer Standardlänge und relativer maximaler Körperhöhe der Beute beim Bitterling	97
Abb. 25	Darstellung der Fraßwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von relativer Standardlänge und relativer maximaler Körperhöhe der Beute beim Karpfen	98
Abb. 26	Modellierte Abhängigkeit der Fraßwahrscheinlichkeit von der relativen Standardlänge der Beute beim Moderlieschen	100
Abb. 27	Modellierte Abhängigkeit der Fraßwahrscheinlichkeit von der relativen Standardlänge der Beute beim Bitterling	100
Abb. 28	Modellierte Abhängigkeit der Fraßwahrscheinlichkeit von der relativen Standardlänge der Beute beim Karpfen	101
Abb. 29	Relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefische in Abhängigkeit von der Größenkombination in der Gruppe „kleine Hechte“	103
Abb. 30	Relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefische in Abhängigkeit von der Größenkombination in der Gruppe „große Hechte“	103
Abb. 31	Präferierte Beutefischgrößen, ermittelt aus den durchschnittlichen relativen Häufigkeiten der gefressenen Beutefische in den Größenkombinationen	104
Abb. 32	Wahrscheinlichkeit, daß der größere Beutefisch innerhalb der Größenkombinationen gefressen wird, in Abhängigkeit von der Hechtlänge	107
Abb. 33	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von der Hechtlänge in multiplen Wahlversuchen von 2-stündiger Dauer und mit insgesamt 20 Beutefischen	109

Abb. 34	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von der Hechtlänge in multiplen Wahlversuchen von 10-stündiger Dauer und mit insgesamt 20 Beutefischen	110
Abb. 35	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von der Hechtlänge in multiplen Wahlversuchen von 10-stündiger Dauer und mit insgesamt 40 Beutefischen	111
Abb. 36	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von der Hechtlänge in multiplen Wahlversuchen mit insgesamt 100 Beutefischen	111
Abb. 37	Fraßverhalten der Hechte in Abhängigkeit von ihrer Standardlänge und der Versuchsdauer	114
Abb. 38	Relative Häufigkeiten der zugesetzten und gefressenen Beutefischarten und -größen, letztere bezogen auf die Gesamthäufigkeit der gefressenen Beutefische	115
Abb. 39	Relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefischarten und -größen jeweils bezogen auf ihre absoluten Häufigkeiten in der Ausgangssituation in der Gruppe „kleine Hechte“	115
Abb. 40	Relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefischarten und -größen jeweils bezogen auf ihre absoluten Häufigkeiten in der Ausgangssituation in der Gruppe „große Hechte“	116
Abb. 41	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische nach Stratifizierung der Beutefischkombinationen	117
Abb. 42	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von ihrer Größe in Kombinationen mit Beutefischen unterschiedlicher Standardlänge	118
Abb. 43	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische unterschiedlicher Größe in Abhängigkeit von der relativen Standardlänge des jeweils größeren Beutefisches innerhalb einer Beutefischkombination	119
Abb. 44	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische unterschiedlicher Größe in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen Standardlängen der Beutefische innerhalb der Beutefischkombinationen	119
Abb. 45	Relative Häufigkeiten gefressener Rotaugen und Brachsen in Abhängigkeit von den Längenbeziehungen zwischen beiden innerhalb der Beutefischkombinationen	120
Abb. 46	Relative Häufigkeiten gefressener Rotaugen und Brachsen in Abhängigkeit von der Größengruppe der Hechte	121

Abb. 47	Wahrscheinlichkeit, daß ein Brachsen gefressen wurde, in Abhängigkeit von relativer Standardlänge und relativer maximaler Körperhöhe der Beutefische	123
Abb. 48	Wahrscheinlichkeit, daß ein Brachsen gefressen wurde, in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen maximalen Körperhöhen von Rotauge und Brachsen sowie ihres Größenverhältnisses innerhalb einer Beutefischkombination	124
Abb. 49	Stratifizierung der 55 Kombinationen, in denen die längere „Karausche“ gefressen wurde, hinsichtlich ihrer relativen maximalen Körperhöhen	125
Abb. 50	Relative Häufigkeiten gefressener „Karuschen“ unterschiedlicher Körperlänge in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen Standardlängen der „Karuschen“ innerhalb der Beutefischkombinationen	126
Abb. 51	Relative Häufigkeiten gefressener „Karuschen“ unterschiedlicher Körperhöhe in Abhängigkeit von der relativen Standardlänge der jeweils längeren „Karusche“ innerhalb der Beutefischkombinationen	127
Abb. 52	Relative Häufigkeiten gefressener „Karuschen“ unterschiedlicher Körperhöhe in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen maximalen Körperhöhen der „Karuschen“ innerhalb der Beutefischkombinationen	127
Abb. 53	Relative Häufigkeiten gefressener „Karuschen“ unterschiedlicher Körperhöhe in Abhängigkeit von der relativen maximalen Körperhöhe der jeweils höheren „Karusche“ innerhalb der Beutefischkombinationen	128
Abb. 54	Relative Häufigkeiten gefressener „Karuschen“ unterschiedlicher Größe in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen Körperflächen der „Karuschen“ innerhalb der Beutefischkombinationen	129
Abb. 55	Relative Häufigkeiten von „Karuschen“ mit unterschiedlichen Schlankheitsgraden in Abhängigkeit von den relativen Standardlängen der jeweils längeren „Karusche“ innerhalb der Beutefischkombinationen	129
Abb. 56	Körperfläche der „Karuschen“ als Funktion von Standardlänge und maximaler Körperhöhe	131
Abb. 57	Wahrscheinlichkeit, daß eine große „Karusche“ gefressen wurde, in Abhängigkeit von den relativen Differenzen zwischen den Körperflächen der „Karuschen“ innerhalb der Beutefischkombinationen	133

Abb. 58	Relative Häufigkeiten gefressener und nicht gefressener Rotaugen in Abhängigkeit von ihrer relativen Standardlänge	134
Abb. 59	Anzahl der je Größenkategorie und Tag gefressenen Brachsen in Abhängigkeit von ihrer relativen Standardlänge	135
Abb. 60	Relative Häufigkeiten gefressener kleiner und großer Brachsen in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den relativen Standardlängen der beiden Größenkategorien	136
Abb. 61	Wahrscheinlichkeit, daß ein großer Brachse gefressen wurde, in Abhängigkeit von der Differenz der relativen Standardlängen der beiden Beutefischgruppen	138
Abb. 62	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ unterschiedlicher Größe in Abhängigkeit von den Differenzen der relativen Standardlängen zwischen den beiden Größengruppen „kleine“ und „große Karauschen“	139
Abb. 63	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ unterschiedlicher Größe in Abhängigkeit von den Differenzen der relativen maximalen Körperhöhe zwischen den beiden Größengruppen „kleine“ und „große Karauschen“	139
Abb. 64	Wahrscheinlichkeit, daß eine große „Karausche“ gefressen wurde, in Abhängigkeit von der Differenz der relativen Standardlängen der beiden Größengruppen „kleine“ und „große Karauschen“	141
Abb. 65	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ unterschiedlicher Körperhöhe in Abhängigkeit von den relativen Standardlängen der beiden Gruppen „niedrige“ und „hohe Karauschen“	142
Abb. 66	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ unterschiedlicher Körperhöhe in Abhängigkeit von den relativen maximalen Körperhöhen der beiden Gruppen „niedrige“ und „hohe Karauschen“	142
Abb. 67	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen maximalen Körperhöhen der beiden Gruppen „niedrige“ und „hohe Karauschen“	143
Abb. 68	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen maximalen Körperhöhen der beiden Gruppen „niedrige“ und „hohe Karauschen“. Der Begriff der relativen Körperhöhe bezieht sich hier auf die Standardlänge der „Karauschen“ selbst	143
Abb. 69	Wahrscheinlichkeit, daß eine hohe „Karausche“ gefressen wurde, in Abhängigkeit von der Differenz zwischen den relativen maximalen Körperhöhen der beiden Gruppen „niedrige“ und „hohe Karauschen“	145

Abb. 70	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ in Abhängigkeit von ihrer Größenklasse	146
Abb. 71	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische <i>in toto</i> in Abhängigkeit von ihrer Größenklasse im Vergleich zur Ausgangssituation in <i>enclosure 1</i>	147
Abb. 72	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von Beuteart und Größenklasse im Vergleich zur Ausgangssituation in <i>enclosure 1</i>	148
Abb. 73	Relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefische <i>in toto</i> in Abhängigkeit von ihrer Größenklasse im Vergleich zur Ausgangssituation in <i>enclosure 2</i>	149
Abb. 74	Relative Häufigkeiten gefressener Beutefische in Abhängigkeit von Beuteart und Größenklasse im Vergleich zur Ausgangssituation in <i>enclosure 2</i>	149
Abb. 75	Relative Häufigkeiten gefressener „Karauschen“ in Abhängigkeit von ihrer Größenklasse im Vergleich zur Ausgangssituation in <i>enclosure 3</i>	150
Abb. 76	Anzahl der Schluckvorgänge bei Beutefischen gleicher Volumina, aber unterschiedlicher Morphologie	156
Abb. 77	Kosten-Nutzen-Darstellung beim Fressen von Beutefischen gleicher Volumina, aber unterschiedlicher Morphologie	157
Abb. 78	Maximal gefressene Körperlängen der Beutefische in Abhängigkeit von ihrer Morphologie im Literaturvergleich	161
Abb. 79	Nettoenergiegewinn kleiner und großer Hechte beim Fressen von Beutefischen unterschiedlicher Körpergröße als Prinzipskizze	166
Abb. 80	Nettoenergiegewinn in Abhängigkeit von der relativen Standardlänge der Beutefische	167
Abb. 81	Fraßintensität der Hechte in Abhängigkeit vom Faktor Zeit als Prinzipskizze	173
Abb. 82	Trophische Beziehungen zwischen den 0+ Kohorten von Hecht, Flußbarsch, Rotauge, Brachsen sowie Blicke und dem Zooplankton bei natürlicher Reproduktion unter idealen Freilandbedingungen entlang eines Zeitgradienten	176
Abb. 83	Fischarten und ihre relativen Häufigkeiten in den beiden <i>Samples</i> vom Schusterwörther und Stockstadt-Erfelder Altrhein	177
Abb. 84	Längenverteilung der 0+ Jungfischzönose	178
Abb. 85	Längenverteilung der 0+ Kohorten der Fischarten	178

Abb. 86	Maximal freißbarer Anteil der 0+ Kohorten von Ukelei, Rotaugen, Brachsen und Karpfen durch 0+ Hechte unterschiedlicher Standardlänge	180
Abb. 87	Trophische Beziehungen zwischen den 0+ Kohorten von Flußbarsch, Rotaugen, Brachsen und Blicke, dem Zooplankton sowie 0+ Hechten aus Besatzmaßnahmen entlang eines Zeitgradienten	186
Abb. 88	Fraßverhalten der Hechte in binären Wahlversuchen mit Brachsen und Rotaugen in Abhängigkeit von den Differenzen zwischen den relativen maximalen Körperhöhen der beiden Beutefische	191
Abb. 89	„Respondieren“ der Fischfauna zwischen Hauptstrom und Altrhein als Prinzipskizze	205
Abb. 90	Maßnahmen zur Steuerung der Fischartengemeinschaft in den Altrheinen	208

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1	Status und Rückgangursachen des Hechtes in den Roten Listen der Länder der Bundesrepublik Deutschland	4
Tab. 2	Zusammenstellung von Literaturangaben über gefressene Beutefischgrößen des Hechtes	35
Tab. 3	Zusammensetzung der Beutefischkombinationen in den Versuchen zur Erfassung der lokomotorischen Aktivität	52
Tab. 4	Verhaltenskategorien der „Karaschen“ in Anlehnung an ALLAN (1986), PITCHER & TURNER (1986) sowie PITCHER <i>et al.</i> (1986)	54
Tab. 5	Verhaltenskategorien der Beutefanghandlung des Hechtes in Anlehnung an HOOGLAND <i>et al.</i> (1956/57), KULT & IWF (1979), MOODY <i>et al.</i> (1983) sowie HART & CONNELLAN (1984)	56
Tab. 6	Gesamtzahl und Standardlängen der je Beutefischart eingesetzten Hechte sowie die Versuchsanzahl je Hecht	57
Tab. 7	Gesamtzahl der Beutefische und ihre morphologischen Kenndaten in absoluten und auf die Standardlänge der Hechte bezogenen Größen	58
Tab. 8	Maximale Körperhöhen der Beutefische im Verhältnis zu ihren Standardlängen	58

Tab. 9	Standardlängen der beiden Hechtgruppen „kleine Hechte“ und „große Hechte“ in den binären Wahlversuchen mit vorge-streckten Hechten	60
Tab. 10	Standardlängen der vier Größengruppen „sehr klein“, „klein“, „groß“ und „sehr groß“ der Beutefische in den binären Wahl-versuchen	62
Tab. 11	Größenkategorien der Beutefische in Relation zur Standardlänge der Hechte	62
Tab. 12	Standardlängen der in multiplen Wahlversuchen mit 20, 40 und 100 Beutefischen eingesetzten Versuchshechte	64
Tab. 13	Standardlängen der beiden Größenkategorien „klein“ und „groß“ der Beutefische in den multiplen Wahlversuchen mit 20, 40 und 100 Beutefischen	64
Tab. 14	Beutefischarten und Versuchshechte, ihre Standardlänge und Anzahl in den multiplen Wahlversuchen mit 150 Beutefischen	64
Tab. 15	Relative Standardlängen der Beutefische bezogen auf die Stan-dardlängen der beiden Größenkategorien der Hechte in multi-plen Wahlversuchen mit 150 Beutefischen	65
Tab. 16	Materielle Versuchsbedingungen in Abhängigkeit von der An-zahl der Beutefische	65
Tab. 17	Anzahl, Dauer und Struktur der multiplen Wahlversuche	66
Tab. 18	Chemische und physikalische Charakteristiken des Teichwas-sers nach VOR (1995)	75
Tab. 19	Anzahl und Standardlängen der Hechte in den <i>enclosure</i>	77
Tab. 20	Art, Standardlängen und Anzahl der Beutefische in den <i>enclosure</i>	78
Tab. 21	Statistische Termini und ihre Bedeutung	80
Tab. 22	Allgemeine Statistiken der beiden Modellvarianten	82
Tab. 23	COCHRAN-MANTEL-HAENSZEL-Statistiken zur Beschreibung der Aktivitätsverhältnisse zwischen den Fischen innerhalb der Versuche der Beutefischkombinationen	85
Tab. 24	χ^2 -Statistiken zur Beschreibung der Aktivitätsverhältnisse zwi-schen den Versuchen der jeweiligen Beutefischkombination	86
Tab. 25	Statistiken der drei „Karauschen“-Kombinationen	87
Tab. 26	Statistiken der drei „Karauschen“-Kombinationen	89
Tab. 27	Allgemeine Statistiken der beiden Modellvarianten	92
Tab. 28	Maximal gefressene relative Standardlängen und relative ma-ximale Körperhöhen der Beutefische	93

Tab. 29	Beziehung zwischen maximaler Körperhöhe der Beutefische und ihrer maximal gefressenen relativen Körperlänge	94
Tab. 30	Allgemeine Statistiken des Modells mit der relativen Standardlänge als erklärende Variable	95
Tab. 31	Relative Häufigkeiten der Ereignisse, daß ein Beutefisch oder beide Beutefische gefressen wurden	102
Tab. 32	Aus den drei Größenkombinationen gemittelte relative Häufigkeiten der gefressenen Beutefische	104
Tab. 33	Allgemeine Statistiken des Modells	105
Tab. 34	Statistiken der Dummy- und Effekt-Variablen im logistischen Modell	106
Tab. 35	Relative Häufigkeiten der Ereignisse, bei denen beide Beutefische gefressen wurden, differenziert nach Größenkombination, arithmetischem Mittel sowie Differenz zwischen den Größenkategorien	107
Tab. 36	Allgemeine Statistiken des Modells	108
Tab. 37	Maximal zugesetzte und gefressene relative Standardlängen und relative maximale Körperhöhen der Rotaugen und Brachsen	118
Tab. 38	Allgemeine Statistiken der drei Modellvarianten	122
Tab. 39	Maximale relative Größen der zugesetzten und gefressenen „Karauschen“	125
Tab. 40	Allgemeine Statistiken des Modells	132
Tab. 41	Allgemeine Statistiken des Modells	137
Tab. 42	Allgemeine Statistiken des Modells	140
Tab. 43	Allgemeine Statistiken des Modells	144
Tab. 44	Maximal freißbare Standardlängen der Beutefische durch vorge-streckte Hechte mit Standardlängen von 45 bis 71 mm	179
Tab. 45	Übersicht über die Bedeutung der Parameter Standardlänge und maximale Körperhöhe in den Wahlversuchen mit „größeren“ Hechten unter <i>in vitro</i> - und <i>enclosure</i> -Bedingungen	194