

# Optimierte Netz-Steerte für eine ökologisch und ökonomisch nachhaltige Garnelenfischerei in der Nordsee (CRANNET)

## Projektabschlussbericht



## Autoren

Sebastian Schultz<sup>1</sup>

Dr. Claudia Günther<sup>3</sup>

Juan Santos<sup>2</sup>

Dr. Jörg Berkenhagen<sup>1</sup>

Dr. Eckhard Bethke<sup>1</sup>

Prof. Dr. Marc Hufnagl<sup>3</sup>

Dr. Gerd Kraus<sup>1</sup>

Dr. Bente Limmer<sup>2</sup>

Dr. Daniel Stepputtis<sup>2</sup>

Prof. Dr. Axel Temming<sup>3</sup>

Dr. Thomas Neudecker<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Thünen-Institut für Seefischerei und <sup>2</sup>Ostseefischerei, <sup>3</sup>Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg

<sup>1</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Palmaille 9

22767 Hamburg

Tel.: 040 38905 178

Fax: 040 38905 263

E-Mail: [sf@ti.bund.de](mailto:sf@ti.bund.de)

<sup>2</sup> Johann Heinrich von Thünen-Institut

Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei

Alter Hafen Süd 2, D – 18069 Rostock

Deutschland

<sup>3</sup> Universität Hamburg, Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaften

Olbersweg 24, D - 22767 Hamburg

Deutschland

## Förderung durch



„Europäischer Fischereifonds,  
Investitionen in eine  
nachhaltige Fischerei“



**Niedersächsisches Ministerium  
für Ernährung, Landwirtschaft  
und Verbraucherschutz**

Ministerium für  
Energiewende,  
Landwirtschaft, Umwelt  
und ländliche Räume  
Schleswig-Holstein



Hamburg, im Juni 2015

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Kurzfassung</b>	<b>1</b>
1.1	Hintergrund und Zielsetzung	1
1.2	Vorgehensweise	2
1.3	Ergebnisse	3
1.4	Diskussion und abschließende Bewertung	10
1.5	Literatur	11
<b>2</b>	<b>Stellungnahme der Fischerei zum Projekt CRANNET</b>	<b>13</b>
<b>3</b>	<b>Einleitung</b>	<b>17</b>
3.1	Literatur	19
<b>4</b>	<b>Bildanalytische Längenmessungen von <i>C. crangon</i></b>	<b>21</b>
4.1	Einleitung	21
4.2	Methode	22
4.3	Garnelenmessungen im Detail	23
4.3.1	Validierung der Messmethode	25
4.4	Durchgeführte Messungen	28
4.5	Literatur	29
<b>5</b>	<b>Übersicht Forschungsfahrten</b>	<b>31</b>
5.1	Spezifikationen der Hauptnetze und Netzsteerte	33
<b>6</b>	<b>Allgemeine Auswertung der Fänge von <i>C. crangon</i></b>	<b>37</b>
6.1	Fänge <i>C. Crangon</i>	40
<b>7</b>	<b>Einleitung Selektion und Maschenparameter</b>	<b>49</b>
7.1	Selektionsberechnungen für <i>C. crangon</i>	50
7.2	Einleitung	51
7.2.1	Einführung in Selektionskurven und Selektionsparameter	52
7.3	Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols	55
7.4	Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols	58
7.5	Einfluß von Steert-Maschentyp, Maschenöffnung und anderer Faktoren auf die Größenselektion von <i>Crangon crangon</i>	63

7.5.1	Modellansatz	63
7.5.2	Ergebnisse	64
7.5.2.1	Modell für die T0-Steerte	65
7.5.2.2	Modell für die T45-Steerte	66
7.5.2.3	Modell für die T90-Steerte	69
7.5.2.4	Vergleich der Modelle für T0, T45 und T90-Steerte	72
7.6	Literatur	73
<b>8</b>	<b>Allgemeine Auswertung des Beifangs</b>	<b>75</b>
8.1	Effekt der Maschenöffnung auf Rundfische	80
8.2	Effekt der Maschenöffnung auf Plattfische	82
<b>9</b>	<b>Selektionsberechnungen für Beifangarten</b>	<b>83</b>
9.1	Zusammenfassung	83
9.2	Einleitung	83
9.3	Methode	85
9.3.1	Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols	85
9.3.2	Modellansatz zur Modellierung der Fangeffizienz im Test-Steert	85
9.4	Kliesche ( <i>Limanda limanda</i> )	88
9.5	Scholle ( <i>Pleuronectes platessa</i> )	92
9.6	Sandgrundel ( <i>Pomatoschistus minutus</i> )	96
9.7	Steinpicker ( <i>Agonus cataphractus</i> )	100
9.8	Wittling ( <i>Merlangius merlangus</i> )	104
9.9	Sprotte ( <i>Sprattus sprattus</i> )	106
9.10	Hering ( <i>Clupea harengus</i> )	108
9.11	Literatur	110
<b>10</b>	<b>Theoretische Selektionsberechnungen für <i>C. crangon</i></b>	<b>111</b>
10.1	Zusammenfassung	111
10.2	Hintergrund und Zielsetzung	112
10.3	Kontakt-Modi	113
10.4	Maschenkonfigurationen für Penetrationsexperimente	115
10.5	Penetrationsexperimente	118
10.5.1	Berechnung der Größenselektion für jeden Modus	119
10.6	Vergleich der Penetrationsexperimente mit den Selektionen im Feld	122

10.6.1	Unterwasserbeobachtungen zur Beschreibung der Maschenform	123
10.6.2	Vergleich der experimentellen und simulierten Größenselektion	125
10.7	Gesamtbetrachtung der Größenselektion im Steert	130
10.8	Literatur	133
<b>11</b>	<b>Populationsdynamik</b>	<b>135</b>
11.1	Beschreibung des Populationsmodells	135
11.1.1	Funktionsweise	135
11.1.2	Laichindex und Häutung	136
11.1.3	Wachstum	137
11.2	Verbesserung und Erweiterung des Populationsmodells	138
11.2.1	Sensitivitätsanalyse entscheidender Modellparameter	139
11.3	Validierung und Verbesserung der Wachstums- und Häutungsrate- Parametrisierungen	141
11.3.1	Grundlagen des Häutungszyklusses und Wachstums	141
11.3.2	Implementierung der Steert- und Siebselektion	160
11.4	Anwendung des Modells im CRANNET-Projekt	161
11.4.1	Auswahl der Test-Steerte	161
11.4.2	Finale Modelleinstellungen, Standardläufe und Szenarien	162
11.4.3	Modellergebnisse mit variierten Steertselektionen	167
11.4.4	Ausgewählte Test-Steerte und CRANNET-Steerte	173
11.4.5	Kurzfristige Verluste und Kompensationen bei der Umstellung auf Test- Steerte	176
11.4.6	Gewinn der Test-Steerte	178
11.4.7	Ausblick: Einfluss der Siebselektion	180
11.5	Literatur	182
<b>12</b>	<b>Erprobung der optimalen Steerte unter Praxisbedingungen</b>	<b>185</b>
12.1	Experimentelle Durchführung	185
12.2	Auswertung der kommerziellen Erprobung	189
12.2.1	Gesamtfänge von <i>Crangon crangon</i>	189
12.2.2	Relative Abnahme der Discards von <i>C. crangon</i> in den CRANNET-Steerten	191
12.2.3	Fischbeifang	195
12.2.4	Beifang wirbellose Arten	202
12.3	Diskussion	207
12.4	Literatur	208
<b>13</b>	<b>Ökonomische Analysen – CRANNET</b>	<b>209</b>
13.1	Erträge	209

13.2	Aufwendungen	210
13.3	Nichtmonetäre Effekte	211
<b>14</b>	<b>Danksagung</b>	<b>213</b>
<b>Anhang</b>		<b>215</b>
<b>15</b>	<b>Selektionsberechnungen für <i>Crangon crangon</i> – Anhang</b>	<b>217</b>
15.1	Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols	217
15.1.1	Berechnungsmethode Selektionskurve und Selektionsparameter	217
15.1.2	Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols	218
15.1.2.1	T0 – Steerte – Ergebnisse der Einzelhols	219
15.1.2.2	T45 – Steerte - Ergebnisse der Einzelhols	228
15.1.2.3	T90 – Steerte - Ergebnisse der Einzelhols	234
15.2	Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols	241
15.2.1	Berechnungsmethode Selektionskurve und Selektionsparameter	241
<b>16</b>	<b>Selektionsberechnungen für Beifangarten - Anhang</b>	<b>243</b>
16.1	Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols	243
16.1.1	Kliesche ( <i>Limanda limanda</i> )	244
16.1.2	Scholle ( <i>Pleuronectes platessa</i> )	249
16.1.3	Sandgrundel ( <i>Pomatoschistus minutus</i> )	254
16.1.4	Steinpicker ( <i>Agonus cataphractus</i> )	259
16.1.5	Wittling ( <i>Merlangius merlangus</i> )	264
16.1.6	Sprotte ( <i>Sprattus sprattus</i> )	268
16.1.7	Hering ( <i>Clupea harengus</i> )	272
<b>17</b>	<b>Populationsdynamik - Anhang</b>	<b>277</b>
<b>18</b>	<b>Theoretische Selektionsberechnungen für <i>C. crangon</i> - Anhang</b>	<b>283</b>
18.1	Maschenkonfigurationen für Penetrationsexperimente	283
18.2	Penetrationsexperimente	285
18.2.1	Berechnung der Größenselektion für jeden Modus	285
18.3	Vergleich der Penetrationsexperimente mit den Selektionen im Feld	290
<b>19</b>	<b>Neue Methode zur Selektionsberechnung s – Beschreibung und Anwendung</b>	<b>295</b>
19.1	Literatur	299

<b>20 Aktuelle Situation der Steert-Maschenöffnungen in der Garnelenfischerei</b>	<b>301</b>
20.1 Einleitung und Historie	301
20.2 Fragestellung	303
20.3 Datenlage	303
20.4 Methode	304
20.5 Ergebnisse	305
20.6 Diskussion	316
20.7 Fazit	317
20.8 Literatur	317
<b>21 Siebtypen und Siebweiten an Bord von Kuttern der deutschen Garnelenfischerei</b>	<b>319</b>
21.1 Befragungsergebnisse und Diskussion	319
21.1.1 Siebweiten der Sortiermaschinen	319
21.1.2 Das Spektrum der Hersteller von Garnelen-Sortiermaschinen	322
21.2 Literatur	325
<b>22 Begutachtung neuer, niederländischer, seegängiger Siebmaschinen, deren Funktionsweisen sowie deren mögliches Zusammenwirken mit den vom CRANNET-Projekt propagierten Steerten</b>	<b>327</b>
22.1 Das System „Overlevingsbak“ von Patrick Schilder	327
22.1.1 Das Verfahren „Overlevingsbak“ im Detail	328
22.2 Das System des Unternehmens „De Boer RVS“	330
22.2.1 Das Verfahren „De Boer RVS“ im Detail	330
22.3 Mögliches Zusammenwirken der neuen, niederländischen Sortieranlagen mit den vom CRANNET-Projekt propagierten Steerten.	337
22.4 Fazit	338
<b>Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>339</b>
TV	339
Radio	339
Print- und Online-Medien	340
Pressemitteilungen des Thünen-Instituts zu CRANNET	342
Vorträge	342
<b>Verzeichnis der Abbildungen und Tabellen</b>	<b>343</b>



## 1      Kurzfassung

### 1.1    Hintergrund und Zielsetzung

Beim Projekt CRANNET, gefördert durch den Europäischen Fischereifonds und die Länder Schleswig-Holstein und Niedersachsen, handelt es sich um ein Verbundprojekt der Thünen-Institute für Seefischerei und für Ostseefischerei sowie dem Institut für Hydrobiologie und Fischereiwissenschaft der Universität Hamburg. Als weiterer Kooperationspartner lieferte die Krabbenfischerei, vertreten durch die MSC-Zertifizierung Deutsche Nordseegarnelenfischerei, die Versuchsnetze und stellte für die Praxiserprobung umfangreiche Schiffszeiten zur Verfügung.

Die Fischerei auf Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) wird allein in Deutschland von über 200 Kuttern praktiziert und ist ein wichtiger Wirtschaftsfaktor an der Küste Schleswig-Holsteins und Niedersachsens. Wegen des Einsatzes von Grundschleppnetzen (Baumkurren) kombiniert mit geringen Maschenweiten steht die Fischerei in der Kritik. Besonders die Auswirkungen auf den Meeresboden und die hohen Beifänge an kleinen Garnelen und Fischen (besonders Jungfischen) sind Gegenstand der öffentlichen Diskussionen über die Umweltverträglichkeit der Garnelenfischerei. Die Debatte wird dadurch verstärkt, dass zu einem großen Teil im Nationalpark Wattenmeer gefischt wird. Die Verringerung der Beifänge und damit Reduktion von Rückwürfen ist ein erster Schritt zur Verbesserung der Situation, der nicht nur im Sinne des Umweltschutzes sondern auch für die Fischerei wünschenswert wäre.

Eine Möglichkeit, kleine Garnelen zu schonen und den Fischbeifang zu verringern, ist die Verbesserung der Steert-Selektion für *Crangon crangon*. Ziel des CRANNET-Projekts ist die Minimierung des Beifangs zur Schonung des Bestands bei gleichzeitiger Optimierung der Erträge. Die grundlegende Hypothese des Projektes ist, dass durch eine verbesserte Größenselektion der Fischereidruck auf untermaßige Garnelen sinkt. Die erhöhte Überlebenswahrscheinlichkeit führt zu einer Zunahme der Laicher- und der vermarktaren Biomasse, was letztendlich zu Ertragssteigerungen in der Fischerei führt. In einer umfangreichen experimentellen und Felderprobungsphase wurden die spezifischen Selektionsparameter verschiedener Netz-Steerte untersucht. Die daraus hervorgehenden Selektionseigenschaften wurden statistisch analysiert und dienten als Basis zur Untersuchung des Langzeiteffektes auf die Population durch ein Ertrag-pro-Rekrut Simulationsmodell. Abschließend wurden die Ergebnisse der Simulationsstudie mit Vertretern der Fischerei und Landesbehörden diskutiert und eine Empfehlung für eine Maschentyp-/Maschenöffnungs-Kombinationen erarbeitet, welche die ökologische Nachhaltigkeit verbessert und dennoch eine ökonomisch effiziente Fischerei ermöglicht. Die drei als am besten geeignet empfohlenen Maschenweiten / Maschentypen Kombinationen wurden anschließend einer umfassenden Praxiserprobung zur Validierung der Projektergebnisse auf kommerziellen Krabbenkuttern unterzogen.

## 1.2 Vorgehensweise

Im Gegensatz zu bisherigen Studien zur Größenselektion in Garnelensteerten untersucht das Projekt CRANNET auch die Effekte der geänderten Steertselektion auf die Populationsentwicklung und die Ökonomie der Krabbenfischerei. Spezifisch bearbeitet CRANNET die folgenden Fragestellungen:

1. Untersuchung der Größenselektion einer Reihe von Steerttypen (unterschiedliche Maschenöffnung und Maschenausrichtung) auf Forschungsfahrten
2. Modellierung der Auswirkungen der geänderten Größenselektion auf die Population von *Crangon crangon*
3. Identifikation von optimalen Steerten basierend auf ökologischen und ökonomischen Kriterien
4. Erarbeiten von Empfehlungen zur Steertmaschenweiten- und Typen im Dialog mit der Fischerei
5. Test der unter 3. und 4. identifizierten Steerte auf kommerziellen Krabbenkuttern, um die Praxistauglichkeit und die Kurzfristeffekte auf den Fang zu untersuchen
6. Untersuchungen zur möglichen Reduktion von Fischbeifängen durch Anpassung der Steerte
7. Theoretische Untersuchungen zu grundlegenden Mechanismen der Größenselektion von *Crangon crangon*
8. Untersuchung zu physikalischen Eigenschaften der Steerte in der Fischerei:
  - i. Durchströmung
  - ii. Zugkräfte
  - iii. Maschenform
9. Entwicklung einer alternativen Methode zur experimentellen Bestimmung der Größenselektion von Steerten

In den Jahren 2013 und 2014 wurden mit FFS „Solea“ fünf Forschungsfahrten mit insgesamt 321 gültigen Hols durchgeführt. Getestet wurden Steerte mit drei unterschiedlichen Maschengometrien (T0, T45, T90) und nominalen Maschenöffnungen von 16 bis 36 mm. Anhand der gewonnenen Daten wurden die spezifischen Selektionseigenschaften aller getesteten Steerte untersucht und bestimmt (Tabelle 1). Mithilfe der Selektionsparameter konnte in einem populationsdynamischen Modell abgeschätzt werden, welche Maschengröße und -form langfristig die besten ökologischen und ökonomischen Bestandsentwicklungen der Nordseegarnele erwarten lassen. Bei dem hier verwendeten Populationsmodell handelt es sich um ein kohorten-basiertes „Yield-per-Recruit“ Modell, welches die Garnelenpopulation gemäß saisonaler und längenspezifischer Wachstums- und Sterblichkeitsraten simuliert. Das Modell bildet die Anlandungen und das Auftreten einzelner Lebensstadien (Eier und 15 mm-Rekruten) sowie die Größenstruktur der Population ab und liefert Erträge in realistischen Größenordnungen. Das Modell wurde bisher in mehreren begutachteten Studien erfolgreich verwendet (Temming & Damm 2002, Hufnagl et al. 2010, Rückert 2011, Temming und Hufnagl 2015).

Basierend auf Modellläufen mit unterschiedlichen Netzselektionen wurden Kennzahlen für die Fischerei (u.a. Änderung der Fangmenge marktfähiger Garnelen) und die Garnelenpopulation (u.a. Änderung der Bestandsbiomasse) berechnet, die nach einer erfolgten Umstellung auf die optimierten Steerte zu erwarten sind.

Anschließend wurden die Steerte, die basierend auf den Modellergebnissen und der folgenden ökonomischen Analyse als optimal bewertet wurden in Zusammenarbeit mit der Fischerei unter Praxisbedingungen auf Krabbenkuttern in unterschiedlichen Fangsaisons des Jahres 2014 auf ihre Praxistauglichkeit getestet und abschließend bewertet.

### 1.3 Ergebnisse

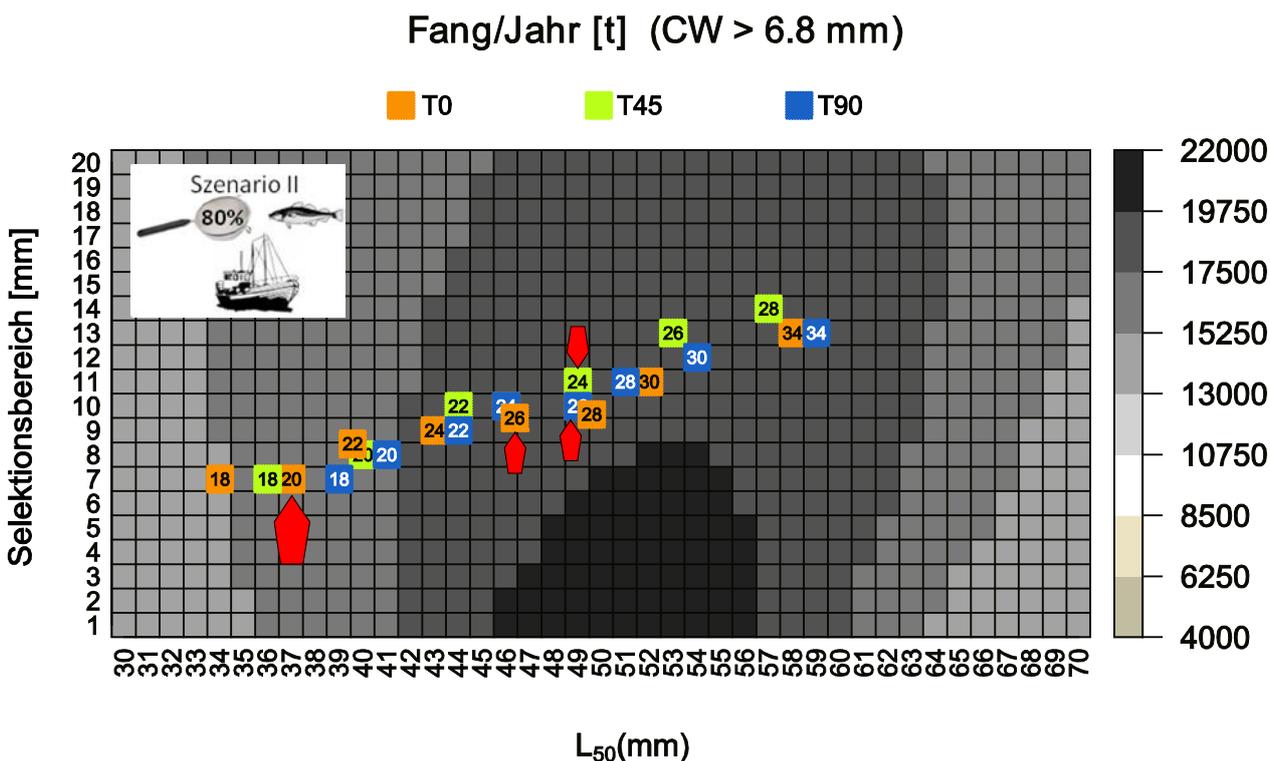
Die auf den Forschungsfahrten gewonnenen Daten wurden für die Berechnung der steertspezifischen Selektionseigenschaften genutzt (Tabelle 1). Es zeigte sich, dass größere Maschenöffnungen höhere  $L_{50}$ -Werte aufweisen.  $L_{50}$  beschreibt hierbei die Garnelen-Längenklasse, die mit 50%iger Wahrscheinlichkeit im Netz zurückgehalten (gefangen) wird. Zusätzlich zur Maschenöffnung kann eine geänderte Maschenausrichtung (in Bezug zur Zugrichtung des Netzes) - bei gleich bleibenden Maschenöffnungen - zu einer Veränderung der Steertselektion für Nordseegarnelen führen. Mit größeren Maschenöffnungen erhöht sich allerdings auch der Selektionsbereich (selection range = SR), was im Ergebnis zu einer unschärferen Größenselektion führt.

**Tabelle 1:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von *Crangon crangon* für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	27.514	22.222-37.877	36.179	29.477-44.961	44.845	33.505-55.293	17.332	6.719-27.282
T0-20mm	T0-21.4mm	34.188	31.120-38.761	40.521	36.851-44.446	46.855	41.673-51.283	12.667	8.266-16.669
T0-22mm	T0-22.9mm	32.397	30.582-38.397	37.237	34.619-44.284	42.077	37.939-50.537	9.679	6.267-16.413
T0-24mm	T0-24.6mm	40.035	36.678-43.398	45.475	42.168-48.585	50.916	46.512-55.046	10.881	6.721-15.033
T0-24mm	T0-25.1mm	30.356	24.519-38.373	37.940	31.902-44.167	45.524	37.938-52.547	15.169	9.060-22.216
T0-26mm	T0-27.1mm	48.491	45.913-51.251	54.400	51.287-57.556	60.308	56.601-64.027	11.817	9.846-13.856
T0-26mm	T0-27.8mm	42.860	39.789-47.521	48.455	44.711-52.746	54.049	49.486-58.640	11.189	8.492-13.603
T0-28mm	T0-29.4mm	45.612	40.402-49.659	52.391	47.397-56.777	59.169	53.797-64.981	13.557	11.358-18.859
T0-30mm	T0-31.6mm	57.359	47.627-68.624	66.175	54.775-79.009	74.992	61.742-89.748	17.633	12.270-22.072
T0-30mm	T0-32.2mm	49.382	47.233-52.437	54.779	52.147-59.272	60.176	56.530-66.293	10.794	8.104-15.171
T0-34mm	T0-36.4mm	70.397	58.319-87.896	79.879	66.816-98.667	89.360	74.948-109.774	18.963	15.409-22.308
T45-15mm	T45-17.2mm	26.295	13.734-31.460	29.741	14.833-34.841	33.186	15.931-38.755	6.891	2.197-9.751
T45-20mm	T45-21.0mm	35.195	32.349-37.552	41.947	39.421-44.896	48.699	44.963-53.155	13.504	9.509-18.238
T45-22mm	T45-23.4mm	42.647	40.509-47.056	49.508	47.200-54.714	56.369	53.377-62.662	13.723	11.438-17.309
T45-24mm	T45-24.9mm	40.900	33.112-47.038	50.308	42.194-54.869	59.716	50.791-64.792	18.816	12.671-24.024
T45-24mm	T45-25.2mm	45.369	42.479-49.988	51.774	47.566-57.981	58.179	52.251-66.091	12.810	9.178-16.532
T45-26mm	T45-27.8mm	52.308	47.666-57.806	59.726	54.024-66.080	67.144	60.352-74.337	14.835	12.150-17.204
T45-28mm	T45-29.3mm	48.593	44.780-55.619	55.676	51.714-63.671	62.759	58.079-72.839	14.166	11.077-21.396
T90-20mm	T90-21.1mm	39.042	38.028-40.297	42.871	41.485-45.535	46.701	44.144-51.341	7.659	4.820-11.699
T90-22mm	T90-22.5mm	39.906	36.035-42.508	46.594	42.905-48.960	53.282	49.249-56.516	13.377	9.548-16.518
T90-24mm	T90-24.4mm	36.031	30.354-43.575	42.406	35.225-49.365	48.781	39.579-55.578	12.750	7.594-16.250
T90-24mm	T90-24.6mm	44.505	39.529-50.249	51.060	46.362-57.939	57.616	52.326-67.004	13.112	8.157-21.381
T90-26mm	T90-27.6mm	44.490	40.129-50.288	52.682	48.220-59.378	60.875	55.579-69.662	16.385	11.796-22.701
T90-26mm	T90-27.8mm	45.701	41.018-53.269	52.964	45.846-60.235	60.228	50.505-68.130	14.527	9.068-18.105
T90-28mm	T90-29.0mm	45.423	41.878-50.493	52.616	48.522-58.930	59.809	54.428-67.566	14.386	11.067-18.913
T90-30mm	T90-31.4mm	48.099	42.360-57.589	55.565	47.597-67.482	63.031	52.661-77.288	14.932	10.135-20.446

Die ermittelten Selektionsparameter der getesteten Steerte wurden im nächsten Schritt im populationsdynamischen Modell verwendet, um verschiedene Fischerei-Szenarien zu simulieren. Hier gezeigt (Abbildung 1) wird das Szenario, das der aktuellen Situation entspricht und von einer hohen fischereilichen und geringen natürlichen Sterblichkeit ausgeht. Der resultierende Konturplot zeigt deutlich, dass größere Maschenöffnungen und steigende  $L_{50}$ -Werte, trotz zunehmendem Selektionsbereich („selection range“), zu ansteigenden Anlandemengen in der Fischerei führen (Abbildung 1). Das Ergebnis ist dabei unabhängig von der Maschenausrichtung. Der derzeit verwendete Standard-Steert der Fischerei mit Rautenmaschen (T0) und einer nominalen Maschenöffnung von 20 mm liegt in den Berechnungen hingegen weitab der optimal zu erzielenden Anlandemengen. Eine Vergrößerung der von der gesamten Flotte verwendeten Masche führt also in allen Fällen zu einer mittel- bis langfristigen Zunahme der Fänge.

**Abbildung 1:** Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Dargestellt ist das Rechen-Szenario 2, bei dem von einer geringen natürlichen und einer hohen fischereilichen Sterblichkeit (aktuelle Situation) ausgegangen wurde. In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 6,8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschenausrichtung (orange = T0, grün = T45, blau = T90). Die Größenselektion der Steerte ist der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die in den Praxistests verwendeten Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



Eine Reihe der in Abbildung 1 gezeigten Steerte läßt höhere Anlandemengen erwarten als der derzeit verwendete Standardsteert. Für die Praxistests auf kommerziellen Krabbenkuttern wurden drei optimale Steerte mit unterschiedlichen Maschentypen ausgewählt. Die Auswahl basierte auf den Simulationsergebnissen des Populationsmodells (u.a. Abbildung 1), der statistischen Modellierung der Selektionsparameter und den Beifangdaten von den Forschungsfahrten mit der

FFS „Solea“. Es handelte sich hierbei um die Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (rote Pfeile in Abbildung 1).

Während der Beprobung unter kommerziellen Bedingungen, erfolgte der Vergleich der Fangergebnisse der ausgewählten Test-Steerte immer in Relation zum Standard-Steert der Fischerei (T0 20). Die Vergleiche wurden auf zwei gleichartigen Kuttern auf traditionellen Fangplätzen der Krabbenfischerei durchgeführt. Anhand einer Längen-Gewichts-Beziehung (Wilhelms 2013) wurden die Gesamtgewichte der Nordseegarnelen der Längensklassen <50 mm und >50 mm in den jeweiligen Steerten berechnet. Die errechneten Gesamtgewichte der Längensklassen <50 mm (Discard) und >50 mm (marktfähige Garnelen) (Temming und Hufnagl 2015) wurden für den Standard- sowie den Test-Steert pro Fangfahrt summiert und deren relative Gewichtsanteile im Test-Steert ins Verhältnis zum Standard-Steert T0 20 gesetzt. Die Differenz im Test-Steert gegenüber dem Standard-Steert für die Gewichte beider Längengruppen sind pro getesteter Steertkombination und Reise in Tabelle 2 dargestellt.

**Tabelle 2:** Durchschnittliche, relative (kurzfristige) Fanggewichtsabnahme von *C. crangon* in den jeweiligen Test-Steerten dargestellt für die Längensklassen <50 mm (Discards) und >50 mm (marktfähige Garnelen) und jeweils bezogen auf den Standard-Steert T0 20.

	Juni 2014		August 2014		September/Oktober 2014	
	Länge <50mm	Länge >50mm	Länge <50mm	Länge >50mm	Länge <50mm	Länge >50mm
<b>T0 26</b>	-43,22%	-13,78%	-55,36%	-33,98%	-40,53%	-21,77%
<b>T45 24</b>	-79,15%	-23,36%	-66,75%	-35,96%	-32,18%	0,55%
<b>T90 26</b>	-73,53%	-35,13%	-62,89%	-36,47%	-39,66%	-17,91%

Bei der Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Fangfahrten wird deutlich, dass der Schonereffekt der Längensklassen <50 mm im Juni am stärksten ist (43-79% weniger untermäßige Garnelen) und dann über den August (-55 bis -67%) bis September/Oktober (-32 bis -41%) abnimmt.

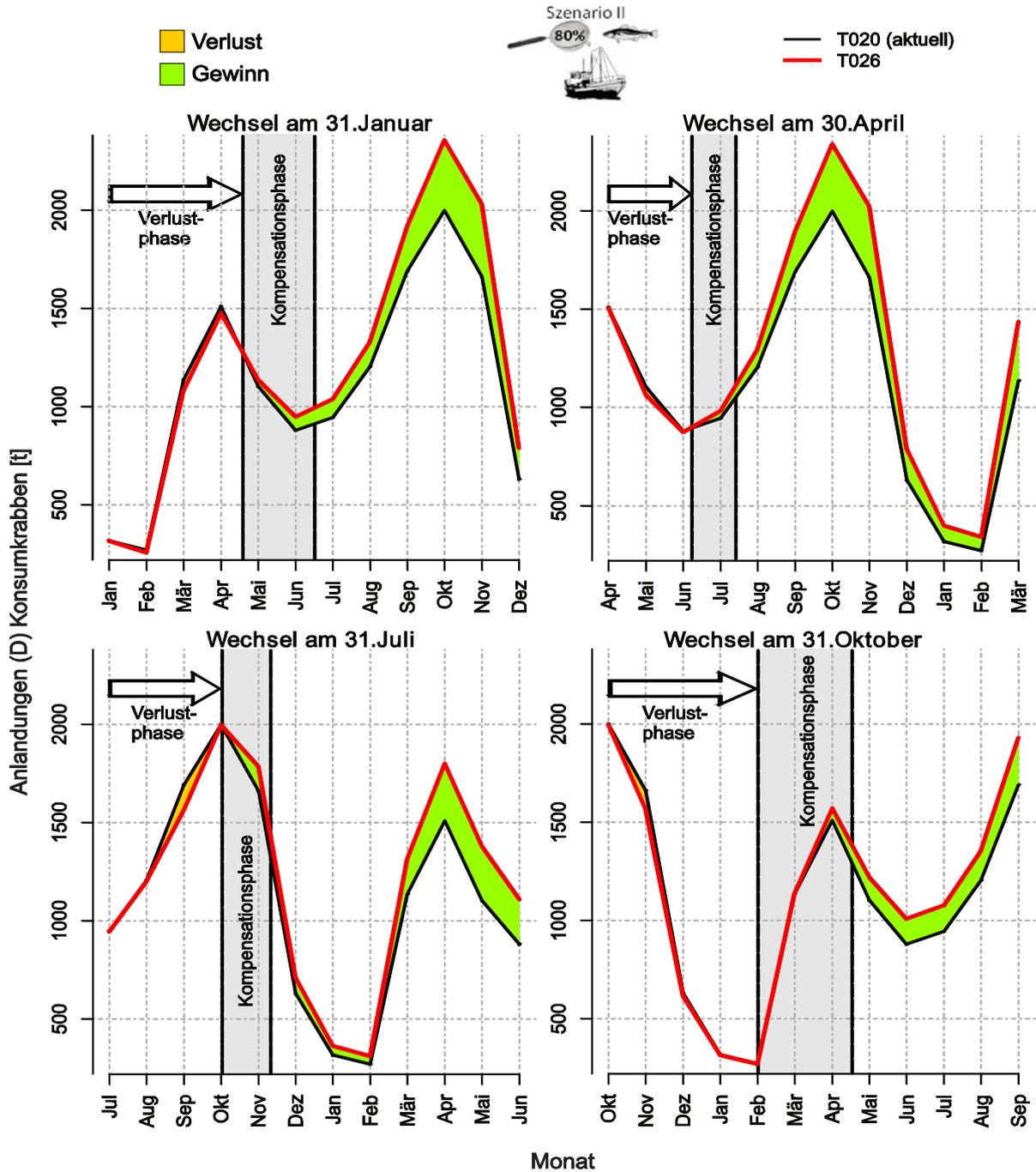
Im Gegensatz zu den Discards der Längensklassen <50 mm verhält sich der Minderfang der Längensklassen >50 mm anders. Hier zeigt sich, dass die Unterschiede zum Standard-Steert in den Monaten Juni und September/Oktober variabel und zudem geringer als im August sind. Die kurzfristige Abnahme an marktfähigen Nordseegarnelen liegt bei durchschnittlich 13% im September/Oktober, und ist damit in der Hauptsaison, am geringsten, gefolgt von einer Abnahme an marktfähigen Garnelen von ca. 24% im Juni. Im August waren die kurzfristigen Verluste mit durchschnittlich 35,5% am höchsten. Hier zeigen sich die saisonalen Unterschiede in den Längenspektren des Nordseegarnelenbestandes. Die Unterschiede aller getesteten Test-Steerte waren gegenüber dem Standard-Steert T0 20 in allen Fällen signifikant, sowohl bei untermäßigen Garne-

len der Längenklasse <50 mm als auch bei vermarktungsfähigen Garnelen >50 mm (Mann-Whitney-*U*-Test;  $p < 0.05$ ).

In den Simulationen des Populationsmodells zeigt sich deutlich, dass die Fangreduktion kleiner Garnelen durch geänderte Steertmaschen und der daraus resultierende Schoneffekt eine Bestandsverbesserung und damit einhergehend mittelfristig höhere Anlandemengen erwarten lässt. Allerdings sind kurzfristig (direkt nach der Umstellung auf die optimierten Steerte) Verluste für die Fischerei zu erwarten, da auch bei den vermarktbareren Garnelen kurzfristig Fangverluste zu verzeichnen sind (Tabelle 2) und die dann geschonten untermaßigen Garnelen erst in die vermarktbareren Längenklassen wachsen müssen. Dieser kurzfristige anfängliche Verlust tritt allerdings nur im ersten Jahr der Umstellung und, je nach Umstellungsdatum über einen maximalen Zeitraum von 4 Monaten auf. Der Verlust in diesem Zeitraum wird bereits nach kurzer Zeit kompensiert und sorgt bereits im ersten und in allen Folgejahren für höhere Anlandungen mit stabileren Fangmengen im jahreszeitlichen Verlauf. Die simulierten kurzfristigen Fangverluste bezogen aufs Gewicht liegen im Rahmen der zwischenjährlichen Schwankungen. Für den Zeitraum 2002 bis 2014 lag diese in den einzelnen Monaten zwischen 26% (August) und 61% (Mai), im Mittel bei 36%.

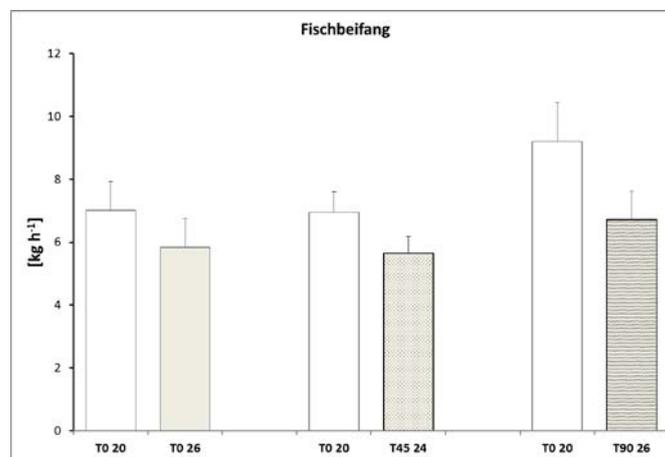
Zur Untersuchung des Einflusses des Zeitpunktes der flottenweiten Umstellung vom derzeitigen Standard-Steert auf einen der optimaleren Steerte wurden mit Hilfe des Populationsmodells verschiedene Zeitpunkte der Umstellung angenommen (Abbildung 2). Die Steertwechsel erfolgten dabei am 31. Januar, 30. April, 31. Juli oder 31. Oktober eines Jahres. Unabhängig vom Zeitpunkt der Umstellung wird deutlich, dass direkt nach der Umstellung auf einen der vorgeschlagenen Steerte verminderte Anlandungen im Vergleich zum langjährigen Mittel zu erwarten sind. Bis die Anlandungen wieder auf dem langjährigen Mittel liegen, vergehen in den Modellsimulationen 2-4 Monate, bis die anfänglichen Verluste ausgeglichen sind, vergehen weitere 1-3 Monate. Am längsten dauert der Ausgleich der anfänglichen Fangverluste, wenn im vierten Quartal (31. Oktober) der Steert gewechselt wird (6-7 Monate): Während des jahreszeitlichen Fangmaximums im Herbst ist der anfängliche Verlust größer als in anderen Jahreszeiten und kann dann wegen der geringen Fänge im Winter erst im nächsten Frühjahr kompensiert werden. Der beste Zeitpunkt für die Umstellung mit dem schnellsten Ausgleich der Verluste (2-3 Monate) prognostiziert das Model dagegen für das zweite Quartal (30. April), kurz bevor die neue Kohorte von Garnelen in die Fischerei eintritt. Untermaßige, kleine Garnelen der neuen Kohorte werden von Beginn an geschont und weisen, auf Grund steigender Temperaturen, ein schnelles Wachstum auf. Diese Umstände führen dazu, dass die anfänglichen Verluste innerhalb eines Monats ausgeglichen werden können (Abbildung 2).

**Abbildung 2:** Steertwechsel vom aktuellen Standard-Steert (T0 20) auf einen der Test-Steerte (hier T0 26) zu vier verschiedenen Zeitpunkten des Jahres. Dargestellt ist die saisonale Verteilung des Gesamtfangs der deutschen Flotte (Konsumkrabben). Die dünne schwarze Linie stellt den Fang des Standard-Steertes dar, die rote Linie den Fang der bei einem Steertwechsel auf den Test-Steert T0 26.



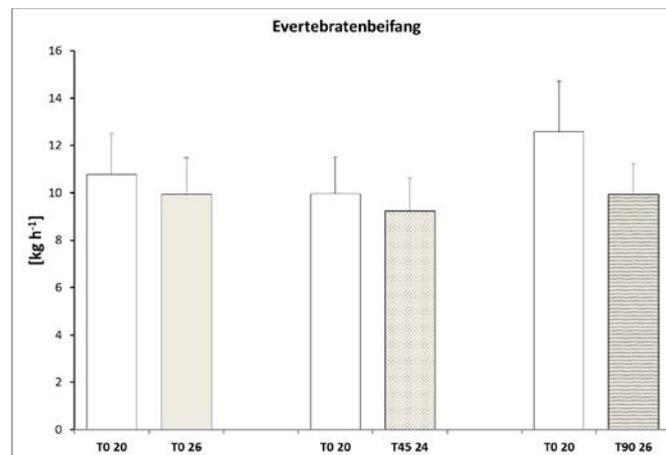
Während der Praxistests im Jahr 2014 wurde neben den Garnelenfängen auch der Beifang von Fischen und Evertebraten untersucht. Generell wurde, im Vergleich zum Standard-Steert der Fischerei T0 20, durch die Test-Steerte mit größeren und/oder gedrehten Maschen, eine Verminderung des Beifangs registriert. Die Abnahme während der Praxistests lag beim Fischbeifang bei durchschnittlich 20% (Abbildung 3). Für einzelne Arten fällt der Minderfang in den Test-Steerten teilweise signifikant höher aus. Gerade kleinere Arten, wie z.B. die Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*), werden in deutlich geringeren Mengen gefangen wenn größere Steertmaschen zum Einsatz kommen.

**Abbildung 3:** Beifang aller registrierten Fischarten. Gezeigt sind jeweils die einzelnen Paarungen aus Standard- und Test-Steert. Dargestellt sind Mittelwerte ( $\text{kg h}^{-1}$ ) und der jeweilige Standardfehler.



Im Gegensatz zum Fischbeifang war der Beifang bei einzelnen Arten wirbelloser Tiere weniger stark von den größeren Steertmaschen der Test-Steerte beeinflusst. Hier zeigte sich, dass vor die Passage durch das Siebnetz durch zu große Masche möglich war, die meist starren Außenskelette der häufigen Arten auch bei größeren Steertmaschen eine hinreichende Selektion aber verhinderten. Grundsätzlich konnte aber auch hier eine Verminderung der Beifangmengen der Evertebraten um durchschnittlich 12% mit den optimaleren Steerten erzielt werden (Abbildung 4).

**Abbildung 4:** Beifang aller registrierten Invertebratenarten. Gezeigt sind jeweils die einzelnen Paarungen aus Standard- und Test-Steert. Dargestellt sind Mittelwerte ( $\text{kg h}^{-1}$ ) und der jeweilige Standardfehler.



## 1.4 Diskussion und abschließende Bewertung

Grundsätzlich zeigte sich während der Praxistests, dass die im Projekt CRANNET angestrebte Reduzierung der Fänge untermaßiger Garnelen mit den positiven Auswirkungen auf den Garnelenbestand und die Ökonomie der Fischerei sowie die Vermeidung von Beifang anderer Arten beim Einsatz der ausgewählten Steerte erreicht werden kann.

Gerade die Discards der untermaßigen Garnelen ließen sich mit allen drei vorgeschlagenen Steerten in den untersuchten Monaten deutlich reduzieren. Dieser Schoneffekt war in den Sommermonaten Juni und August stärker ausgeprägt, als in der Hauptsaison im September/Oktober, in der generell weniger kleine Garnelen zu erwarten sind. In den Sommermonaten sind noch viele kleine Tiere der Frühjahrskohorte im Bestand vorhanden. Im Jahresverlauf wächst diese Kohorte heran, so dass in der Hauptsaison nur noch Tiere der Längensklassen  $>35$  mm im Bestand zu finden sind, und der Schoneffekt dementsprechend geringer ausfällt (Neudecker & Müller 2011).

Modellsimulationen zeigten, dass es durch den Einsatz der optimierten Steerte zu einem anfänglichen, kurzfristigen Verlust in den Anlandungen von marktfähigen Garnelen (Längensklassen  $>50$  mm) kommt. Allerdings betrifft dies vor allem die kleineren Längensklassen der marktfähigen Garnelen, die auch im Verkauf den geringsten Preis erzielen. Durch das schnelle Wachstum der nun geschonten Garnelen wird der erste Verlust aber bereits nach kurzer Zeit kompensiert und die monatlichen Anlandemengen steigen wieder auf den Durchschnitt des langjährigen Mittels. Gerade durch die Vermeidung des Discards der Längensklassen  $<50$  mm wird die fischereiliche Sterblichkeit stark gesenkt. Hier sei ausdrücklich erwähnt, dass gerade bei kleinen (und damit leichten) Garnelen bereits geringe Fanggewichte verhältnismäßig hohen Individuenzahlen entsprechen. Diese verminderte Sterblichkeit durch die Fischerei und die hohen Wachstumsraten der Nordseegarnele führen im Modell in sehr kurzer Zeit zu einer verbesserten Bestandssituation, die langfristig höhere und saisonal stabilere Fangmengen erwarten lassen.

Durch die Verwendung der optimierten Steerte ist eine generelle Verminderung des Fischbeifanges zu beobachten. Allerdings fallen die Minderfänge je nach Art verschieden aus und schwanken in Abhängigkeit von Fangplatz, Saison und Verteilung der Längensklassen in der jeweiligen Population. Ähnlich verhält es sich bei den Beifängen von Wirbellosen, bei denen die Verminderung der Beifänge weniger deutlich ausfiel, als bei den untersuchten Fischarten. Allerdings bestehen im Gegensatz zu den Fischen die Außenskelette der Evertebraten, hier besonders der Arten, die regelmäßig in den Fängen gefunden wurden, fast ausschließlich aus unflexiblen und sperrigen Strukturen. Dementsprechend können auch die größermaschigen Steerte die Selektion nicht immer gewährleisten, selbst wenn die Individuen auf Grund ihrer Größe das Siebnetz passieren können. Zusätzlich wurde während der Praxisfahrten regelmäßig beobachtet, dass gerade Strandaber auch Schwimmkrabben sich mit ihren Beinen und Scheren aktiv an den Stegen der Netzmaschen festhalten und so ebenfalls aktiv im Fang zurückbleiben.

Während die drei optimalen Steerte beim Fang von Garnelen und den entsprechenden Langfrist-Auswirkungen auf die Garnelen-Population nur geringe Unterschiede zeigen, beeinflusst die Wahl der Maschenausrichtung den Effekt auf den Beifang für die verschiedenen Arten/Artengruppen (z.B. Plattfisch vs. Rundfisch) Plattfischarten wie z.B. die Scholle, erfahren bei Verwendung von T0-Maschen einen höheren Schoneffekt als bei Verwendung von T45- oder T90-Maschen. Umgekehrt profitieren gerade kleinere Rundfischarten wie z.B. die Grundel oder der Steinpicker von der Verwendung der Quadratmaschen. Dies trägt damit zu einer verantwortlichen und nachhaltigen Bewirtschaftung der fischereilich genutzten Ressourcen im Ökosystem Wattenmeer bei. Dies kann sich auch positiv auf die öffentliche Wahrnehmung der Fischerei auswirken und von großer Bedeutung werden im Zusammenhang mit mariner Raumnutzung und Naturschutz.

## 1.5 Literatur

- Hufnagl M, Temming A, Danhardt A (2010) Hermaphroditism in brown shrimp: lessons from field data and modelling. *Mar Biol* 157:2097-2108
- Neudecker T, Müller M (2011) Das Problem "Siebkrabben" in der Garnelenfischerei. *Inf. Fischereiforsch.* 58: 21-28
- Rückert C (2011) Die Entwicklung, Parametrisierung und Anwendung eines Simulationsmodells für die Nordseegarnele (*Crangon crangon* L.) zur Beurteilung des Befischungszustandes. Dissertation, Universität Hamburg
- Temming A, Damm U (2002) Life cycle of *Crangon crangon* in the North Sea: a simulation of the timing of recruitment as a function of the seasonal temperature signal. *Fish Oceanogr* 11:45-58
- Temming, A, Hufnagl M (2015) Decreasing predation levels and increasing landings challenge the paradigm of non-management of North Sea brown shrimp (*Crangon crangon*). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 72(3): 804-823
- Wilhelms (2013) Atlas of Length-Weight Relationships of 93 fish and crustacean species from the North Sea and the North-East Atlantic. Thünen Working Paper 12



## 2    Stellungnahme der Fischerei zum Projekt CRANNET

Die Krabbenfischerei, vertreten durch die „MSC-Zertifizierung Deutsche Nordseegarnelenfischerei“, begrüßte das Projekt CRANNET außerordentlich, liefert es doch die Möglichkeit, durch gezielte Untersuchungen des Thünen-Institutes festzustellen, ob und wie man durch veränderte Steertmaschen den Anteil zu kleiner Garnelen im Fang sowie den übrigen Fischbeifang reduzieren kann. Dies hilft nicht nur der Schonung der Fisch- und Krabben-Bestände sondern verringert auch das Fangvolumen und damit den Arbeitsaufwand an Deck. Eine solch systematische Untersuchung kann nicht von den Fischern allein durchgeführt werden.

Daher haben wir Fischer uns auch gern mit der Bereitstellung von modernen Netzen (gemäß unseren Vorstellungen und Erfahrungen inklusive Siebnetzen) und verschiedenen Steerten mit unterschiedlicher Geometrie und Maschenweiten sowie Schiffszeiten an den Versuchen auf dem Forschungsschiff „Solea“ und Praxisversuchen mit kommerziellen Krabbenkuttern aktiv beteiligt.

Die Ergebnisse haben uns etwas erstaunt, nach denen alle unsere Steerte weit von den für die Garnelenbestände günstigsten Maschenweiten entfernt liegen. Wir halten es kaum für möglich und mögen es nicht recht glauben, dass Maschenweiten über 12 mm (Maschenöffnung > 22 mm) so viel besser sein sollen, als es unserer langjährigen Erfahrung und Praxis entspricht.

Die Häufigkeitsverteilungen aus den Daten der Wissenschaftler sprechen zwar eine eindeutige Sprache, wenn bis zu 80% der kleinen Garnelen aus den Fängen verschwinden und weiter wachsen können. Das finden wir natürlich gut, auch wenn dabei zu berücksichtigen ist, dass in den Versuchen nicht alle Fischereibedingungen getestet werden konnten. Das Selektionsverhalten eines Steertes verändert sich deutlich in Anhängigkeit von der Fangmenge. Daher wäre es notwendig, die bisherigen Ergebnisse auch bei großen Fangmengen zu belegen. Außerdem haben die Ergebnisse gezeigt, dass die Beifänge noch weiter reduziert werden können, was neben Umweltaspekten zusätzlich unsere Arbeit an Bord vereinfacht, denn am Ende hat der Fischer kein Interesse an ungewollten Fängen, da diese nur unbezahlte Arbeit bedeuten

Was uns stört, sind die Minderfänge, die wir bei der Marktware einfahren sollen, was wirtschaftliche Verluste nach sich zieht und die unmittelbar auftreten, nachdem wir die großmaschigen Steerte mit MW 14 (MÖ 26 mm) entsprechend CRANNET-Empfehlungen einsetzen würden. Wir müssten sehen, dass sich diese, wie die Forschung sagt, vorübergehende Verluste, durch das Wachstum der Tiere schnell wieder ausgleichen. Die Frage bleibt, ob die Fischerkollegen diese große Veränderung akzeptieren können. Das ginge ohnehin nur, wenn ALLE Krabbenfischer gleichermaßen Steerte mit größeren Maschenöffnungen verwenden würden. Allerdings stellt jeder Kutter einen freien Unternehmerbetrieb dar, der sich um seine individuelle Wirtschaftlichkeit kümmern muss und auch eigene Vorstellungen von Fangeffizienz und „guten Netzen“ hat. Somit ist mit dem einheitlichen Einsatz von Netzen nicht zu rechnen, zumal auch ausländische Fischer im gleichen Gebiet fischen und die erreichten Zuwächse der kleineren Marktware wegfangen würden, die von den „CRANNET-Fischern“ geschont würden.

Es erscheint uns daher unabdingbar, dass, wenn größere Maschen eingesetzt werden sollen, dies durch eine allgemeinverbindliche Regelung oder Gesetzesänderung umgesetzt wird, z. B. durch eine Änderung der EU-Vorschrift, die derzeit Maschenöffnungen von nur 16mm noch als legal einstuft. Es kann nämlich nicht sein, dass die „CRANNET-Fischer“ auf Fang verzichten, während andere Fischer im gleichen Gebiet mit anderen Netzen weiter die kleine Marktware mitfangen und nicht schonen. Schoneffekte und daraus erwartete Bestandszuwächse würden sich dann nicht einstellen. Vielleicht muss ja nicht ein so drastischer Sprung von 20 mm Maschenöffnung, wie sie von uns bei der MSC-Zertifizierung freiwillig vorgesehen ist, auf 26 mm erfolgen. Eine geringere Erhöhung oder eine schrittweise Umstellung auf die CRANNET-Maschenöffnung wären auch denkbar, um den anfänglichen Verlust an kleinerer Marktware weitgehend zu vermeiden und eine schrittweise Überprüfung der Modellergebnisse in der kommerziellen Fischerei zu erlauben

Was uns irritiert, sind die in den Praxisversuchen festgestellten Unterschiede zwischen unseren Kuttern bei den Anlandungen nach dem Sortieren und Kochen und die Verluste an Marktware gegenüber den Standardsteerten. Hier sind offenbar technische Unterschiede und Unterschiede bei der Handhabung an Deck mit verantwortlich, die untersucht werden müssten. Das wurde bei CRANNET nicht bearbeitet und sollte zukünftig verfolgt werden.

Es wurden neben den normalen Rautenmaschen auch T90 (gedrehte) und T45 (Quadratmaschen) untersucht. Diese geben nach den Berechnungen ähnliche Effekte, wenn sie größer gewählt werden (T45 24 mit MW 13 und T90 26 mit MW 14). Sie könnten genauso verwendet werden wie größere T0 26-Standardmaschen mit MW 14.

Wir wissen aber aus unserer Erfahrung bei der Herstellung der Steerte, die wir meist selber zuschneiden und nähen, dass wir da Probleme bekommen, weil gerade bei zunehmend größeren Maschenweiten das saubere und sichere Nähen schwieriger bis unmöglich wird, insbesondere bei Quadratmaschen. Das können nur spezialisierte Betriebe, die teurer sind. Auch müssen wir bei Quadratmaschen mit Verschnitt, also Materialverlust arbeiten.

Wir wissen auch nicht, wie sich die Haltbarkeit der Steerte ändert, insbesondere bei Quadratmaschen. Werden bei T0- und T90-Maschen alle Schenkel der Maschen durch Zug belastet, liegt der Zug bei Quadratmaschen fast ausschließlich auf den in Längsrichtung liegenden Garnen. Dies könnte zu schnellerem Verschleiß führen und somit die Kosten erhöhen. Aber das müsste man ausprobieren.

Bevor die CRANNET-Ergebnisse umgesetzt werden, sollten noch weitere Praxistests durchgeführt werden, denn die verschiedenen Fangplätze und Witterungsbedingungen können noch Effekte nach sich ziehen, die während der CRANNET-Versuche nicht zutage traten. Auch glauben wir, dass weitere Verbesserungen an den Steerten und Siebnetzen möglich sind, die zusätzliche Steigerungen der gesamten Selektivität im Fangprozess bringen. Unabhängig davon stehen Optimie-

rungen an den Decksmaschinen an, um die Sortiereigenschaften zu verbessern und den Fang noch schonender zu sortieren.

Wir finden die Ergebnisse des CRANNET-Projektes vielversprechend, aber bei der Umsetzung brauchen wir die Hilfe der Politik bzw. Behörden auf internationaler Ebene, da die ca. 500 Fischer - von Dänemark bis Belgien vornehmlich - mit freiwilligen Maßnahmen kaum auf einen Nenner zu bringen sind, wie es bereits andere Bemühungen gezeigt haben.

Die MSC-Fischer vertreten durch Dirk Sander



### 3 Einleitung

An der deutschen Nordseeküste spielt die Garnelenfischerei eine bedeutende Rolle für die lokale Wirtschaft. Die meisten Fischereibetriebe sind Familienunternehmen, auf deren Kuttern im Durchschnitt 2,2 Personen beschäftigt sind. Dazu kommen 4,25 Personen pro Kutter in der Hafenwirtschaft (Werften, Schiffsausrüster, Zulieferer, Reparaturdienste). Zusammen mit Vertrieb und Veredelung der Garnelen steigt die Zahl auf 15 Personen, die direkt und indirekt von einem Kutter abhängen. Neben den direkten Effekten der Fischerei auf die Wirtschaft der Küstenländer spielt die Garnelenfischerei eine bedeutende Rolle für den Tourismus, da durch die Kutter in den Häfen die touristische Attraktivität der Region steigt.

Gerade im Hinblick auf die beschriebene Bedeutung der Garnelenfischerei an der deutschen Nordseeküste ist es notwendig, die Nachhaltigkeit dieser Fischerei sicherzustellen, wobei die ökonomische und die ökologische Nachhaltigkeit bei dieser Fischerei sehr eng miteinander verknüpft sind. Die Fischerei auf Nordseegarnelen findet zu großen Teilen in dem ökologisch und umweltpolitisch bedeutsamen und durch Nationalparke wie auch durch das UNESCO Weltkulturerbe ausgezeichnete Wattenmeer statt. Eingriffe in die Natur werden daher kritisch gesehen und sollten so weit wie möglich vermieden werden. Der Interessenskonflikt zwischen Naturschutz und den ökonomischen Interessen der Fischer kann durch eine negative öffentliche Wahrnehmung potentiell auch zu Problemen bei der Vermarktung der Nordseegarnelen führen. In den vergangenen Jahren fand eine zunehmende Sensibilisierung der Verbraucher für ökologische Belange statt, die auch im Bereich der Fischerei deutlich zu spüren ist. Im Zuge dieser Entwicklung wächst für die Garnelenfischer der Druck, ihre Fangmethoden im Hinblick auf Nachhaltigkeit zu überprüfen und gegebenenfalls zu ändern.

Der Fang der Nordseegarnele ist nicht durch Quoten im Sinne des EU-Fischereimanagements reguliert, da es aufgrund der Kurzlebigkeit der Art und der starken zwischenjährlichen Schwankungen der Bestände (Siegel u. a. 2005; Viegas u. a. 2007) bisher keine verlässlichen Schätzungen der künftigen Bestandsentwicklungen gibt (WGCRAN 2014). Eine Beschränkung der Fischerei existiert lediglich hinsichtlich der Gesamtzahl und der Motorleistung der Kutter. Zudem gibt es gültige Regelungen zur Netzmaschenöffnung und zur Verwendung von Siebnetzen.

Im Rahmen der Diskussionen zu den ökologischen Auswirkungen der Garnelenfischerei spielt neben der Bodenberührung auch die Beifangproblematik eine bedeutende Rolle. Bei durchschnittlich 12.000 Tonnen Speisekrabben-Anladungen in Deutschland und einem Anteil von 70% Garnelen-Discards und sonstigen Beifängen (Neudecker et al. 2005) ergeben sich rund 28.000 Tonnen Discard pro Jahr allein für die deutsche Flotte. Da dieser sich wiederum im Jahresmittel aus ca. 70% kleinen Garnelen zusammensetzt, bedeutet dieses einen Beifang von etwa 20.000 Tonnen kleiner Garnelen. Englische Untersuchungen (Lancaster & Frid 2002) zeigen, dass davon ein Großteil überleben kann, jedoch mit erheblichen Sterblichkeiten zu rechnen ist. Abschätzungen ergeben allein für die deutsche Flotte 5 bis 10 Milliarden Tiere, die dem Bestand verloren

gehen. Für die Nordsee insgesamt können die Zahlen etwa verdoppelt bis verdreifacht werden, da die Fischereiabläufe sich länderübergreifend sehr ähneln (ICES WGCRAN 2014).

Zur Vermeidung des Beifanges größerer Individuen, v.a. Fische, werden bereits Siebnetze in der Krabbenfischerei eingesetzt. Dennoch gelangen neben dem unerwünschten Beifang untermaßiger Garnelen auch andere Arten als Beifang ins Netz. Die Beifänge anderer Arten setzen sich zum großen Teil aus kleinen Arten, bzw. kleinen Individuen verschiedener Arten zusammen. Von besonderer Bedeutung sind dabei verschiedene ökologisch und ökonomisch wichtige Fischarten wie Seezunge, Scholle, Wittling und Kabeljau, aber auch z.B. Grundeln. Die Überlebensrate von im Beifang enthaltenen Fischen kann je nach Art, Größe, Jahreszeit, Verarbeitungsdauer usw. stark variieren: Bei Plattfischen kann sie bis auf 17 % sinken (Berghahn u. a. 1992) und im schlimmsten Fall zu einem Populationsverlust von 3-11 % bei Jungschollen und 1-8 % bei jungen Seezungen führen (Berghahn & Purps 1998). Die Sterblichkeitsrate von am Boden lebenden Wittlingen kann 100 % betragen (Berghahn u. a. 1992).

Eine entscheidende Rolle im Zusammenhang mit unerwünschtem Beifang spielt daher die Selektivität des Fanggerätes, d.h. dessen spezifische Eigenschaft Organismen einer Art und Größe im Netz zurückzuhalten, bzw. entkommen zu lassen. Bei den meisten Zielarten findet der Selektionsprozess im Steert statt (Fernö & Olsen 1994), wobei die Selektionseigenschaften des Steertes zu einem großen Teil von den Eigenschaften der verwendeten Maschen abhängen. Hierbei ist der mechanische Sortierprozeß im Steert, bzw. die Entkommenswahrscheinlichkeit der Individuen direkt abhängig von ihrer Länge. Deshalb wird üblicherweise die Maschengröße variiert um die Größenselektion im Steert anzupassen, d.h. kleine Individuen entkommen zu lassen. Darüber hinaus ist bekannt, dass auch andere Faktoren die Größenselektion im Steert beeinflussen, wie z.B. die Maschenform (Guijarro & Massutí 2006; Fonteyne & M'Rabet 1992; Robertson & Stewart 1988), Garnanzahl (Herrmann et al. 2013), Garnstärke (Lowry & Robertson 1996; Kynoch et al. 1999, Herrmann et al. 2015, Herrmann et al. 2013) oder die Anzahl an Maschen im Steertumfang (Kynoch et al. 2004, Wienbeck et al. 2011). Aus diesem Grund ist es wichtig zu untersuchen, welche Mascheneigenschaften in welchem Maße die Steert-Größenselektion beeinflussen.

Die Garnelenfischerei fischt traditionell mit engmaschigen Netzen und Steerten, die früher (vor 1970) eine Maschenöffnung von ca. 12-14 mm aufwiesen. Seit Einführung der Gemeinsamen Fischereipolitik (GFP) in Europa wurden die vorgeschriebenen Maschenöffnungen aber auf einen Bereich von 16-31 mm festgelegt. Kontrollmessungen der Wasserschutzpolizei ergaben, dass heutzutage in der Fischerei auf Nordseegarnelen Maschenöffnungen zwischen 16 und 26 mm verwendet werden.

Es gibt nur wenige Untersuchungen zur Steert-Größenselektion in der Baumkurrenfischerei auf *Crangon crangon* in der Nordsee, wobei meistens die kommerziell genutzten Steerte untersucht wurden (Polet 2000). Revill & Holst (2004) veröffentlichten die umfangreichste Studie zur Steertselektion in dieser Fischerei und testeten Steert-Maschenöffnungen von 16 mm bis 26 mm, um den Steert zu identifizieren, der bestmöglich den Beifang kleiner Krabben minimiert, ohne nen-

nenswert die Fängigkeit von marktfähigen Krabben einzuschränken. Revall & Holst (2004) verwendeten einen Steert mit kommerzieller Maschenöffnung (nominal 20 mm) als Referenz für Ihren Fängigkeitsvergleich. Dementsprechend liefert dieses spezielle Experimentdesign nur relative Unterschiede der Selektion im Vergleich zum Standard-Steert. Weitergehende systematische Untersuchungen zur Größenselektion in Krabbensteerten fehlen bis heute.

Alle bisher durchgeführten Studien haben lediglich kurzfristige Effekte des Einsatzes alternativer Steerte untersucht, speziell welche Fangauswirkung der untersuchte Steert unmittelbar auf den Fang hat. Systematische Untersuchungen, wie sich eine Änderung der Größenselektion und die damit verbundene veränderte Sterblichkeit der verschiedenen Längensklassen der Nordseegarnele auf die Populationsdynamik – und damit auf künftige Fänge - auswirkt, wurden bisher ebenfalls nicht durchgeführt. Dies ist jedoch von besonderem Interesse, da die Nordseegarnele sehr schnell wächst und somit die Fischerei innerhalb kurzer Zeit in der Lage sein könnte, mögliche anfängliche Fangverluste nach Einführung optimierter Steertmaschen auszugleichen.

Dementsprechend wurde im Projekt CRANNET das Wissen über die Steertselektion in der Fischerei auf Nordseegarnelen erweitert und mit diesen Kenntnissen die Auswirkungen auf die Populationsentwicklung und die damit verbundenen ökonomischen Effekte für die Fischerei untersucht.

Übergreifendes Ziel des Vorhabens ist eine im Hinblick auf ökologische und ökonomische Nachhaltigkeit optimierte Fischerei auf Nordseegarnelen. Dies schließt folgende Ziele ein:

- Reduzierung des Fangs untermaßiger Nordseegarnelen
- Reduzierung des Beifangs anderer Arten
- Optimierung des Anteils vermarktungsfähiger Nordseegarnelen
- Optimierung eines populationsdynamischen Modells für Bestandsberechnungen
- Optimierung von Betriebsparametern in der Garnelenfischerei

### 3.1 Literatur

- Berghahn R, Purps M (1998) Impact of discard mortality in Crangon fisheries on year-class strength of North Sea flatfish species. *Journal of Sea Research* 40: S.83-91
- Berghahn R, Waltemath M, Rijnsdorp AD (1992) Mortality of fish from the by-catch of shrimp vessels in the North Sea. *Journal of Applied Ichthyology* 8: S.293-306
- Fernö A, Olsen S (1994) Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing News Books. URI: <http://afriplib.odinafrica.org/handle/0/4197>. ISBN: 852382111
- Fonteyne R, M'Rabet R (1992) Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam trawl fishery. *Fisheries Research*, 13: 221-233
- Guijarro B, Massutí E (2006) Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 63(1): 52-67

- Herrmann B, Wienbeck H, Stepputtis D, Krag LA, Feekings J, Moderhak W (2015). Size selection in codends made of thin-twined Dyneema netting compared to standard codends: A case study with cod, plaice and flounder. *Fisheries Research* 167: 82-91
- Herrmann B, Wienbeck H, Moderhak W, Stepputtis D, Krag LA (2013) The influence of twine thickness, twine number and netting orientation on codend selectivity. *Fisheries Research* 145: 22-36
- ICES (2014) Report of the Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN). ICES CM 2014/SSGEF:08
- Kynoch RJ, Ferro RST, Zuur G (1999) The effect on juvenile haddock by-catch of changing codend twine thickness in EU trawl fisheries. *MTS J.* 33, 61-72
- Kynoch RJ, O'Dea MC, O'Neill FG (2004) The effect of strengthening bags on cod-end selectivity of a Scottish demersal trawl. *Fish. Res.* 68, 249-257
- Lancaster J, Frid CLJ (2002) The fate of discarded juvenile brown shrimps (*Crangon crangon*) in the Solway Firth UK fishery. *Fish Res* 58:95-107
- Lowry N, Robertson JHB (1996) The effect of twine thickness on cod-end selectivity of trawls for haddock in the North Sea. *Fish. Res.* 26, 353-363
- Neudecker T, Damm U (2010) The by-catch situation in German brown shrimp (*Crangon crangon* L.) fisheries with particular reference to plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Journal of Applied Ichthyology* 26: S.67-74
- Neudecker T et al. (2006) Catch, landings, discard and stock of brown shrimp (*Crangon crangon* L.). *Informationen aus der Fischereiforschung* 53: 82-85
- Polet H (2000) Cod-end and whole trawl selectivity of a shrimp beam trawl used in the North Sea. *Fish. Res.* 48, pp. 167-183
- Revill AS, Holst R (2004) Reducing discards of North Sea brown shrimp (*C. crangon*) by trawl modification. *Fisheries research*, 68(1), 113-122
- Robertson JHB, Stewart PAM (1988) A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *ICES Journal of Marine Science*, 44, 148-161
- Siegel V, Gröger J, Neudecker T, Damm U, Jansen S (2005) Long-term variation in the abundance of the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) population of the German Bight and possible causes for its interannual variability. *Fisheries Oceanography* 14: S.1-16
- Viegas I, Martinho F, Neto J, Pardal M (2007) Population dynamics, distribution and secondary production of the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) in a southern European estuary. *Latitudinal variations*
- Wienbeck H, Herrmann B, Moderhak W, Stepputtis D (2011) Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (*Gadus morhua*). *Fish. Res.* 109, 80-88

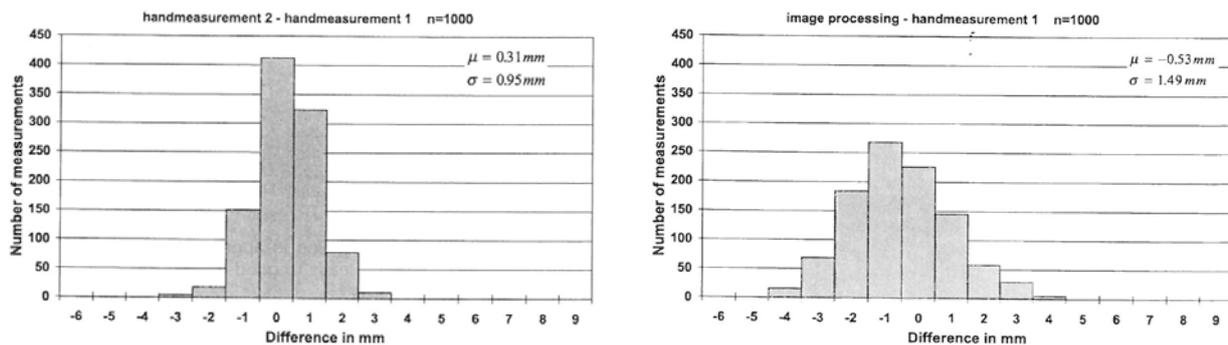
## 4 Bildanalytische Längenmessungen von *C. crangon*

Auf Grund der umfangreichen Forschungsfahrten sowie weiterer Tests auf See unter kommerziellen Bedingungen wurde in der Projektvorbereitung entschieden, den nicht unerheblichen Anfall von Garnelenproben nicht wie bisher üblich mit der Hand zu messen, sondern für diese Aufgabe ein halbautomatisches Bildanalyzesystem für die Längenmessungen zu verwenden.

### 4.1 Einleitung

Bereits in der Vergangenheit wurde versucht, ein digitales Bildanalyzesystem für die Messung von Nordseegarnelen zu entwickeln und zu etablieren (Wienbeck & Breitenstein 1999). Allerdings konnten die Autoren seinerzeit keine verbesserte Genauigkeit in der Messung der Nordseegarnelen per Bildanalyse erkennen. Vielmehr waren bei einer Stichprobe von 1000 Nordseegarnelen im direkten Vergleich die Streuungen der Differenzen zwischen einer Handmessung und einer Bildmessung größer (-4 bis +4 mm), als bei einem direkten Vergleich zweier Messungen, die von zwei unterschiedlichen Laborkräften nacheinander durchgeführt wurden (-3 bis +3 mm, Abbildung 5). Die Bildanalyse, die Wienbeck & Breitenstein (1999) beschrieben, wurde allerdings von vornherein lediglich für eine Genauigkeit von  $\pm 2$  mm entwickelt, da routinemäßig die gemessenen Nordseegarnelen seinerzeit in Längensklassen von 5 mm zusammengefasst wurden.

**Abbildung 5:** Vergleich Messfehler von Hand- zu Handmessung (links) und Hand- zu Bildmessung (rechts) (aus Wienbeck & Breitenstein 1999). In der Vergangenheit wichen Werte von Hand- zu Bildmessung stärker ab, als beim Vergleich von Hand- zu Handmessung.



Allerdings weisen Wienbeck & Breitenstein (1999) trotz der größeren Abweichung darauf hin, dass die Bildanalyse weitreichende Vorteile bietet, indem z.B. die Archivierung der durchgeführten Messungen auf digitalen Speichermedien erfolgt, was eine in der Wissenschaft unabdingbare Reproduzierbarkeit und Transparenz der Rohdaten ermöglicht, die bei einer reinen Handmessung mit anschließender Vernichtung des Probenmaterials nicht möglich ist. Des Weiteren analysiert die Bildanalyse in kurzer Zeit einen großen Probenumfang, ohne abhängig von der Tagesform

oder über die Zeit abnehmender Konzentrationsleistung der Laborkraft zu sein. Somit werden versehentliche Messfehler weitestgehend eliminiert.

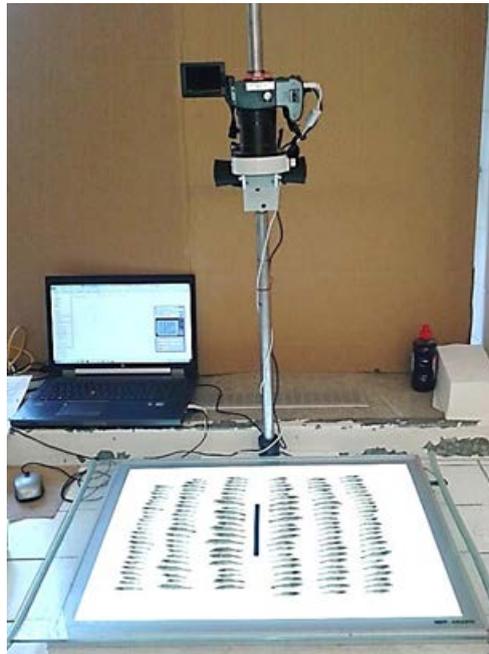
So finden sich auch bildanalytische Messmethoden in den letzten Jahrzehnten in unterschiedlichen Anwendungen der aquatischen Ökologie, wie z.B. der Quantifizierung und Bestimmung von Phytoplankton (Ishii *et al.* 1987), des Otolithenlesens zur Alterbestimmung von Fischen (u. a. Neudecker 1990), aber auch bei der morphometrischen Charakterisierung von Garnelen, z.B. *Pandalus borealis* (Harbitz 2007). Die Komplexität der Messungen, aber vor allem auch die Präzision und die Bestimmung von immer mehr Merkmalen pro Messvorgang, folgten dabei immer auch der schnellen Weiterentwicklung des IT-Marktes.

## 4.2 Methode

Die zwei in CRANNET verwendeten, identischen Messstationen bestehen aus handelsüblichen Hardwarekomponenten, die auf dem freien Markt in gleicher oder ähnlicher Form jederzeit verfügbar sind (Abbildung 6). Als Kamera dient jeweils eine Canon PowerShot S5 IS (max. 8 MP Auflösung, 1/2,5-Zoll-CCD-Sensor). Die Kamera wurde auf ein Stativ der Firma ProMicron (Kirchheim/Nekar, [www.promicron.de](http://www.promicron.de)) montiert, in das ein zusätzliches Objektiv der Firma Wild GmbH (Völkermarkt/Österreich, [www.wild.at](http://www.wild.at)) mit Brennweite  $f = 800$  mm eingearbeitet ist. Ein Leuchttisch des Typs Artograph LightPad<sup>®</sup> 950 Light Box (Artograph, Inc., Delano/USA, <http://www.artograph.com/>) mit einer Fläche von ca. 400 x 600 mm dient als Lichtquelle, um den erforderlichen Kontrast herzustellen. Der Abstand vom Leuchttisch zur Kamera beträgt ca. 67 cm. Für die Speicherung der Bilder sowie für die Längenmessung ist die Kamera mit einem HP Elite-Book 8770W (IntelCore i7-3610QM 2.3 GHz, 4 GB RAM) verbunden. Als Betriebssystem dient Windows 7 Professional SP1.

Bei der Analysesoftware für die Längenmessung handelt es sich um die Leica Application Suite (LAS), Version 4.3 der Firma Leica Mikrosysteme (Wetzlar, <http://www.leica-microsystems.com>). Für die Garnelenmessung wurde die Software angepasst und ein Makro programmiert, das die Messung von gestreckten (Bauchlage) und gekrümmten (Seitenlage) Nordseegarnelen ermöglicht. Ein lasergeschnittener Maßstab mit einer Länge von 149.42 mm (Fa. Ludolph/Bremerhaven, [www.ludolph.de](http://www.ludolph.de)) dient als Referenz für die Längenmessung. Aus technischen Gründen ist die maximale Pixelzahl auf 5 MP begrenzt. Ein Pixel entspricht bei dieser Auflösung ca. 0.24 mm und definiert gleichzeitig den minimalen Fehlerbereich der einzelnen Messungen.

**Abbildung 6:** Aufbau der Messstation im Labor des Thünen-Instituts für Seefischerei in Hamburg Altona.



Für die Längenmessung müssen die Nordseegarnelen auf dem Leuchttisch vereinzelt werden, abstehende Antennen und Beine werden von der LAS-Software erkannt und in der Längenmessung nicht berücksichtigt. Die Software bestimmt daher jeweils nur die Totallänge von Scaphoceriten bis Uropoden in mm. Zwar ist die Handhabung der Nordseegarnelen in Seitenlage durchaus einfacher und schneller, da die Tiere nicht einzeln ausgerichtet werden müssen. Allerdings bietet die Analyse in Bauchlage den Vorteil, dass neben der Totallänge auch noch die Carapaxbreite bestimmt werden kann, so dass im Projektverlauf alle Längenmessungen an gestreckten Garnelen durchgeführt wurden. Grundsätzlich liefert die Software auf Wunsch für beide Messmethoden weitere, vielfältige Parameter, darunter z.B. Objektfläche, konvexe Fläche, Bogenlänge (entspricht bei gekrümmten Nordseegarnelen der Rückenlänge), Orientierung im Bild, uvm. Die Ausgabe der Daten erfolgt in einer Excel-Datei pro Hol mit Tabellenblättern getrennt nach den Messungen der jeweiligen Unterproben (im Projekt CRANNET je fünf UPr. für jeden Hol) und einem Tabellenblatt mit der Zusammenfassung aller Messungen eines Hols.

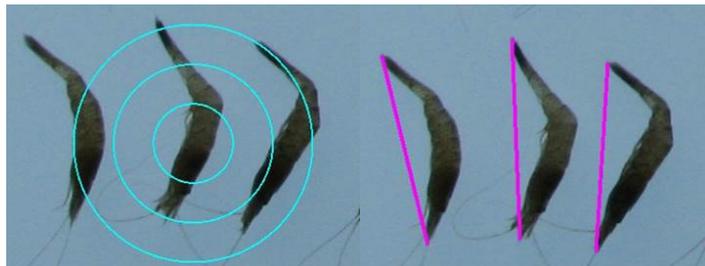
### 4.3 Garnelenmessungen im Detail

Die Messroutine unterscheidet automatisch zwischen gestreckten und gekrümmten Nordseegarnelen und wendet je nach Lage die entsprechenden Messverfahren an. Der Ablauf der Messung ist zunächst für beide Messverfahren gleich.

Das Originalbild wird durch die LAS-Software in ein Binärbild umgewandelt, so dass alle Objekte sich deutlich und vollständig vom Untergrund abheben. Im Binärbild treten allerdings auch leicht-

te - durch ungleichmäßige Ausleuchtung entstehende - Abschattungen stärker hervor, als auf dem Originalbild. Mit Hilfe der „Top-Hat“ Transformation werden diese Abschattungen des Bildes egalisiert, da sie ansonsten ebenfalls als eigenständige Objekte erkannt würden. Der nächste Schritt detektiert über eine voreingestellte Größe den Referenzmaßstab im Bild. In den folgenden Schritten werden überstehende Anhänge der Nordseegarnelen wie z.B. Beine und Antennen entfernt (Algorithmus „Erodieren“) und nachfolgend kleine Bildartefakte, z.B. kleinere Schmutzpartikel, von der Messung ausgeschlossen (Algorithmus „Öffnen“, Teilchenakzeptanz  $>20 \text{ px}^2 < 200000 \text{ px}^2$ ). Anschließend werden die einzelnen Nordseegarnelen bildanalytisch getrennt (Algorithmus „Wasserscheide“) und Randberührer detektiert. Letztlich folgt noch die Schwerpunktmessung der erkannten Nordseegarnelen, bevor die Anzahl der Nordseegarnelen erfasst wird. Um die Nordseegarnelen nach gestreckter oder gekrümmter Lage über das Längen-Breiten-Verhältnis zu unterscheiden, wird ihre Ausdehnung anhand des Feret-Durchmessers bestimmt. Die Bestimmung des Feret-Durchmessers erfolgt, indem an das zu analysierende Objekt 64 Tangenten angelegt werden (ähnlich einer Schieblehre), deren größter möglicher Abstand der Länge und deren kleinster möglicher Abstand der Carapaxbreite von gestreckten Nordseegarnelen entspricht. Der Prüfwert für gestreckte Nordseegarnelen liegt bei einem Verhältnis von 6 zu 100. Dies kann dazu führen, dass gestreckte Nordseegarnelen, die ein Längen-Breiten-Verhältnis von knapp unter 6 haben, neben der gestreckten Messung ebenfalls die Messung für gekrümmte Nordseegarnelen durchlaufen. Gekrümmte Nordseegarnelen werden über diesen Prüfwert (Längen-Breiten-Verhältnis  $< 6$ ) zuverlässig erkannt. Durch die Bestimmung der Objektausdehnung mit Hilfe des Feret-Durchmessers ist die Längenmessung für gestreckte Nordseegarnelen nun bereits abgeschlossen.

**Abbildung 7:** Bestimmung der Schnittpunkte (links) und anschließendes Einzeichnen der Sehne.



Die gekrümmten Nordseegarnelen durchlaufen im Anschluss einen weiteren Prozess, um deren Länge sicher zu bestimmen. Ausgehend vom Objektschwerpunkt werden konzentrische Kreise zunächst aufgebläht und dann wieder geschrumpft. Während des Aufblähens wird das weiter vom Schwerpunkt liegende Ende der Garnele detektiert, während des Schrumpfens das näher zum Schwerpunkt liegende Ende. Die resultierenden Schnittpunkte entsprechen den Endpunkten der Scaphoceriten und Uropoden, die mit einer Sehne verbunden werden (Abbildung 7).

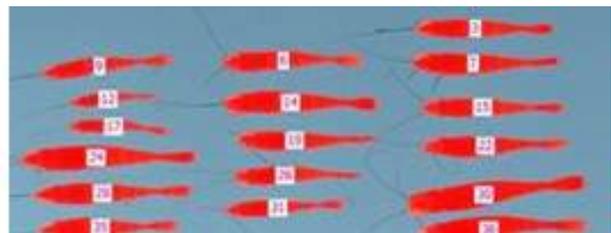
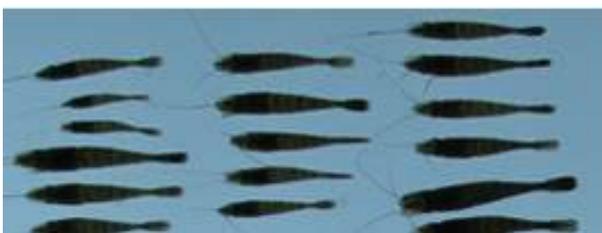
**Abbildung 8:** Skeletonisierung (links) und Kombination von Skeletonlinie mit der Sehne (rechts)



Mit Hilfe der „Skeletonisierung“ wird in die Körpermitte der Garnele eine Linie eingezeichnet, die der Totallänge der Garnele entspricht (Abbildung 8). Die Skeletonlinie wird mit den Enden der zuvor eingesetzten Sehne verbunden und reicht genau von den zuvor bestimmten Endpunkten der Scaphoceriten zu denen der Uropoden. Die Sehne dient somit nur als Hilfslinie für die korrekte Längenbestimmung. Sehne und Skeletonlinie bilden einen Bogen, dessen Umfang minus der Sehnenlänge die eigentliche Totallänge der gemessenen Garnele ergibt (Abbildung 8).

Auf Grund der begrenzten Fläche des Leuchttisches von 400 x 600 mm können maximal 200 bis 250 Nordseegarnelen pro Bild erfasst werden. Alle gemessenen Nordseegarnelen werden in einer Kopie des Originalbildes markiert und mit einer fortlaufenden Nummer versehen gespeichert, um eventuelle Messfehler leicht erkennen und in den Datenblättern zurückverfolgen zu können (Abbildung 9).

**Abbildung 9:** Links der Ausschnitt eines Originalbildes vor der Längenmessung, rechts die Kopie des gleichen Ausschnittes nach erfolgter Messung. Die gemessenen Nordseegarnelen werden farbig überlagert und nummeriert.

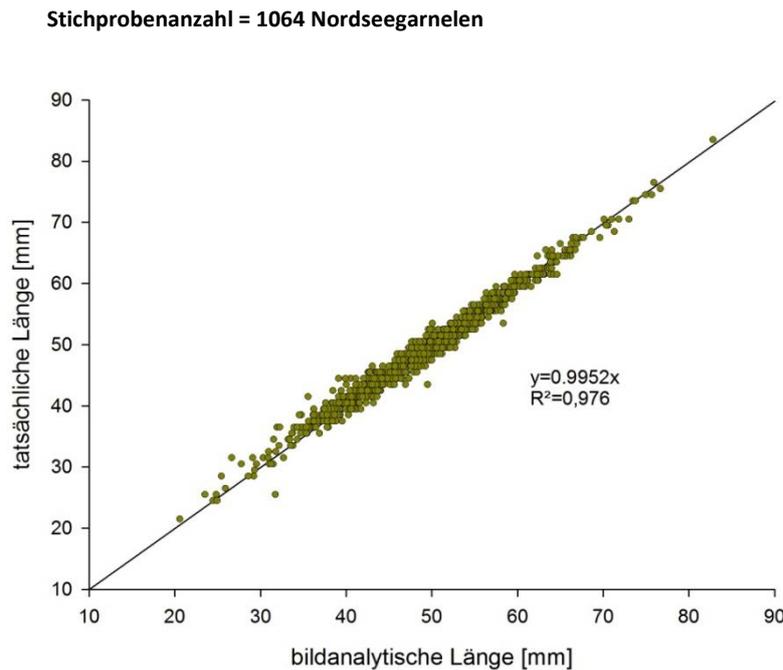


### 4.3.1 Validierung der Messmethode

Bevor die Routinemessungen an den gewonnen CRANNET-Proben begannen, wurden zu Projektbeginn zunächst einige Messungen durchgeführt, um die Vergleichbarkeit der Daten gegenüber der bisher etablierten Methode mittels Handmessungen per digitalem Messbrett sicherzustellen. Zudem diente die Überprüfung, ob die ausgegebene Länge der Bildanalyse korrekte Daten liefert. Für die Validierung wurde eine Messreihe von insgesamt 1064 Nordseegarnelen des gesamten

Längenspektrums erst von einem erfahrenen Anwender per digitalem Messbrett gemessen und anschließend dieselben Nordseegarnelen per digitaler Bildanalyse analysiert. Der Vergleich (Abbildung 10) zeigt, dass die Messungen durch die manuelle Methode des Anwenders und die durch die Bildanalyse gleiche Ergebnisse liefern, und es keine signifikanten Unterschiede in der Genauigkeit der erhobenen Messdaten gibt (lineare Regression,  $R^2=0.976$ ,  $p<0.001$ ).

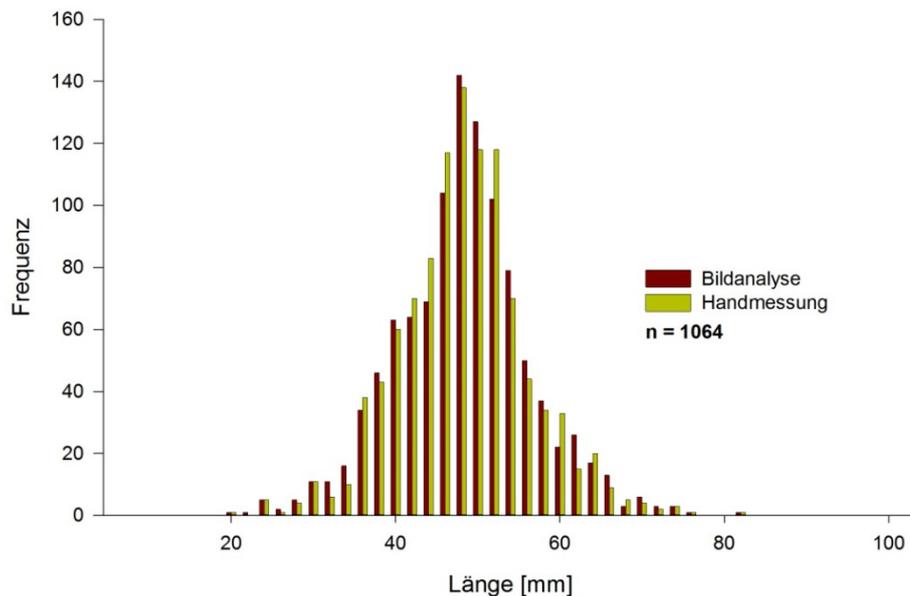
**Abbildung 10:** Korrelation von Handmessung zu Bildanalyse.



Ein ähnliches Bild ergibt sich, wenn die gemessenen Nordseegarnelen in Längensklassen (hier: 2 mm Längensklassen) zusammengefasst werden und die daraus resultierenden Längenhäufigkeitsverteilungen gegenübergestellt werden. Zwar treten in fast allen Längensklassen Differenzen in der Anzahl von Nordseegarnelen auf, wenn diese mit unterschiedlichen Messmethoden gemessen wurden. Allerdings sind diese Unterschiede gering und betragen in dem hier gezeigten Vergleich lediglich 6.5% (Abbildung 11).

Es sei aber angemerkt, dass der Wechsel von einer Längensklasse in die nächste nicht erst bei einem Messunterschied von 2 mm stattfindet, sondern Nordseegarnelen, die in der einen Messung 23.99 mm Totallänge aufweisen, auch die Längensklasse wechseln, wenn die zweite Messung derselben Garnele 24.01 mm Totallänge ergibt. Hier sei nochmals auf die oben erwähnte Kalibrierung von ca. 0.24 mm pro Pixel und dem daraus resultierenden minimalen Messfehler hingewiesen. Grundsätzlich resultieren die mit den unterschiedlichen Messmethoden gewonnenen Längenmessungen in gleichen Längen-Häufigkeitsverteilung (Abbildung 11).

**Abbildung 11:** Anzahl Nordseegarnelen pro 2 mm Längensklasse. Vergleich von Handmessung zu Bildanalyse.



Neben vergleichenden Messungen der beiden Messmethoden „digitales Messbrett“ und „Bildanalyse“, wurde die jeweilige Messmethode auch auf die Reproduzierbarkeit der Messungen getestet. Dazu wurden definierte Stichproben derselben Nordseegarnelen jeweils drei Mal in Folge mit der gleichen Methode gemessen. Im Falle der Messung mit digitalem Messbrett wurden 101 Nordseegarnelen von drei erfahrenen Anwendern gemessen und die gewonnenen Messdaten in Längensklassen von 1 mm zusammengefasst. Insgesamt wechselten bei dieser Methode durchschnittlich 26.4% der gemessenen Nordseegarnelen die Längensklasse, wenn sie ein zweites Mal gemessen wurden. In einem Fall waren die Messung zweier Anwender signifikant unterschiedlich (gepaarter *t*-Test,  $p < 0.05$ ) (Tabelle 3). Zum Vergleich wurden mit der Bildanalyse insgesamt 228 Nordseegarnelen drei Mal fotografiert und anschließend per Bildanalyse ausgewertet. Zwischen den einzelnen Fotos wurden die Nordseegarnelen entfernt und erneut auf den Leuchttisch aufgebracht, so dass sich in jedem Fall mit jedem Foto die Position der Nordseegarnelen auf dem Bild veränderte. Dennoch wechselten bei diesem Versuch lediglich 16.8% der Tiere die Längensklasse, wenn die Nordseegarnelen auf einem weiteren Foto ein zweites Mal gemessen wurden. Zudem fanden sich zwischen keiner der drei Messungen signifikante Unterschiede (gepaarter *t*-Test,  $p < 0.05$ ) (Tabelle 4). Längenmessungen per Bildanalyse führen gegenüber Messungen mit einem digitalen Messbrett auf Grund höherer Reproduzierbarkeit zu besseren Ergebnissen. Zudem ist die Messung per Bildanalyse unabhängig von der Tagesform oder Konzentrationsfähigkeit des Anwenders.

**Tabelle 3:** Vergleich der Messungen gleicher Garnelen (n=101) mit drei unterschiedlichen Anwendern. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen pro Anwender. Statistische Unterschiede wurden mit Hilfe des paired-t-Test ermittelt. Signifikanzlevel  $p < 0.05$  (\*), bzw.  $p < 0.001$  (\*\*\*), n.s.= keine statistischen Unterschiede.

	Mittelwert	S.D.	Anwender 1	Anwender 2	Anwender 3
Anwender 1	50.6636	5.12026			
Anwender 2	49.0591	5.12746	***		
Anwender 3	49.7889	5.00604	n.s.	n.s.	

**Tabelle 4:** Wiederholte Messungen gleicher Garnelen (n=228) per Bildanalyse. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen pro Bildmessung. Statistische Unterschiede wurden mit Hilfe des paired-t-Test ermittelt. Signifikanzlevel  $p < 0.05$  (\*), bzw.  $p < 0.001$  (\*\*\*), n.s.= keine statistischen Unterschiede.

	Mittelwert	S.D.	Bildmessung 1	Bildmessung 2	Bildmessung 3
Bildmessung 1	52.1456	7.64694			
Bildmessung 2	52.0014	7.63360	n.s.		
Bildmessung 3	51.9887	7.71237	n.s.	n.s.	

#### 4.4 Durchgeführte Messungen

Auf den fünf Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ und drei Praxisfahrten auf kommerziellen Krabbenkuttern wurden ca. 655 kg, bzw. 214 kg Probenmaterial in Form von ungekochten Nordseegarnelen für die spätere Bestimmung morphologischer Parameter, vornehmlich Totallänge und Carapaxbreite in mm, entnommen und für die spätere Bearbeitung im Labor eingefroren. Bei der abschließenden Bearbeitung aller Proben wurden insgesamt 541.801 Messungen für *C. crangon* für die Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ in den Jahren 2013 und 2014 durchgeführt. Die anschließenden Praxistests auf kommerziellen Krabbenkuttern (vgl. Abschnitt 12: Erprobung der optimalen Steerte unter Praxisbedingungen), bei denen die Probennahme ebenfalls nach dem wissenschaftlichen Muster wie auf FFS „Solea“ durchgeführt wurde, führte im Jahr 2014 zu weiteren 217.740 Längenmessungen, so dass insgesamt ca. 760.000 Datensätze für *C. crangon* in den CRANNET-Datenbanken vorhanden sind. Hinzu kommen noch eine Reihe zusätzlicher Messungen, v.a. während der Vorbereitungsphase und der Validierung der Messsysteme, die allerdings nicht endgültig zu beziffert werden können

Alle Messdaten der Forschungsreisen mit FFS „Solea“ dienten der Berechnung sämtlicher Selektionskurven, die in diesem Bericht in Kapitel 7.1 (Selektionsberechnungen für *C. crangon*) für *Crangon crangon* dargestellt sind. Die Parameter der Selektionseigenschaften fließen anschließend in die Berechnungen des populationsdynamischen Modells (Kapitel 11: Populationsdynamik) ein, das wiederum für die Abschätzung der Bestandsentwicklung durch flottenumfassend geänderte Steertmaschenöffnungen und der ökonomischen Kennzahlen in Kapitel 13 (Ökonomische Analysen – CRANNET) dient. Die Synthese der drei o.g. Teilbereiche führte im Projektverlauf zur Auswahl derjenigen Steerte, die ökologisch und ökonomisch nachhaltige Bestandsentwicklungen sowohl für das Ökosystem als auch die Fischerei erwarten lassen. Diese Steerte wurden während der kommerziellen Erprobungen mit gecharterten Krabbenkuttern in den Monaten Juni, August und Oktober des Jahres 2014 eingesetzt und auf ihre Praxistauglichkeit hin untersucht.

## 4.5 Literatur

- Harbitz A (2007) Estimation of shrimp (*Pandalus borealis*) carapace length by image analysis. ICES Journal of Marine Science 64(5): 939-944
- Ishii T, Adachi R, Omori M, Shimizu U, Irie H (1987) The identification, counting, and measurement of phytoplankton by an image-processing system. ICES Journal of Marine Science 43(3): 253-260
- Neudecker T, C. F. C. C. International Council for the Exploration of the Sea (1990) Results of morphometric investigations on herring otoliths from the Western Baltic using an image analyser. COPENHAGEN (DENMARK). ICES C.M. 1990/J:21
- Wienbeck H, Breitenstein M (1999) Application of image processing methods for the size measurement of shrimps. Contributions on the Theory of Fishing Gears and Related Marine Systems: Proceedings of the Fourth International Workshop on Methods for the Development and Evaluation of Maritime Technologies, Rostock 3-6 November 1999. M. Paschen, Neuer Hochschulschriftenverlag



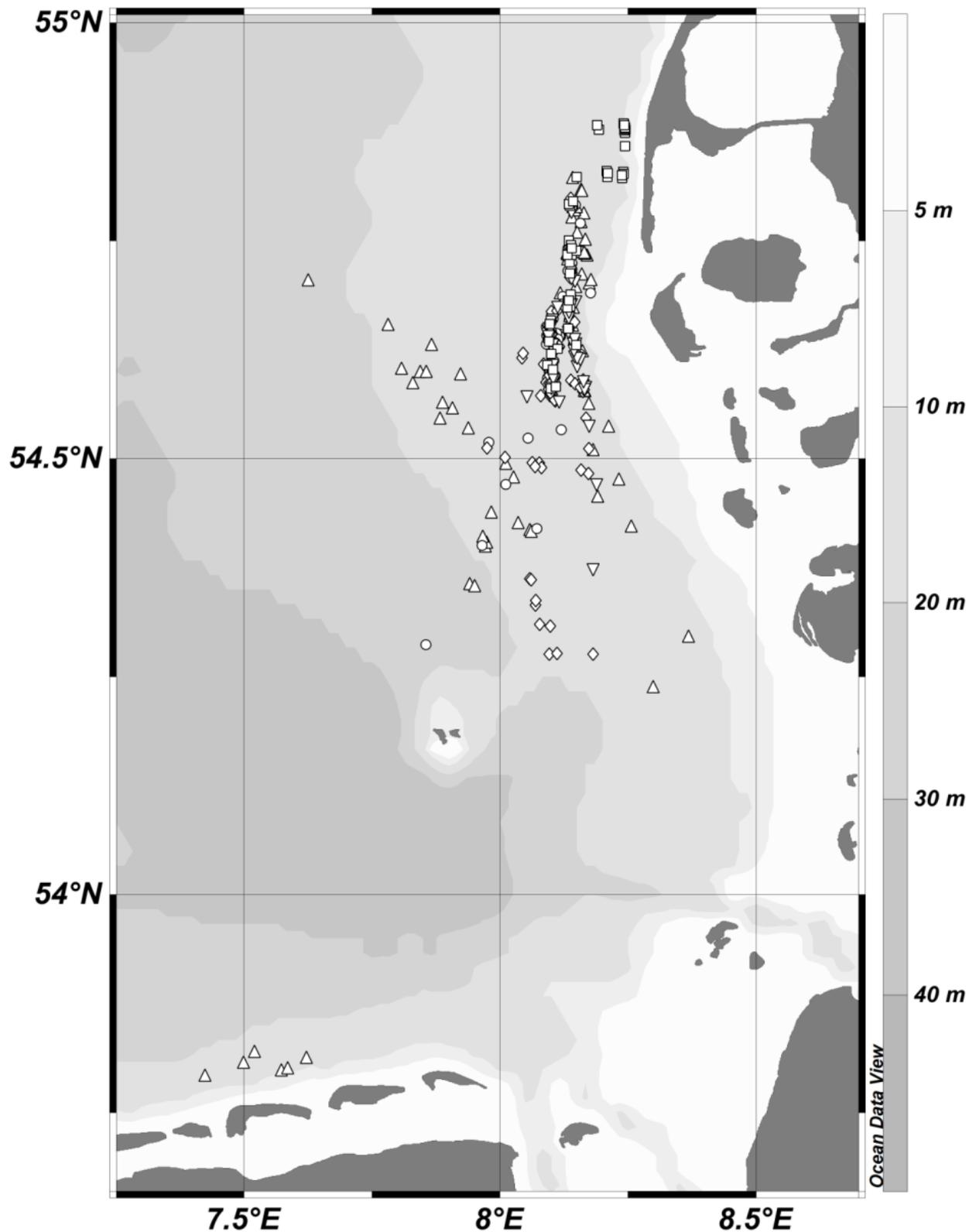
## 5 Übersicht Forschungsfahrten

Im Projekt CRANNET wurden von Januar 2013 bis Januar 2014 insgesamt fünf Forschungsfahrten durchgeführt (Tabelle 5). Ziel aller Fahrten war es, alle im Projekt getesteten Steerte (27 Test-Steerte plus Referenz-Steert) auf Ihre spezifischen Selektionseigenschaften hin zu untersuchen. Diese Selektionseigenschaften bilden die Grundlage aller nachfolgenden Arbeiten und Berechnungen im Projekt CRANNET. Von insgesamt 335 durchgeführten Hols konnten 321 gültige Hols für die Datenanalyse genutzt werden. Die Aussetzpositionen der gültigen Hols finden sich in Abbildung 12.

**Tabelle 5:** Metadaten zu den im Projekt CRANNET durchgeführten Fahrten mit den Forschungsschiffen des Bundes FFS „Solea“ (SB) und FFS „Clupea“ (CB).

Reise	SB667	SB671	SB678	SB681	SB684	CB272	$\Sigma$
<b>Fahrtleitung</b>	Neudecker	Limmer	Limmer	Limmer	Neudecker	Stepputtis	
<b>Auslaufen</b>	14.01.13	03.04.13	09.09.13	13.11.13	16.01.14	05.08.13	
<b>Einlaufen</b>	28.01.13	18.04.13	25.09.13	22.11.13	29.01.14	09.08.13	
<b>Seetage</b>	15	16	17	10	14	5	77
<b>Fangtage</b>	12	14	12	8	12	0	
<b>Hols</b>	70	95	69	40	61	0	335
<b>Garnelenproben</b>	140	174	134	80	126	0	654
<b>Fischarten</b>	33	30	34	26	31	0	
<b>Wirbellosen Taxa</b>	30	31	32	17	28	0	
<b>Fische gemessen</b>	7.033	8.837	5.432	3.105	6.104	0	30.511
<b>Garnelen gemessen</b>	138.028	124.272	123.473	62.053	93.975	0	541.801

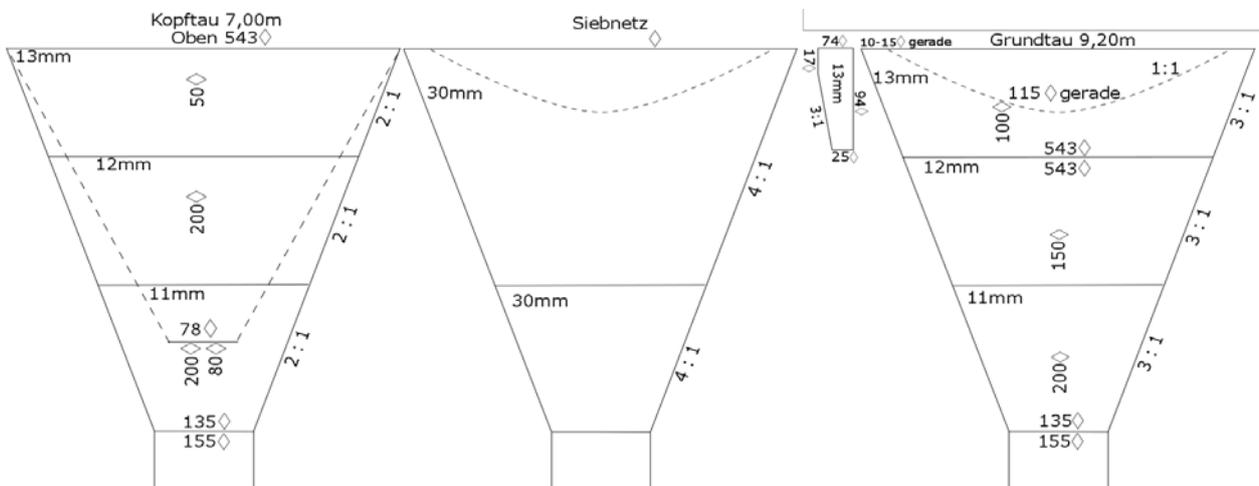
**Abbildung 12:** Aussetzpositionen aller gültigen Hols auf FFS „Solea“ in den Monaten Januar 2013 (Dreiecke), April 2013 (Kreise), September 2013 (Rauten), November 2013 (umgedrehte Dreiecke) und Januar 2014 (Quadrate).



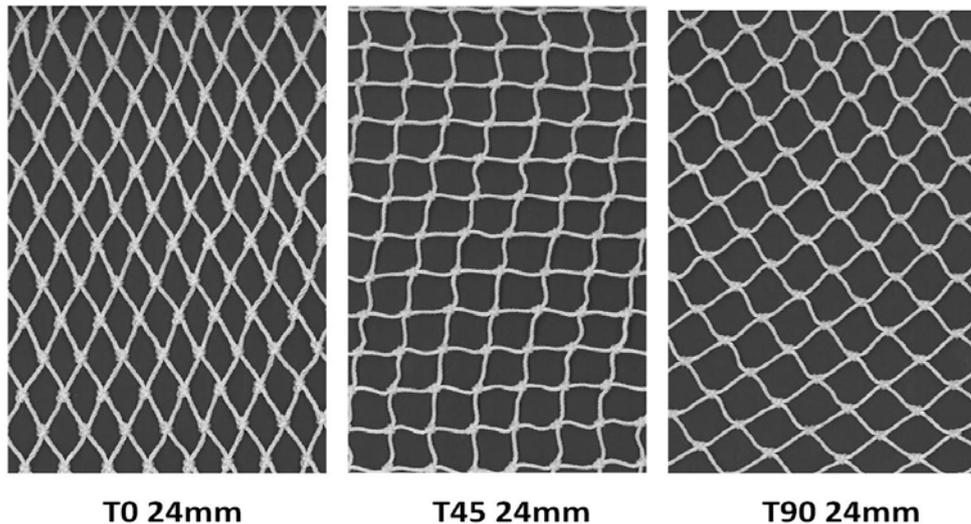
## 5.1 Spezifikationen der Hauptnetze und Netzsteerte

Auf FFS „Solea“ kamen zwei baugleiche Hauptnetze zum Einsatz, die in ihrer Konstruktion und Ausmaßen denen der kommerziellen Fischerei entsprachen. Neben eines Siebnetzes zur Vermeidung unerwünschten Beifangs von Fischen und anderen Organismen, verfügten die Hauptnetze über eine Schnellwechseinrichtung, die es ermöglichte, den verwendeten Steert in sehr kurzer Zeit zu wechseln. Die Netzzeichnungen der verwendeten Hauptnetze finden sich in den Abbildung 13.

**Abbildung 13:** Netzzeichnungen der Hauptnetze auf FFS „Solea“ während der Forschungsfahrten in den Jahren 2013 und 2014. Von links nach rechts: Oberblatt, Siebnetz, Unterblatt. Angegeben sind jeweils Maschenzahl, Maschenweite und Schnittmuster.



**Abbildung 14:** Darstellung der unterschiedlichen Maschengemetrien: Netztuch 0° gedreht = T0 (links), Netztuch 45° gedreht = T45 (mittig), Netztuch 90° gedreht = T90 (rechts). Alle Bilder sind maßstabsgerecht für die Maschenöffnung 24 mm abgebildet.



Im Versuchszeitraum kamen Steerte unterschiedlicher Maschenöffnung und Maschenformen zum Einsatz (Abbildung 14). In der Fischerei wird standardmäßig Netztuch mit Rautenmaschen verwendet, bei dem die Zugrichtung des Netzes der Fertigungsrichtung entspricht. Die Ausrichtung des Netztuchs ist dementsprechend nicht verdreht, weshalb die Steerte mit T0 gekennzeichnet werden. Quadratmaschen bilden sich aus, wenn um 45° gedrehtes Netztuch zum Einsatz kommt, weshalb diese Steerte im Folgenden als T45-Steerte bezeichnet werden. Hier stehen die Maschen unter Zug in nahezu quadratischer Form offen. Dreht man das Netztuch um 90° zur Standardzugrichtung/Fertigungsrichtung, spricht man von T90-Steerten. Durch diese 90° Drehung ähneln diese Maschen zwar den T0-Maschen, jedoch stehen sie im Gegensatz zu diesen auch unter Zug leicht offen. T90-Steerte sind in anderen Fischereien bereits etabliert

Ein großer Teil des im Projekt CRANNET eingesetzten Netzmaterials wurde entsprechend der Projektplanung von der Fischerei bereitgestellt, um größtmögliche Praxisnähe sicherzustellen. Zusätzliche Steerte mit größeren Maschenöffnungen (T0 >26mm, T45 >20, T90 >22 mm) wurden von zwei Herstellern beschafft, um das gesamte, für die CRANNET-Versuche notwendige, Maschengrößenspektrum verfügbar zu haben. Alle im Projekt verwendeten Steerte und ihre technischen Spezifikationen sind in Tabelle 6 aufgelistet. Die Messungen und Bestimmungen der Parameter aller Steerte erfolgte dabei nach Vorgaben der EU-Verordnung (EG) Nr. 129/2003. Für die Messung der Maschenöffnungen wurden ein Omega-Maschenmessgerät verwendet (Seriennummer: OMG 09070743). Im Unterschied zur vorgeschriebenen Messung von 20 Maschen pro Messreihe wurden Messreihen mit 60 Messungen pro Unter- und Oberblatt und Steert durchgeführt.

**Tabelle 6:** Im Projekt CRANNET verwendete Steerte. Angegeben sind der Steerttyp, Garn-  
typ, die nominale Maschenweite (MW), die nominale Maschenöffnung (MÖ),  
die gemessene Maschenöffnungen sowie die Standardabweichung des Mittel-  
wertes (S.D.) der gemessenen Maschenöffnung. Außerdem ist die Maschenanz-  
ahl für Ober- und Unterblatt, die durchgeführten Messreihen á 60 Maschen pro  
Steert und der Hersteller (D = Peter DeWitt (Steerte durch die Fischerei bereit-  
gestellt), E = Engel-Netze, R= Rofia) in der Tabelle angegeben.

Steert	Garn- Nr.	MW nominal [mm]	MÖ nominal [mm]	MÖ ge- messen [mm]	MÖ ge- messen S.D. [mm]	Anzahl Maschen OB	Anzahl Maschen UB	Messreihen (à 60 Maschen)	Hersteller
<b>T0 Steerte</b>									
<b>T0 14</b>	210/12	8	16	17.4	0.4	172	173	2	D
<b>T0 18</b>	210/24	10	20	19.1	0.1	146	146	2	D
<b>T0 20</b>	210/24	11	22	21.4	0.1	135	135	2	D
	210/30	11	22	20.2	0.3	130	135	8	D
<b>T0 22</b>	210/24	12	24	22.9	0.2	121	122	4	D
<b>T0 24</b>	210/24	13	26	24.6	0.1	106	106	2	D
	210/30	13	26	25.1	0.3	100	98	4	D
<b>T0 26</b>	210/24	14	28	27.1	0.6	109	108	2	E
	210/24	14	28	27.8	0.6	109	108	2	R
<b>T0 28</b>	210/24	15	30	29.4	0.3	101	102	4	E
<b>T0 30</b>	210/27	16	32	31.6	0.3	93	92	2	E
	210/24	16	32	32.2	0.3	93	92	2	R
<b>T0 34</b>	210/21	18	36	36.4	0.4	80	81	4	E
<b>T45 Steerte</b>									
<b>T45 15</b>	210/12	8	16	17.2	0.1	193	193	2	D
<b>T45 18</b>	210/24	10	20	18.8	0.2	146	146	2	D
<b>T45 20</b>	210/24	11	22	21.0	0.2	134	136	4	E/R
<b>T45 22</b>	210/24	12	24	23.4	0.1	121	121	4	E/R
<b>T45 24</b>	210/24	13	26	24.9	0.2	113	115	2	E
	210/24	13	26	25.2	0.2	113	115	2	R
<b>T45 26</b>	210/24	14	28	27.8	0.1	112	111	4	E
<b>T45 28</b>	210/24	15	30	29.3	0.2	104	104	4	E
<b>T90 Steerte</b>									
<b>T90 18</b>	210/24	10	20	18.8	0.3	97	98	4	D
<b>T90 20</b>	210/24	11	22	21.1	0.5	95	95	2	D
	210/30	11	22	20.2	0.6	95	95	4	D
<b>T90 22</b>	210/24	12	24	22.5	0.5	91	91	4	D
<b>T90 24</b>	210/24	13	26	24.6	0.6	72	72	2	E
	210/24	13	26	24.4	0.6	72	72	2	R
<b>T90 26</b>	210/24	14	28	27.6	0.1	73	72	2	E
	210/24	14	28	27.8	0.1	73	72	2	R
<b>T90 28</b>	210/24	15	30	29.0	0.6	73	73	4	E/R
<b>T90 30</b>	210/27	16	32	31.4	0.3	66	67	4	E
<b>T90 34</b>	210/21	18	36	36.5	0.2	57	57	4	E



## 6 Allgemeine Auswertung der Fänge von *C. crangon*

Während der Forschungsreisen mit FFS „Solea“ zeigte sich vor allem beim Gesamtfang und der Fangmenge der Zielart *C. crangon* zunächst ein deutlicher, saisonaler Unterschied (Tabelle 7 bis Tabelle 11). Während im Januar 2013 die Gesamtfangmenge mit ca. 11 bis 18 kg h<sup>-1</sup>, bzw. die *Crangon*-Fangmenge mit ca. 6 bis 14 kg h<sup>-1</sup> gering waren, sanken diese im April noch auf mittlere Werte von ca. 4 bis 16 kg h<sup>-1</sup> beim Gesamtfang, bzw. auf ca. 3 bis 11 kg h<sup>-1</sup>. Der Anteil von *C. crangon* am Gesamtfang zeigte sich in beiden Monaten, ebenso wie die durchschnittlichen Fangmengen, hoch variabel und lag mit durchschnittlich 63,4 ± 17,3 % im Januar leicht höher gegenüber dem April mit 62,3 ± 13,7 %.

Zur Hauptsaison der Krabbenfischerei im September und November 2013 stiegen die Fangmengen für den Gesamtfang und die Zielart *C. crangon* deutlich an. Im September 2013 wurden Gesamtfangmengen von ca. 12 bis 150 kg h<sup>-1</sup> erreicht, während diese im November 2013 bei 16 bis 125 kg h<sup>-1</sup> lagen. Die Werte für *C. crangon* lagen zwar im September mit ca. 5 bis 60 kg h<sup>-1</sup> und im November mit 8 bis 48 kg h<sup>-1</sup> höher als im Januar und April 2013, jedoch nahm der Anteil am Gesamtfang ab und lag im September und November nur noch bei durchschnittlich 49,5 ± 18,2 %, bzw. 39,5 ± 11,0 %. Die Fangmengen im Januar 2014 lagen mit ca. 10 bis 27 kg h<sup>-1</sup> beim Gesamtfang und ca. 5 bis 14 kg h<sup>-1</sup> auf einem ähnlichen Niveau wie schon im Januar 2013. Der Anteil von *C. crangon* lag hier mit durchschnittlich 52,6 ± 11,8 % allerdings leicht unter dem Vorjahresniveau.

**Tabelle 7:** Fangmengen [kg h<sup>-1</sup>] für Gesamtfang und *Crangon crangon* sowie relativer Anteil der Zielart *C. crangon* am Gesamtfang während der 667. Reise von FFS „Solea“ im Januar 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) ± Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.

Jan 2013	Hols N	Gesamtfang	<i>C. crangon</i>	Anteil <i>C. crangon</i> an Ge-
		[kg h <sup>-1</sup> ] M.W. ± S.D.	[kg h <sup>-1</sup> ] M.W. ± S.D.	samtfang [%] M.W. ± S.D.
T0 11	30	18,04 ± 5,73	13,33 ± 4,85	72,3 ± 10,7
T0 14	3	16,96 ± 7,70	12,42 ± 6,25	72,2 ± 3,6
T0 18	6	17,66 ± 6,58	14,04 ± 6,15	77,8 ± 5,6
T0 20	31	14,42 ± 8,38	8,08 ± 5,89	55,7 ± 16,3
T0 22	8	18,26 ± 12,76	10,03 ± 6,48	62,1 ± 22,3
T0 24	6	16,05 ± 11,33	8,59 ± 4,21	58,6 ± 17,3
T45 15	9	11,97 ± 7,50	7,58 ± 5,32	66,6 ± 23,1
T45 18	10	11,97 ± 8,45	7,31 ± 3,79	70,6 ± 21,1
T90 18	10	15,91 ± 13,11	7,61 ± 5,28	51,2 ± 20,1
T90 20	6	10,98 ± 5,84	7,66 ± 5,04	65,1 ± 13,4
T90 22	18	11,13 ± 9,36	6,31 ± 4,70	58,5 ± 13,2

**Tabelle 8:** Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und *Crangon crangon* sowie relativer Anteil der Zielart *C. crangon* am Gesamtfang während der 671. Reise von FFS „Solea“ im April 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.)  $\pm$  Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.

Apr 2013	Hols	Gesamtfang [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	<i>C. crangon</i> [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	Anteil <i>C. crangon</i> an Ge- samtfang [%]
	N	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.
T0 11	87	12,90 $\pm$ 5,73	7,89 $\pm$ 4,01	59,8 $\pm$ 13,6
T0 20	12	8,34 $\pm$ 5,20	5,95 $\pm$ 4,21	68,3 $\pm$ 12,3
T0 24	8	6,37 $\pm$ 1,79	3,92 $\pm$ 1,53	60,6 $\pm$ 11,7
T0 26	8	10,71 $\pm$ 3,00	6,24 $\pm$ 2,72	57,5 $\pm$ 18,8
T0 28	6	4,36 $\pm$ 1,04	2,67 $\pm$ 1,27	58,1 $\pm$ 15,8
T0 30	12	6,54 $\pm$ 1,41	4,56 $\pm$ 0,73	70,7 $\pm$ 7,2
T45 20	6	16,25 $\pm$ 6,36	11,35 $\pm$ 4,74	69,9 $\pm$ 10,3
T45 22	4	12,93 $\pm$ 1,37	9,63 $\pm$ 1,77	74,4 $\pm$ 9,8
T45 24	6	12,14 $\pm$ 2,71	7,94 $\pm$ 1,44	66,7 $\pm$ 12,8
T90 20	6	12,14 $\pm$ 6,39	6,73 $\pm$ 3,40	56,2 $\pm$ 18,5
T90 24	7	8,49 $\pm$ 3,32	5,43 $\pm$ 3,01	60,7 $\pm$ 14,9
T90 26	6	6,84 $\pm$ 4,31	4,37 $\pm$ 2,81	62,0 $\pm$ 12,7
T90 28	6	4,91 $\pm$ 0,72	3,39 $\pm$ 0,44	69,8 $\pm$ 10,7

**Tabelle 9:** Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und *Crangon crangon* sowie relativer Anteil der Zielart *C. crangon* am Gesamtfang während der 678. Reise von FFS „Solea“ im September 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.)  $\pm$  Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.

Sep 2013	Hols	Gesamtfang [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	<i>C. crangon</i> [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	Anteil <i>C. crangon</i> an Ge- samtfang [%]
	N	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.
Steert				
T0 11	67	79,14 $\pm$ 60,79	39,55 $\pm$ 30,90	53,6 $\pm$ 16,9
T0 20	4	38,16 $\pm$ 17,42	18,70 $\pm$ 6,94	52,1 $\pm$ 11,8
T0 26	6	25,54 $\pm$ 3,94	19,03 $\pm$ 3,88	75,8 $\pm$ 16,5
T0 28	5	45,92 $\pm$ 30,13	16,01 $\pm$ 13,26	32,3 $\pm$ 11,9
T0 30	5	20,67 $\pm$ 7,77	10,10 $\pm$ 5,89	50,7 $\pm$ 22,3
T0 34	6	12,23 $\pm$ 12,23	4,52 $\pm$ 4,35	40,2 $\pm$ 7,3
T45 20	4	149,29 $\pm$ 34,05	59,30 $\pm$ 24,70	39,4 $\pm$ 14,7
T45 22	4	56,33 $\pm$ 38,73	24,20 $\pm$ 18,66	44,5 $\pm$ 11,2
T45 24	4	92,03 $\pm$ 65,28	23,38 $\pm$ 19,24	26,6 $\pm$ 7,2
T45 26	4	30,65 $\pm$ 19,03	7,41 $\pm$ 2,80	31,4 $\pm$ 17,1
T45 28	4	30,45 $\pm$ 24,95	9,37 $\pm$ 7,01	29,7 $\pm$ 10,4
T90 24	4	16,74 $\pm$ 11,48	8,63 $\pm$ 5,29	52,9 $\pm$ 15,1
T90 26	4	67,48 $\pm$ 37,85	36,76 $\pm$ 18,98	56,4 $\pm$ 8,9
T90 28	4	85,47 $\pm$ 65,16	18,26 $\pm$ 12,28	26,4 $\pm$ 11,3
T90 30	4	26,84 $\pm$ 6,22	16,14 $\pm$ 2,56	61,1 $\pm$ 6,3
T90 34	5	77,52 $\pm$ 39,68	36,51 $\pm$ 13,39	50,3 $\pm$ 14,8

**Tabelle 10:** Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und *Crangon crangon* sowie relativer Anteil der Zielart *C. crangon* am Gesamtfang während der 681. Reise von FFS „Solea“ im November 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.)  $\pm$  Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.

Nov 2013	Hols	Gesamtfang [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	<i>C. crangon</i> [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	Anteil <i>C. crangon</i> an Ge- samtfang [%]
Steert	N	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.
T0 11	34	105,95 $\pm$ 48,57	39,11 $\pm$ 18,83	38,1 $\pm$ 10,7
T0 18	3	89,51 $\pm$ 13,51	39,07 $\pm$ 8,99	43,3 $\pm$ 3,7
T0 22	3	70,58 $\pm$ 17,72	22,30 $\pm$ 9,46	33,4 $\pm$ 18,4
T0 28	2	57,36 $\pm$ 22,87	22,23 $\pm$ 14,80	36,5 $\pm$ 11,2
T45 18	3	115,71 $\pm$ 56,90	30,65 $\pm$ 14,06	28,6 $\pm$ 14,1
T45 20	2	70,33 $\pm$ 58,31	34,14 $\pm$ 33,31	44,1 $\pm$ 10,8
T45 22	2	69,62 $\pm$ 70,34	38,14 $\pm$ 37,35	56,5 $\pm$ 3,4
T45 24	2	85,03 $\pm$ 5,99	31,99 $\pm$ 6,94	37,4 $\pm$ 5,5
T45 26	2	16,14 $\pm$ 7,12	8,63 $\pm$ 1,36	57,2 $\pm$ 16,8
T45 28	2	125,00 $\pm$ 26,94	47,77 $\pm$ 19,24	37,4 $\pm$ 7,3
T90 18	9	83,92 $\pm$ 35,07	36,58 $\pm$ 20,03	42,2 $\pm$ 9,9
T90 22	2	104,70 $\pm$ 36,33	48,22 $\pm$ 13,02	46,7 $\pm$ 3,8
T90 24	3	99,67 $\pm$ 7,96	48,30 $\pm$ 9,48	49,1 $\pm$ 13,0
T90 26	3	40,49 $\pm$ 15,62	13,38 $\pm$ 6,85	31,7 $\pm$ 5,9
T90 28	3	106,05 $\pm$ 3,01	37,82 $\pm$ 6,99	35,8 $\pm$ 7,5
T90 30	3	96,62 $\pm$ 55,68	34,38 $\pm$ 22,27	35,1 $\pm$ 4,1
T90 34	2	88,25 $\pm$ 87,74	32,80 $\pm$ 27,85	42,5 $\pm$ 10,7

Grundsätzlich zeigen die Daten eine hohe Variabilität. Hier wird deutlich, dass räumliche und zeitliche Faktoren ebenfalls Einfluss auf die hier dargestellten Ergebnisse haben. Darüber hinaus beeinflusst die ungleiche Verteilung der gefangenen Arten und von *C. crangon* im jeweiligen Fanggebiet die Ergebnisse. Dementsprechend ist kein genereller Trend zu ab- oder zunehmenden Fangmengen und Fanganteilen in Abhängigkeit vom verwendeten Steert-Typ oder der Steertmaschenöffnung ohne weiterführende Analyse zu erkennen. Die hier deskriptiv gezeigten Ergebnisse lassen daher nur sehr allgemeine Rückschlüsse auf generelle, saisonale Veränderungen in der Fangzusammensetzung zu, nicht aber auf die Vorteile eines bestimmten Steert-Typs mit Hinblick auf verbesserte Selektionseigenschaften.

**Tabelle 11:** Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und *Crangon crangon* sowie relativer Anteil der Zielart *C. crangon* am Gesamtfang während der 684. Reise von FFS „Solea“ im Januar 2014. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.)  $\pm$  Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.

Jan 2014	Hols	Gesamtfang [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	<i>C. crangon</i> [ $\text{kg h}^{-1}$ ]	Anteil <i>C. crangon</i> an Ge- samtfang [%]
Steert	N	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.	M.W. $\pm$ S.D.
T0 11	10	25,60 $\pm$ 5,63	13,04 $\pm$ 3,34	50,9 $\pm$ 7,1
T0 14	6	26,83 $\pm$ 3,77	14,32 $\pm$ 2,29	53,3 $\pm$ 4,4
T0 20	9	22,03 $\pm$ 3,49	13,64 $\pm$ 3,86	61,5 $\pm$ 12,2
T0 26	3	16,24 $\pm$ 3,27	8,90 $\pm$ 2,26	55,2 $\pm$ 14,1
T0 28	3	14,26 $\pm$ 2,01	9,42 $\pm$ 1,74	65,9 $\pm$ 6,4
T0 30	3	12,42 $\pm$ 2,98	9,18 $\pm$ 4,38	70,5 $\pm$ 21,4
T45 18	20	24,65 $\pm$ 6,61	11,42 $\pm$ 4,12	46,1 $\pm$ 9,6
T45 20	4	27,06 $\pm$ 6,07	13,94 $\pm$ 3,42	51,4 $\pm$ 3,8
T45 22	4	19,24 $\pm$ 10,76	10,04 $\pm$ 4,32	54,4 $\pm$ 5,5
T45 24	4	15,75 $\pm$ 4,01	7,49 $\pm$ 3,54	48,5 $\pm$ 18,3
T45 26	4	11,33 $\pm$ 2,62	5,45 $\pm$ 1,37	48,8 $\pm$ 12,1
T45 28	4	15,97 $\pm$ 3,22	6,42 $\pm$ 3,46	39,6 $\pm$ 19,9
T90 18	16	21,96 $\pm$ 5,29	10,86 $\pm$ 3,67	49,2 $\pm$ 9,5
T90 24	4	16,12 $\pm$ 2,61	7,75 $\pm$ 2,31	47,5 $\pm$ 9,0
T90 26	4	16,26 $\pm$ 5,33	10,80 $\pm$ 4,34	65,1 $\pm$ 7,2
T90 28	4	12,13 $\pm$ 3,35	7,66 $\pm$ 2,75	62,2 $\pm$ 4,6
T90 30	4	10,57 $\pm$ 5,83	6,20 $\pm$ 3,53	59,8 $\pm$ 9,1
T90 34	4	9,73 $\pm$ 3,16	5,12 $\pm$ 1,95	52,4 $\pm$ 5,6

## 6.1 Fänge *C. crangon*

Neben den in Tabelle 7 bis Tabelle 11 dargestellten Fanggewichten und den relativen Anteilen von *Crangon* am Gesamtfang wurden für die einzelnen Forschungsfahrten die registrierten Längen-Häufigkeits-Verteilung von *Crangon crangon* pro getestetem Steert analysiert. Die Auswertung der Fangdaten erfolgte in Individuen pro Stunde ( $\text{Ind h}^{-1}$ ). Alle Längenmessungen wurden mit der digitalen Bildanalyse (Kapitel 4) gewonnen.

Im Januar 2013 wurden zunächst insgesamt 10 Steerte (plus Referenz-Steert) getestet (Abbildung 15). Die Fangmengen lagen mit max. 508  $\text{Ind h}^{-1}$  pro Längenklasse auf einem niedrigen Niveau. Für Steerte mit Standardmaschen (T0) zeigt sich, dass bei den Längenklassen  $<50$  mm der Anteil mit zunehmender Maschenöffnung abnimmt. Zudem sinken auch die maximalen Fangmengen ( $\text{Ind h}^{-1}$ ) der einzelnen Längenklassen mit größerer Maschenöffnung. Bei Längenklassen  $>50$  mm ist ein solcher, genereller Trend weniger ausgeprägt. Diese Längenklassen wurden in allen T0-Steerten gleichermaßen gefangen. Allerdings unterliegen die Ergebnisse deutlichen Schwankungen, die auf Unterschiede zwischen den Fangplätzen und somit in der Populationsstruktur in den räumlich begrenzten Fanggebieten zurückzuführen sind. Für die Steerte mit Quadratmaschen

(T45) wurden auf der Forschungsfahrt im Januar 2013 aus Zeitgründen nur zwei unterschiedliche Maschenöffnungen getestet. Auch hier zeigt sich eine leichte Tendenz zu abnehmenden Fangmengen der Längensklassen <50 mm mit steigender Maschengröße. Bei den Längensklassen >50 mm ist wie bei den T0-Steerten keine Abnahme der Fangmengen zu beobachten. Vielmehr findet sich hier ein leichter Mehrfang der Individuen von *C. crangon* mit Längen >55mm.

Die drei getesteten T90-Steerte folgen im Trend den Ergebnissen der T0-Steerte. Größere Maschen führen hier ebenfalls zu einer generellen Abnahme der Fangmengen, insbesondere bei Längensklassen <55 mm.

Im April 2013 waren die Fangmengen von *C. crangon* gegenüber der Januarfahrt um ca. die Hälfte geringer (Abbildung 16). In den einzelnen Längensklassen wurden max. 223 Ind h<sup>-1</sup> gefangen. Insgesamt wurden auf dieser Forschungsfahrt 12 Steerte (plus Referenz-Steert) getestet. Wie schon im Januar setzt sich hier der generelle Trend fort, dass mit größeren Maschen einer bestimmten Maschenform weniger Tiere pro Stunde im Netz zurückbleiben. Bei den Längensklassen <50 mm ist zu beobachten, dass das Längenspektrum der gefangenen Tiere kleiner wird und somit insgesamt ein Schoneffekt für die kleinsten Individuen für *C. crangon* durch größere Maschenöffnungen auftritt. Wenngleich die Fangmengen der Längensklassen >50 mm mit zunehmender Maschenöffnung reduziert erscheinen, ist das obere Längenspektrum von *C. crangon* davon nicht beeinflusst. In allen getesteten Steerten fanden sich Individuen mit einer Länge bis ca. 80 mm. Auch im April 2013 sind die Ergebnisse durch hohe Variabilität gekennzeichnet.

Im September 2013 wurden insgesamt 15 Steerte (plus Referenzsteert) getestet (Abbildung 17). Die Fangmengen lagen mit max. 1443 Ind h<sup>-1</sup> für einzelne Längensklassen deutlich höher als auf den vorangegangenen Fahrten im Januar und April 2013. Für T0-Steerte zeigt sich eine Abnahme der absoluten Fangmengen mit zunehmender Maschenöffnung. Zudem tritt bei den Längensklassen <50 mm ein deutlicher Schoneffekt auf, der mit zunehmender Maschenöffnung stärker wird. Die Längensklassen >50mm sind hingegen weniger beeinflusst, zeigen aber auch einen Trend zu reduzierten Fangmengen, wenn die Maschenöffnung größer gewählt wird. Im Gegensatz dazu sind solche klaren Trends bei den Steerten mit T45 und T90-Maschen nicht zu beobachten. Hier traten hohe Schwankungen zwischen den getesteten Steerten auf, so dass Steerte mit größerer Maschenöffnung zum Teil höhere Fangmengen und größere Längenspektren aufwiesen, als Steerte mit vergleichbarer Maschengometrie aber kleinerer Maschenöffnung.

Die Ergebnisse der Novemberfahrt 2013 zeigen deutlich, dass in dieser Jahreszeit keine, bzw. kaum Tiere der Längensklasse <35mm im Bestand vorhanden sind (Abbildung 18). Tiere dieser Längensklassen wurden nur vom Referenzsteert T0 11 und auch nur in sehr geringen Mengen erfasst. Im November 2013 wurden mit max. 1940 Ind h<sup>-1</sup> die höchste Fangmenge für individuelle Längensklassen im Vergleich der Reisen erzielt. Generell zeigt sich für T0- und T45-Steerte ein Trend zu abnehmenden Fangmengen mit zunehmender Maschenöffnung, vor allem der Längensklassen <50 mm. Bei den getesteten T90-Steerten konnte dieser Trend nicht beobachtet werden, da hier offensichtlich Fangplatzunterschiede zu einer deutlichen Variabilität der Fangmengen

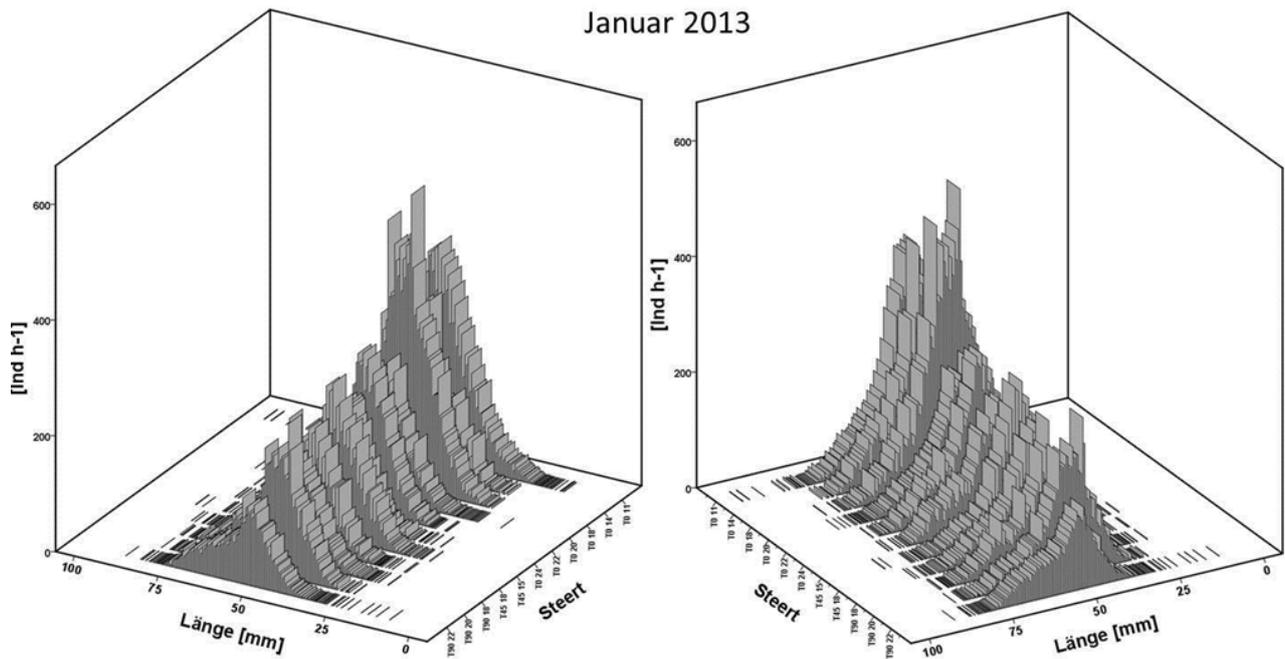
fürten. Für die Längensklassen >50 mm blieben die gefundenen Längenspektren auch bei größeren Maschenöffnungen weitestgehend unverändert, auch wenn in Einzelfällen größere Steertmaschenöffnungen zu besseren Fangergebnissen führten, als in vergleichbaren Steerten mit kleineren Maschenöffnungen. Hier wird erneut die Abhängigkeit der Ergebnisse vom Fangplatz deutlich.

Im Januar 2014 lagen die Fangergebnisse mit max. 456 Ind  $h^{-1}$  auf einem vergleichbaren Niveau wie schon im Januar 2013 (Abbildung 19). Die Ergebnisse zeigen auch hier, dass größere Maschenöffnungen zu geringeren Fangmengen in den einzelnen Längensklassen führen. Zudem werden die erfassten Längenspektren im Bereich der Längensklassen <50 mm mit zunehmender Maschenöffnung geringer. In diesem Bereich kommt es wie schon auf den Fahrten zuvor zu einem deutlichen Minderfang und somit zu einem Schoneffekt für *C. crangon*. Bei den vermarktungsfähigen Tieren >50 mm finden sich hingegen keine Unterschiede in Längenspektren, wenngleich die Fangmengen mit zunehmender Maschenöffnung leicht reduziert erscheinen.

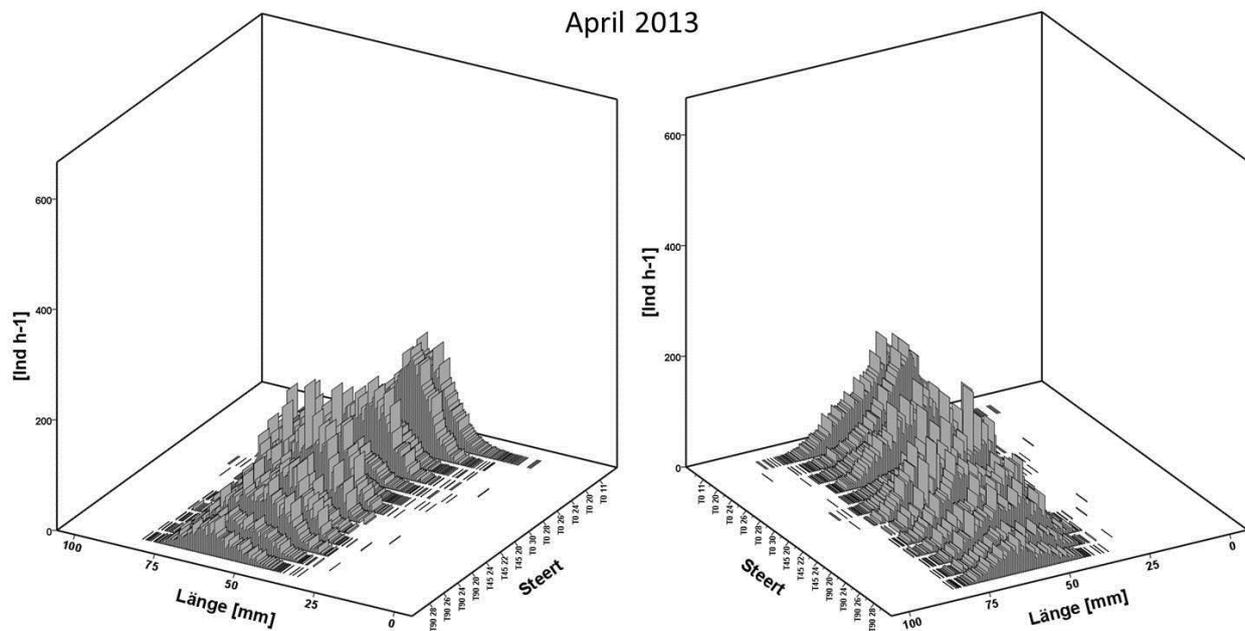
Die hier gezeigten Ergebnisse geben noch keinen Aufschluss über die spezifische Größenselektion der getesteten Steerte für *Crangon crangon*, sondern geben rein deskriptiv die Fangzusammensetzungen von *C. crangon* in den einzelnen Steerten während der jeweiligen Forschungsfahrten wider. Die Berechnung der steertspezifischen Selektionseigenschaften und die anschließende Berechnung der voraussichtlichen Bestandsentwicklung werden in nachfolgenden Kapiteln dargestellt (vgl. Kapitel 7.1 und 11).

Grundsätzlich zeigen sich die hier dargestellten Ergebnisse der Fangmengen individueller Längensklassen hoch variabel. Allerdings lässt sich der Trend erkennen, dass größere Steertmaschen oft zu Minderfängen von *C. crangon* führen – erwartungsgemäß insbesondere bei kleineren Längensklassen *C. crangon*. Der Minderfang der Längensklassen <50 mm war Teil und Ziel der Untersuchung des Projekts CRANNET und bildet die Basis für die Untersuchung des Langfristeffektes einer flottenweiten Umstellung der Steertkonfiguration auf die Population von *C. crangon*.

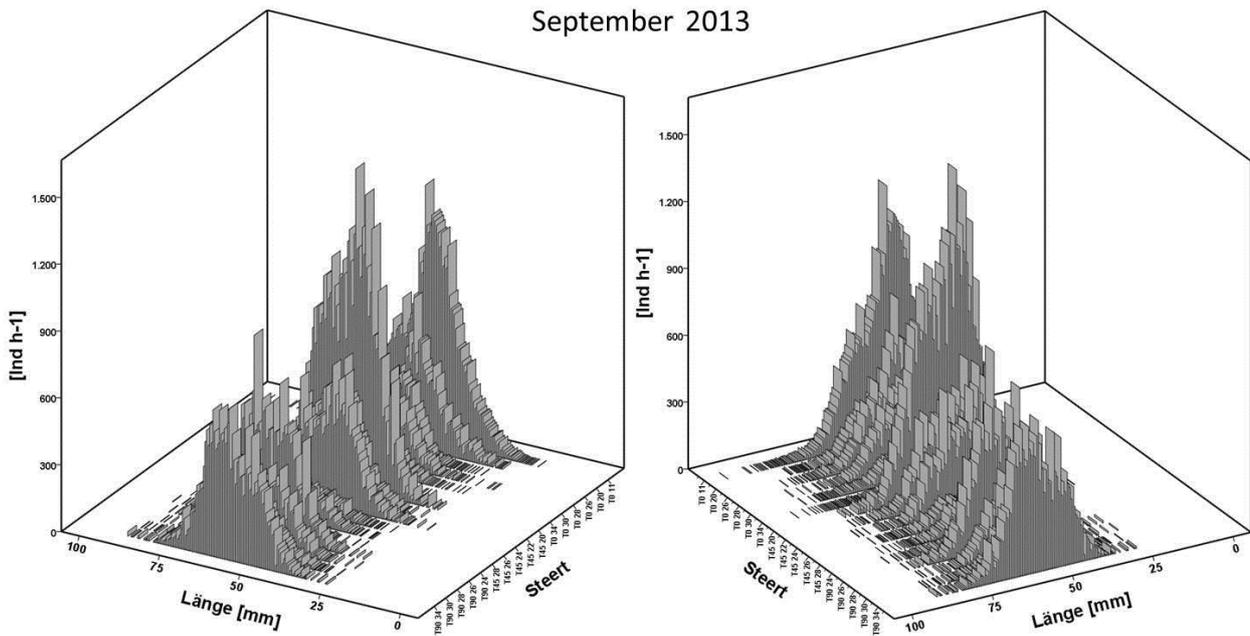
**Abbildung 15:** 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im Januar 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 14, T0 18, T0 20, T0 22, T0 24, T45 15, T45 18, T90 18, T90 20, T90 22.



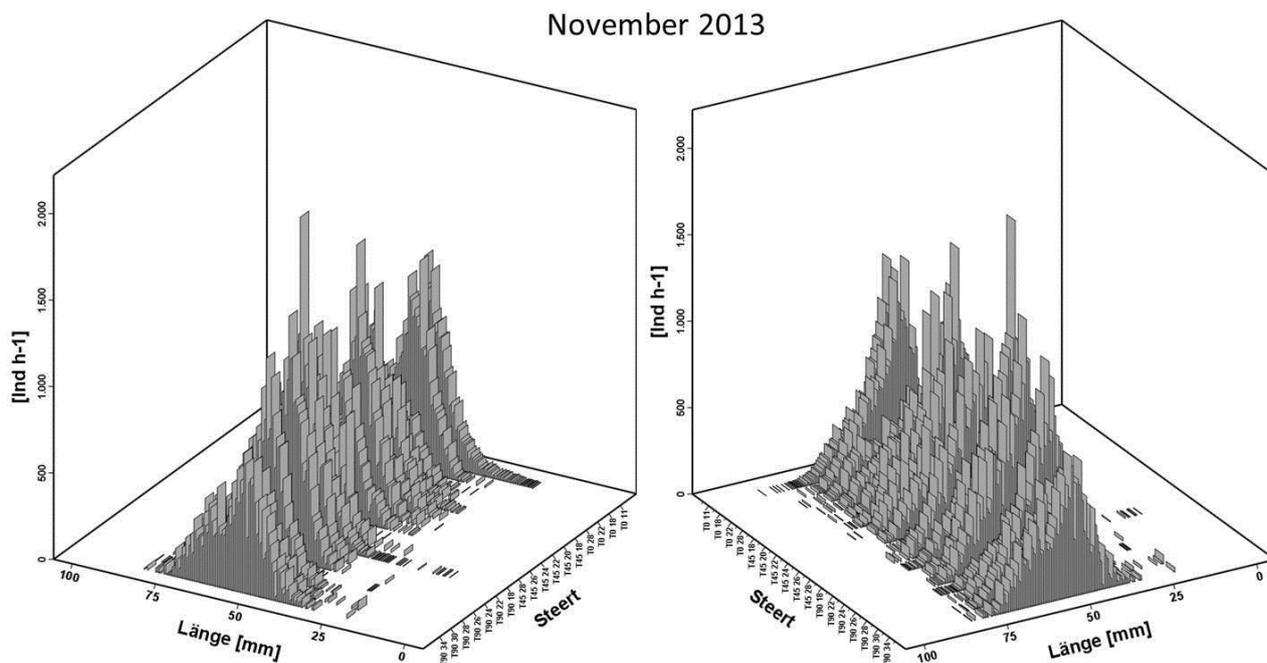
**Abbildung 16:** 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im April 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 20, T0 24, T0 26, T0 28, T0 30, T45 20, T45 22, T45 24, T90 20, T90 24, T90 26, T90 28.



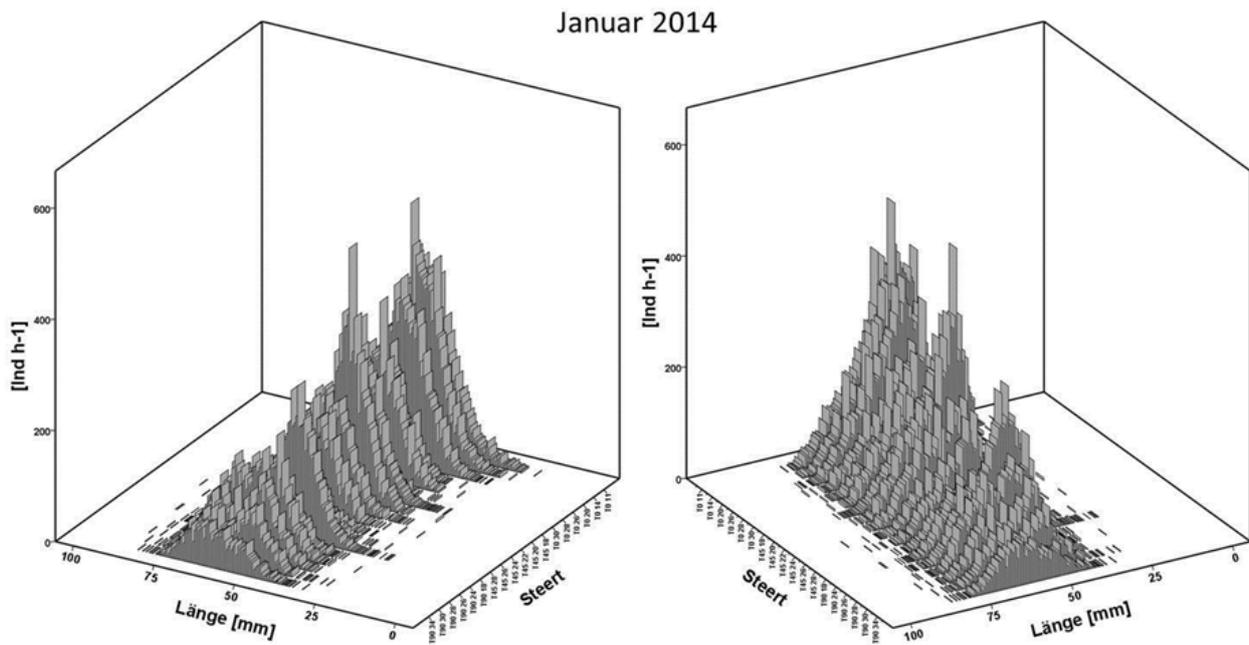
**Abbildung 17:** 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im September 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 20, T0 26, T0 28, T0 30, T0 34, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34.



**Abbildung 18:** 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im November 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 18, T0 22, T0 28, T45 18, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 18, T90 22, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34.



**Abbildung 19:** 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im Januar 2014. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 14, T0 20, T0 26, T0 30, T45 18, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 18, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34.





## 7 Einleitung Selektion und Maschenparameter

Die Verbesserung der Selektivität der Fanggeräte hilft eine Art gezielter zu befischen und die Mengen an unerwünschten Beifängen zu reduzieren. Bei den meisten Zielarten, findet der Selektionsprozess im Steert statt (Fernö und Olsen, 1994). Die Eigenschaften der verwendeten Maschen bestimmen zu einem großen Teil die Selektionseigenschaften eines Schleppnetzes. Hierbei ist der mechanische Sortierprozeß im Steert, bzw. die Entkommenswahrscheinlichkeit eines Fisches/Krebses direkt abhängig von seiner Länge.

Aus diesem Grund wird üblicherweise die Maschengröße variiert um die Größenselektion im Steert anzupassen. In diesem Zusammenhang wurden in der Vergangenheit weltweit große Anstrengungen unternommen die Steert-Größenselektion mit verschiedenen Maschengrößen zu untersuchen und diese Information dem Fischereimanagement zur Verfügung zu stellen - z.B. zur Festlegung von technischen Maßnahmen in diversen Fischereien.

Darüber hinaus ist bekannt, dass auch andere Faktoren die Größenselektion im Steert beeinflussen, wie z.B. die Maschenform (Guijarro and Massutí 2006; Fonteyne and M'Rabet 1992; Robertson and Stewart 1988), Garnanzahl (Herrmann et al. 2013), Garnstärke (Lowry and Robertson 1996; Kynoch et al. 1999, Herrmann et al. 2015, Herrmann et al. 2013) oder die Anzahl an Maschen im Steertumfang (Kynoch et al. 2004, Wienbeck et al. 2011). Aus diesem Grund ist es wichtig zu untersuchen welche Mascheneigenschaften in welchem Maße die Steert-Größenselektion beeinflussen – allein oder in Interaktion mit anderen Mascheneigenschaften. Ein besseres Verständnis wie andere verschiedene Mascheneigenschaften ermöglicht es präzisere Handlungsempfehlungen für Fischerei und Fischereimanagement zu geben.

Es gibt nur wenige Untersuchungen zur Steert-Größenselektion in der Baumkurrenfischerei auf *Crangon crangon* in der Nordsee, wobei meistens die kommerziell genutzten Steerte untersucht wurden (Polet 2000). Revill and Holst (2004) veröffentlichten die umfangreichste Studie zur Steertselektion in dieser Fischerei und testeten Steert-Maschenöffnungen von 16 mm bis 26 mm um den Steert zu identifizieren, der bestmöglich den Beifang kleiner Krabben minimiert ohne nennenswert die Fängigkeit von marktfähigen Krabben einzuschränken. Revill and Holst (2004) verwendeten einen Steert mit kommerzieller Maschenöffnung (nominal 20 mm) als Referenz für Ihren Fängigkeitsvergleich. Dementsprechend liefert dieses spezielle Experimentdesign nur relative Unterschiede der Selektion im Vergleich zum Standard-Steert.

Eines der Hauptziele des CRANNET-Projektes war es das begrenzte Wissen über die Faktoren zu erweitern, die – zusätzlich zur Maschengröße - die Steert-Selektion in der Nordsee-Crangon-Fischerei beeinflussen. Um dieses Ziel zu erreichen, wurde eine Vielzahl von Steerten unter experimentellen Bedingungen getestet. Die getesteten Steerte unterschieden sich dabei in zwei Design-Parametern: a) Maschenöffnung und Maschentyp (T0, T45, T90). Die getesteten Maschenöffnungen (nominell) reichen von 15 mm bis 36 mm – und decken damit auch einen Bereich ab für den bisher keine Daten zur Verfügung standen. Der zweite im Projekt berücksichtigte Design-

Parameter ist die Maschenform, welche einen großen Einfluß auf die Steert-Größenselektion hat (Glass 2000). Hierbei spielt vor Allem das unterschiedliche Verhalten der Maschen unter Zugbelastung beim Schleppen eine Rolle. Dadurch ergeben sich bei verschiedenen Maschentypen unterschiedliche Formen und Öffnungswinkel der Maschen beim Schleppen. In Abhängigkeit von der Morphology der entsprechenden Art verändert sich dann die Größenselektion.

Drei Maschenformen wurden im CRANNET-Projekt getestet. Die erste Maschenform – die sogenannte Rautenmasche (engl. diamond mesh) - *achieved by orientating the N-direction (the right angles to the general course of the netting yarn) of knotted meshes in parallel to the towing direction*. Die weiteren Maschenformen erhält man durch einfaches Drehen der Maschenausrichtung um 45° (im Folgenden als T45-Steerte bezeichnet), bzw. 90° (im Folgenden: T90-Steerte) in Bezug zur Rautenmasche (im Folgenden: T0-Steerte). Da die T0-Maschenausrichtung traditionell in der Fischerei genutzt wird, wird sie im Projekt als Standard-Masche bezeichnet. T45-Maschen ergeben unter Zugebelastung beim Schleppen eine annähernd quadratische Geometrie. Diese veränderte Geometrie – im Vergleich zu T0-Steerten – verbessert in der Regel die Selektion von Rundfischen, wohingegen die Selektion von Plattfischen gleich bleibt oder sich verschlechtert (Guijarro and Massutí 2006; Fonteyne and M'Rabet 1992; Robertson and Stewart 1988). Broadhurst et al. (2004) zeigten, dass quadratische Maschen auch die Selektion in Krabbennetzen verbessern kann, wobei bei diesen Untersuchungen knotenloses Material verwendet wurde. T90-Steerte wurden in der Ostsee entwickelt und das erste Mal getestet. Durch die sehr guten Selektionseigenschaften für Dorsche (Dahm, 2004; Wienbeck et al., 2011) wurden T90-Steerte offiziell in der Ostsee Schleppnetzfisherei eingeführt (EU Regulation No. 2187/2005). Wie bei Quadratmaschen (in CRANNET T45), werden bei T90-Steerten die Maschen durch die Zugkräfte beim Schleppen geöffnet und somit Rundfischen ein Entkommen ermöglicht.

## 7.1 Selektionsberechnungen für *C. crangon*

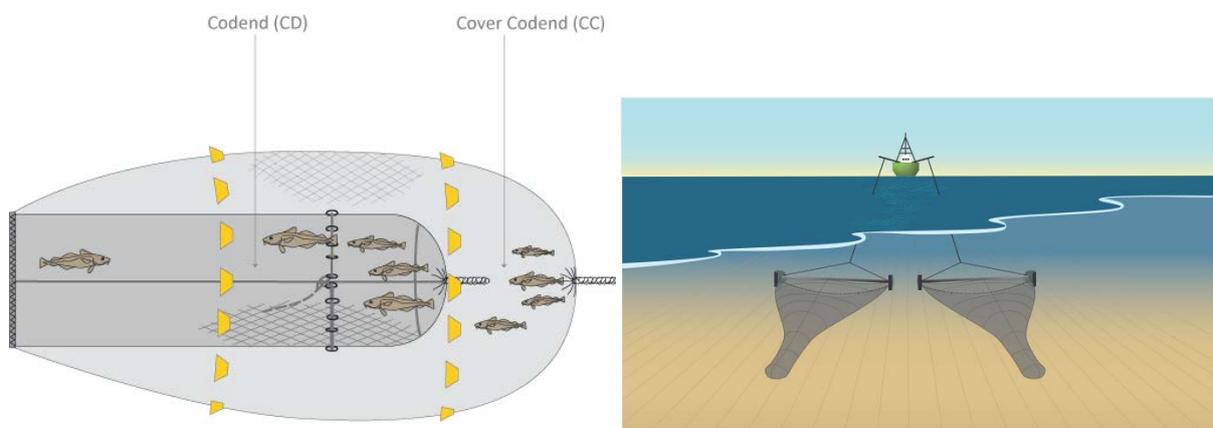
In diesem Kapitel werden folgende Aspekte der Größenselektion von *Crangon crangon* dargestellt:

- Berechnung von Selektionskurven und dazugehörigen Selektionsparametern für die im Rahmen der Forschungsfahrten durchgeführten Hols (Kapitel 7.3)
- Berechnung der mittleren Selektion und dazugehöriger Vertrauensbereiche für die verschiedenen Steert-Typen (Kapitel 7.4).
- Verbesserung des Verständnisses zum Einfluss verschiedener Steert-Eigenschaften (Maschentyp und Maschenöffnung) und anderer Co-Variaten auf die Größenselektion von *Crangon crangon* (Kapitel 7.5)
- Bereitstellung von mathematischen Werkzeugen um die Größenselektion von *Crangon crangon* in verschiedenen Steertkonfigurationen vorherzusagen (Kapitel 7.5)

## 7.2 Einleitung

Zur Bestimmung der Größenselektion in einem Schleppnetzsteert (im Folgenden Test-Steert) gibt es eine Reihe von unterschiedlichen, experimentellen Methoden (Wileman et al. 1996). Für die Standard-Selektionsuntersuchungen im Projekt CRANNET kamen hauptsächlich zwei unterschiedliche Methodenansätze in Frage: zum einen kann die Selektivität mit der sogenannten „*Covered Codend*“ (überdeckter Steert)-Methode untersucht werden, zum anderen mit der „*Paired Gear*“ (Experiment und Kontrolle)-Methode (Abbildung 20).

**Abbildung 20:** Schematische Darstellung der „*Covered Codend*“-Methode (links) und der „*Paired Gear*“-Methode (rechts).



Bei der „*Covered Codend*“-Methode wird ein engmaschigeres Netz über den Test-Steert gezogen, sodass sich die Individuen, die durch die Maschen des Test-Steertes entkommen, im engmaschigen Übersteert sammeln. Der Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie direkt Informationen liefert, welche Individuen entkommen sind und die Daten mit relativ einfachen statistischen Methoden ausgewertet werden können (z.B. lineare Modelle, GLM). Ein Nachteil dieser Methode liegt darin, dass der engmaschigere Übersteert die Selektion im Test-Steert beeinflussen kann. Dies kann durch einen Maskierungseffekt der Maschen - wenn zwischen Übersteert und Test-Steert nicht genügend Platz ist - oder durch eine Veränderung des Wasserdurchstromes hervorgerufen werden. Dementsprechend ist die Übertragbarkeit der mit der „*Covered Codend*“-Methode gewonnenen Ergebnisse auf die kommerzielle Fischerei gegebenenfalls nicht trivial.

Die „*Covered Codend*“-Methode wurde im Projekt CRANNET als experimentelles Design aus folgenden Gründen bereits in der Projektplanung verworfen: Die geringe Größe der Zielart Nordseegarnele (*Crangon crangon*) erfordert bereits sehr kleine Maschen im Test-Steert. Wenn man die „*Covered Codend*“-Methode anwenden möchte, ist es nötig einen Übersteert mit noch viel kleineren Maschen zu konstruieren. Diese Konstruktion könnte zu Maskierungseffekten und relevanten Veränderungen des Wasserdurchfluss führen. Die „*Covered Codend*“-Methode wurde bei Polet (2000) zur Selektionsuntersuchung bei *Crangon crangon* angewendet. Polet (2000) weist

aber darauf hin, dass das Selektionsverhalten durch den engmaschigen Übersteert maskiert sein könnte und dadurch weniger Garnelen durch die Maschen entkommen.

Das Forschungsschiff FFS „Solea“ erlaubt die parallele Fischerei mit zwei Baumkurren. Dies ermöglichte es, die alternative „Paired Gear“-Methode anzuwenden. Bei der „Paired Gear“-Methode wird ein Referenz-Steert parallel zum modifizierten Endsteert eingesetzt (Wileman et al. 1996). Der Vorteil der „Paired Gear“-Methode liegt darin, dass der experimentelle Steert (Test-Steert) ohne jegliche Beeinflussung durch einen Übersteert eingesetzt werden kann. Durch den parallelen Einsatz von Test-Steert (test) und Referenz-Steert (ref), sollen eine ganze Reihe von potentiellen Einflussfaktoren (z.B. Raum und Zeit, gegenseitige Beeinflussung von ref und test) ausgeschlossen werden. Die beiden eingesetzten Fanggeräte waren in Konstruktion und Aufbau exakt gleich, nur im Endsteert fand eine Modifikation statt. Der Referenz-Steert hat eine reduzierte Maschenöffnung (bzw. stark reduzierte Selektivität) um im erwarteten Längenbereich der Selektion des Test-Steertes möglichst unselektiv zu fischen. Ein Nachteil dieser Methode liegt in einer relativ komplexen statistischen Auswertung, da die Schätzung der selektiven Parameter unter diesem experimentellen Design indirekt erfolgt. Auch muss bei dieser Konstellation davon ausgegangen werden, dass beide Netze über gleichen Grund mit gleichen Bedingungen geschleppt werden, was die vorhandenen Populationen befischter Organsimen betrifft. Diese idealisierten Bedingungen sind jedoch nicht unbedingt gegeben, sodass es eine Unsicherheit bedeutet, die nur durch eine größere Zahl an Replikaten (Wiederholungen) ausgeglichen werden kann.

### 7.2.1 Einführung in Selektionskurven und Selektionsparameter

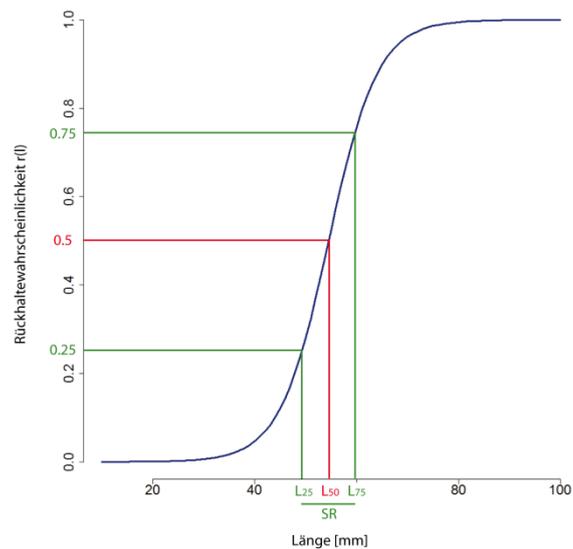
Für die Beschreibung der Größenselektion eines Steertes für eine bestimmte Art im Fang (Zielart und/oder Beifang) werden in der Regel Selektionskurven und aussagekräftige Selektionsparameter verwendet. Dieses Kapitel soll dazu eine kurze Einführung geben. Eine ausführliche Darstellung findet sich z.B. in Wileman et al. (1996).

Die Selektionskurve gibt die Wahrscheinlichkeit an, mit der ein Individuum im Steert zurückbehalten wird. Eine der gängigsten mathematischen Funktionen, um Schleppnetz-Selektion zu beschreiben, ist die sogenannte "*logistische Kurve*" („*logistic curve*“, Abbildung 21). Dieser Selektionskurventyp ist eine monotone nicht abnehmende Funktion der Fisch-/Krabbenlänge mit einer oberen Annäherung an eins. Daraus ergibt sich, dass kleine Individuen eine geringe Wahrscheinlichkeit haben im Netz zurückzubleiben, bzw. eine große Wahrscheinlichkeit haben zu entkommen. Große Tiere dagegen werden zu 100% im Netz zurückbehalten. Um Selektionen verschiedener Fanggeräte/Steerte vergleichen zu können, werden üblicherweise charakteristische Parameter (Abbildung 21) der jeweiligen Kurven angegeben:

- L50-Wert: Gibt die Länge an, bei der ein Individuum eine 50% Chance hat zu entkommen, bzw. gefangen zu werden. Dieser Wert gibt die Lage der Selektionskurve entlang der X-Achse (Länge) an.

- SR-Wert: Der sogenannte Selektionsbereich (engl. selection range = SR) ist der Abstand zwischen der L25-Länge und der L75-Länge (Definition analog zu L50-Wert). Der Selektionsbereich gibt an, wie steil die Selektionskurve ist (kleiner SR = steile Selektionskurve = „scharfe“ Selektion)

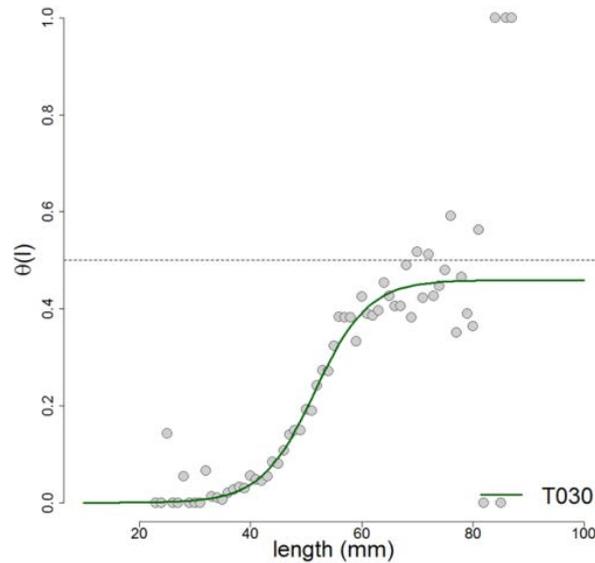
**Abbildung 21:** Schematische Darstellung von Selektionskurven und Selektionsparametern



Bei der „*Covered Codend*“-Methode kann aus den gewonnenen Daten direkt die Standard-Selektionskurve (Abbildung 21) abgeleitet werden. Dabei wird für jede Längenklasse der Anteil des Fanges im Test-Steert am Gesamtfang (Fang im Test-Steert + Fang im Cover-Steert) ermittelt.

Bei der Nutzung der „*Paired Gear*“-Methode ist noch ein Zwischenschritt notwendig (Abbildung 22). Hierfür wird zunächst für jede Längenklasse der Anteil des Fanges im Test-Steert am Gesamtfang ermittelt (Fang im Test-Steert + Fang im Referenz-Steert). Dementsprechend ergibt sich bei gleichem Fang in Test-Steert und Referenz-Steert ein Anteil des Fanges im Test-Steert von 0,5 (=50%; siehe als Beispiel Abbildung 22 bei Längen  $>60$ mm). Ist der Test-Steert selektiver (d.h. lässt mehr Individuen entkommen), dann liegt der Fanganteil im Test-Steert für diese Längenklasse unter 0,5 (siehe als Beispiel Abbildung 22 bei Längen  $<60$ mm).

**Abbildung 22.** Schematische Darstellung von Daten aus „Paired Gear“ Selektions-Experimenten (Fangvergleichsverkurve) und den Selektionsparametern der daraus resultierenden Selektionskurve



Mit Hilfe dieser ermittelten Anteile, ist es möglich strukturierte Modelle (*structural models*) zu erstellen, mit deren Hilfe die Selektionsparameter und die Selektionskurve des Test-Steertes ermittelt werden (Millar und Fryer 1999, Wileman et al. 1996, Millar und Walsh 1992, Millar 1992). Diese Methode der Selektions-Abschätzung ist unter dem Namen „SELECT“ (Share Each Lengths` Catch Total) bekannt. Weitere Details zur Berechnung der Selektionskurven und der Selektionsparameter sind im Anhang (Kapitel 15: Selektionsberechnungen für Crangon crangon – Anhang) zu finden.

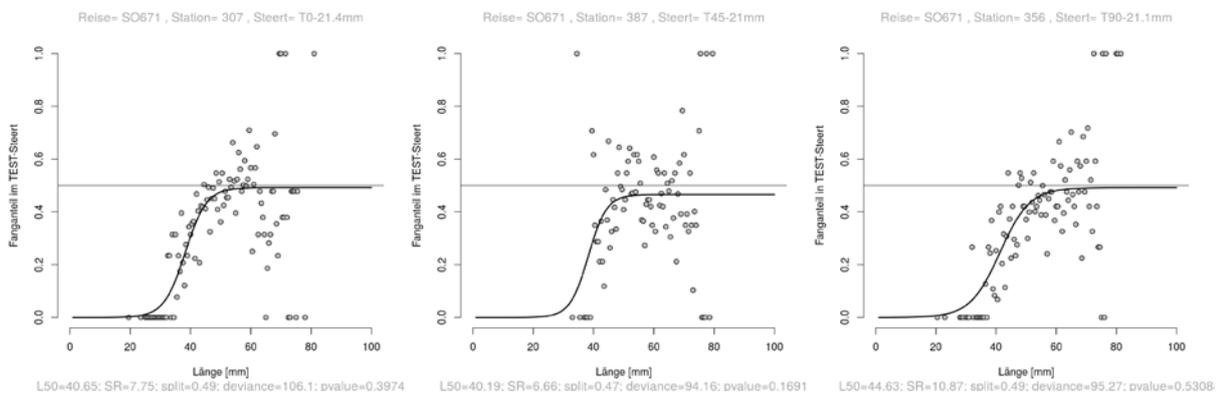
Neben der logistischen Selektionskurve, wurde die Anpassung der Fangdaten an die „Richard-Kurve“ getestet (Wileman et al. 1996). Da die Anpassung der logistischen Kurve an die Fangdaten bessere Ergebnisse lieferte, wird im Folgenden ausschließlich auf die Ergebnisse dieser Berechnungsmethode eingegangen.

Für die Analyse der Größenselektion und die nachfolgende Modellierung der Populationseffekte die real gemessene Maschenöffnung von übergeordneter Bedeutung ist, wird im Folgenden vor allem die reale Maschenöffnung angegeben. Eine Übersicht über die Steertbezeichnungen und die zugehörige Maschenöffnung gibt Tabelle 6.

### 7.3 Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols

Zunächst wurden Fangvergleichskurven und die sich daraus ergebenden Selektionsparameter für alle durchgeführten Hols berechnet (Beschreibung der Berechnung in Anhang Kapitel 15). Bis auf wenige Ausnahmen konnten für alle Hols Fangvergleichskurven auf Einzelholbasis ermittelt werden.

**Abbildung 23:** Beispiele für Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter.



Beispielhaft sind hier die entsprechenden Kurven und Selektionsparameter für jeweils einen der auf der Reise SO671 getesteten T0, T45 und T90-Steerte mit gleicher Maschenöffnung (T0 20mm) dargestellt. Eine vollständige Übersicht aller Hols, für die Selektionsberechnungen durchgeführt werden konnten und die in den weiteren Schritten (nachfolgende Kapitel) verwendet wurden, findet sich in (Anhang Kapitel 15). In der Gesamtansicht aller Fangvergleichskurven und Selektionsparameter (Tabelle 12 bis Tabelle 14) ist zu erkennen, dass es eine relativ große Variabilität zwischen den Hols gibt (selbst bei gleicher Maschenausrichtung und Maschenöffnung). Diese Aspekte werden in den nächsten Schritten (nachfolgende Abschnitte) aufgegriffen und entsprechende verallgemeinernde Analysen durchgeführt, die diese Variabilität berücksichtigt und versucht die dahinter liegenden Mechanismen aufzudecken (Kapitel 7.5).

**Tabelle 12:** Holübersicht für TO-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Reise	Station	Maschentyp	MØ nominal (mm)	MØ gemessen (mm)	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtumfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	167	TO	18	19.1	292	5	19	16.878	33.691	31.951-35.431	7.358	4.758-9.958	0.443	0.420-0.465	118.4	0.344
667	168	TO	18	19.1	292	4	19	21.445	29.343	26.653-32.033	6.006	2.656-9.356	0.573	0.550-0.595	136.6	0.021
667	169	TO	18	19.1	292	4	19	20.256	30.554	25.764-35.344	15.762	5.802-25.722	0.493	0.454-0.532	131.3	0.158
681	1187	TO	18	19.1	292	6	19	92.902	39.425	35.415-43.435	9.524	3.384-15.664	0.557	0.525-0.590	75.3	0.740
681	1188	TO	18	19.1	292	6	18	100.995	44.894	42.854-46.934	7.960	4.630-11.290	0.455	0.415-0.495	71.7	0.958
681	1189	TO	18	19.1	292	5	15	74.619	44.619	40.719-48.519	10.917	4.797-17.037	0.560	0.501-0.619	104.2	0.243
667	164	TO	20	20.2	265	4	17	12.074	28.426	21.306-35.546	7.743	-6.057-21.543	0.450	0.421-0.478	125.9	0.026
667	165	TO	20	20.2	265	5	19	18.197	34.904	32.204-37.604	12.978	9.138-16.818	0.501	0.468-0.535	131.2	0.116
667	166	TO	20	20.2	265	4	22	19.476	31.967	29.947-33.987	6.984	4.454-9.514	0.502	0.480-0.523	125.7	0.213
671	310	TO	20	20.2	265	3	24	9.925	40.634	30.924-50.344	21.243	2.703-39.783	0.552	0.444-0.660	105.8	0.302
671	311	TO	20	20.2	265	3	23	12.008	39.616	37.786-41.446	7.648	4.918-10.378	0.490	0.456-0.523	120.6	0.089
671	312	TO	20	20.2	265	2	24	9.070	36.104	34.414-37.794	5.147	2.497-7.797	0.479	0.452-0.507	103.0	0.116
671	313	TO	20	20.2	265	2	19	5.063	42.064	39.014-45.114	9.078	3.818-14.338	0.543	0.491-0.595	101.0	0.145
671	315	TO	20	20.2	265	3	22	9.520	32.937	26.807-39.067	7.251	-6.019-20.521	0.502	0.465-0.539	99.7	0.166
671	304	TO	20	21.4	270	3	26	16.200	28.780	-167041.170-167098.730	0.156	-118589.434-118589.746	0.539	0.512-0.567	133.0	0.003
671	305	TO	20	21.4	270	3	21	5.323	38.606	36.006-41.206	9.809	6.019-13.599	0.392	0.353-0.431	129.6	0.029
671	306	TO	20	21.4	270	3	21	6.370	38.007	35.717-40.297	7.655	4.275-11.035	0.431	0.395-0.467	129.9	0.032
671	307	TO	20	21.4	270	3	25	18.030	40.646	38.816-42.476	7.747	5.087-10.407	0.492	0.457-0.527	106.1	0.397
671	308	TO	20	21.4	270	3	21	1.476	49.753	43.523-55.983	16.600	10.330-21.790	0.505	0.413-0.598	119.8	0.051
671	309	TO	20	21.4	270	2	18	1.677	43.316	36.786-49.866	14.905	6.605-23.205	0.536	0.440-0.632	130.6	0.015
678	1059	TO	20	21.4	270	3	25	25.812	46.514	44.724-48.304	7.482	5.342-9.622	0.555	0.516-0.594	102.2	0.365
678	1060	TO	20	21.4	270	3	24	20.560	39.097	35.007-43.187	10.747	3.127-18.367	0.485	0.433-0.538	153.8	0.001
678	1061	TO	20	21.4	270	3	20	53.385	41.477	36.167-46.787	16.694	8.814-24.574	0.588	0.522-0.653	126.7	0.049
667	170	TO	22	22.9	243	4	19	16.221	34.379	32.429-36.329	7.382	4.052-10.712	0.486	0.461-0.511	115.1	0.428
667	171	TO	22	22.9	243	4	19	25.319	35.338	33.828-36.848	6.147	4.087-8.207	0.475	0.452-0.497	141.1	0.056
667	172	TO	22	22.9	243	4	14	11.480	40.778	37.398-44.158	10.405	5.745-15.065	0.467	0.413-0.522	153.7	0.005
681	1190	TO	22	22.9	243	5	15	52.706	43.831	40.141-47.521	10.537	2.447-18.627	0.516	0.468-0.563	80.3	0.654
681	1191	TO	22	22.9	243	5	14	88.145	43.347	40.867-45.827	6.362	2.372-10.352	0.470	0.436-0.505	101.6	0.135
681	1192	TO	22	22.9	243	2	19	70.907	47.028	42.698-51.358	12.002	4.372-19.632	0.474	0.408-0.540	134.7	0.006
671	337	TO	24	24.6	212	4	24	5.220	44.984	43.274-46.694	6.338	4.058-8.618	0.450	0.413-0.487	102.1	0.343
671	338	TO	24	24.6	212	3	20	4.786	42.498	41.028-43.968	5.115	3.215-7.015	0.478	0.445-0.510	90.6	0.374
671	339	TO	24	24.6	212	3	16	5.450	48.736	45.776-51.696	10.534	7.154-13.914	0.454	0.398-0.510	83.4	0.836
671	340	TO	24	24.6	212	3	19	5.191	40.096	37.846-42.346	8.918	5.048-12.348	0.423	0.386-0.461	111.0	0.066
671	341	TO	24	24.6	212	3	19	8.867	49.633	47.113-52.153	8.956	6.136-11.776	0.502	0.452-0.552	110.8	0.114
671	342	TO	24	24.6	212	3	21	7.524	44.284	38.684-49.884	17.597	7.747-27.447	0.552	0.485-0.619	109.2	0.168
667	173	TO	24	25.1	198	3	17	12.462	38.351	33.841-42.861	14.852	5.552-24.152	0.491	0.437-0.545	107.2	0.133
667	174	TO	24	25.1	198	3	22	16.594	30.669	25.079-36.259	7.836	1.266-14.406	0.451	0.418-0.484	157.0	0.000
667	176	TO	24	25.1	198	3	16	15.638	35.720	28.830-42.610	19.231	5.371-33.091	0.431	0.357-0.504	62.6	0.173
671	343	TO	24	25.1	198	3	23	4.937	47.481	45.011-49.951	9.565	7.425-11.705	0.626	0.575-0.678	101.3	0.687
671	350	TO	24	25.1	198	3	26	8.984	47.499	45.699-49.299	6.639	4.299-8.979	0.419	0.382-0.456	105.8	0.123
678	993	TO	26	27.1	217	2	16	30.305	50.201	47.341-53.061	11.308	8.708-13.908	0.297	0.250-0.344	92.4	0.899
678	994	TO	26	27.1	217	2	22	26.163	50.762	47.172-54.352	12.165	8.985-15.345	0.361	0.301-0.422	100.9	0.390
678	995	TO	26	27.1	217	2	18	26.924	50.107	48.097-52.117	8.078	6.098-10.058	0.469	0.419-0.518	95.4	0.803
678	996	TO	26	27.1	217	2	16	19.837	59.412	55.422-63.402	12.488	10.218-14.758	0.508	0.421-0.595	133.0	0.051
678	997	TO	26	27.1	217	2	19	21.881	60.797	56.857-64.737	10.395	9.045-11.745	0.782	0.698-0.867	87.8	0.923
678	998	TO	26	27.1	217	2	20	28.123	57.323	52.213-62.433	13.887	10.797-16.977	0.583	0.499-0.687	123.9	0.248
671	316	TO	26	27.8	208	2	22	8.943	53.362	49.902-56.822	9.659	7.589-11.729	0.520	0.426-0.614	143.9	0.006
671	317	TO	26	27.8	208	2	24	9.979	52.756	50.496-55.016	7.331	5.721-8.941	0.582	0.488-0.616	96.3	0.559
671	318	TO	26	27.8	208	2	21	7.721	52.568	49.838-55.298	9.280	7.000-11.560	0.465	0.407-0.524	79.6	0.900
671	319	TO	26	27.8	208	2	20	10.659	45.503	40.443-50.563	13.342	7.002-19.682	0.525	0.447-0.603	123.9	0.021
671	320	TO	26	27.8	208	2	23	14.615	43.095	41.185-45.005	7.419	4.939-9.899	0.459	0.419-0.499	98.8	0.516
671	321	TO	26	27.8	208	3	26	15.604	43.434	41.004-45.864	9.918	6.358-13.478	0.461	0.418-0.505	113.1	0.112
671	329	TO	26	27.8	208	4	18	7.379	50.878	48.738-53.018	7.595	5.475-9.715	0.842	0.815-0.869	97.0	0.288
671	363	TO	26	27.8	144	1	20	10.801	50.141	46.831-53.451	9.938	5.848-14.028	0.497	0.442-0.551	100.3	0.139
678	1052	TO	28	29.4	203	4	19	80.359	57.245	52.465-62.025	11.965	9.455-14.475	0.685	0.593-0.778	101.0	0.425
678	1053	TO	28	29.4	203	4	15	64.343	42.974	38.414-47.534	11.128	5.178-17.078	0.477	0.401-0.553	94.3	0.253
678	1054	TO	28	29.4	203	4	20	55.725	49.839	45.559-54.119	12.426	8.816-16.036	0.405	0.331-0.478	150.4	0.008
678	1055	TO	28	29.4	203	4	24	9.729	56.226	49.936-62.516	13.930	9.310-18.550	0.513	0.398-0.628	143.7	0.002
681	1193	TO	28	29.4	203	2	19	41.184	54.884	50.144-59.624	13.006	8.106-17.906	0.488	0.410-0.567	93.4	0.583
681	1194	TO	28	29.4	203	3	19	73.528	52.616	46.536-58.696	16.081	10.031-22.131	0.583	0.494-0.673	109.8	0.176
678	999	TO	30	31.6	185	3	22	32.466	78.479	54.579-102.379	21.091	16.651-25.531	0.851	0.615-1.087	139.4	0.030
678	1000	TO	30	31.6	185	3	20	24.006	60.290	56.800-63.780	9.464	8.114-10.814	0.514	0.403-0.624	114.3	0.449
678	1001	TO	30	31.6	185	4	25	17.745	60.630	48.360-72.900	18.703	13.283-24.123	0.469	0.270-0.669	140.4	0.023
678	1002	TO	30	31.6	185	4	16	12.508	51.760	48.340-55.180	12.626	10.056-15.196	0.384	0.322-0.445	103.5	0.606
678	1004	TO	30	31.6	185	3	21	16.640	63.981	57.231-70.731	11.883	9.743-14.023	0.572	0.385-0.758	138.7	0.038
678	1056	TO	30	31.6	185	3	19	19.449	50.802	45.522-56.082	12.446	7.646-17.246	0.179	0.125-0.234	67.0	0.989
671	322	TO	30	32.2	184	4	19	6.657	52.321	50.221-54.421	8.075	6.425-9.725	0.497	0.442-0.552	104.5	0.385
671	323	TO	30	32.2	184	4	19	7.587	52.304	50.174-54.434	7.14					

**Tabelle 13:** Holübersicht für T45-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).

Reise	Station	Maschentyp	MÖ nominal [mm]	MÖ gemessen [mm]	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	189	T45	15	17.2	386	1	21	8.291	34.002	32.002-36.002	7.143	4.343-9.943	0.465	0.441-0.490	112.9	0.407
667	190	T45	15	17.2	386	1	23	17.244	28.338	24.468-32.208	7.139	2.659-11.619	0.524	0.498-0.551	161.3	0.000
667	187	T45	18	18.8	292	1	22	15.880	41.712	40.392-43.032	5.268	3.538-6.998	0.465	0.436-0.494	112.9	0.304
667	188	T45	18	18.8	292	1	23	19.051	33.262	31.112-35.412	4.960	2.620-7.300	0.533	0.505-0.561	147.3	0.006
667	192	T45	18	18.8	292	3	21	10.142	38.888	35.218-42.558	12.340	6.900-17.780	0.485	0.432-0.538	79.8	0.016
681	1209	T45	18	18.8	292	4	18	100.335	41.107	35.547-46.667	12.864	4.264-21.464	0.646	0.599-0.694	129.0	0.007
681	1210	T45	18	18.8	292	4	19	178.724	27.977	21.887-34.067	0.624	-7.697-8.944	0.452	0.424-0.480	121.8	0.036
681	1211	T45	18	18.8	292	4	18	68.074	46.213	42.623-49.803	12.975	7.265-18.685	0.553	0.503-0.604	121.7	0.060
671	380	T45	20	21.0	142	3	16	3.724	52.462	46.402-58.522	12.594	8.924-16.264	0.719	0.617-0.821	81.4	0.873
671	384	T45	20	21.0	142	2	23	19.993	36.020	15.340-56.700	0.100	-4.470-4.670	0.580	0.547-0.614	109.6	0.036
671	385	T45	20	21.0	142	2	22	19.489	46.075	42.855-49.295	9.825	4.215-15.435	0.781	0.746-0.817	91.8	0.288
671	386	T45	20	21.0	142	2	26	20.393	36.609	35.039-38.179	1.030	-0.550-2.610	0.479	0.449-0.510	66.1	0.946
671	387	T45	20	21.0	142	2	23	18.144	40.188	36.508-43.868	6.665	1.675-11.655	0.466	0.432-0.499	94.2	0.169
671	388	T45	20	21.0	142	2	21	15.773	40.062	38.232-41.892	4.638	2.188-7.088	0.548	0.517-0.578	108.2	0.135
678	1027	T45	20	21.0	270	3	21	187.340	47.023	41.013-53.033	16.456	9.256-23.656	0.572	0.494-0.649	146.9	0.002
678	1028	T45	20	21.0	270	2	22	157.794	40.914	33.444-48.384	19.322	5.362-33.282	0.548	0.464-0.632	132.7	0.035
678	1029	T45	20	21.0	270	2	25	146.917	40.825	38.265-43.385	10.143	6.083-14.203	0.478	0.440-0.516	112.9	0.198
678	1030	T45	20	21.0	270	2	21	105.100	39.592	37.052-42.132	10.402	6.682-14.122	0.525	0.491-0.560	119.5	0.232
681	1212	T45	20	21.0	270	4	22	29.100	43.930	39.980-47.880	11.181	4.341-18.021	0.461	0.415-0.508	97.8	0.295
681	1213	T45	20	21.0	270	4	16	111.556	43.392	36.462-50.322	17.007	5.367-28.647	0.575	0.494-0.656	130.2	0.006
678	1031	T45	22	23.4	242	2	17	75.815	49.449	44.919-53.979	13.431	8.921-17.941	0.476	0.405-0.546	93.0	0.892
678	1032	T45	22	23.4	242	2	16	101.038	48.835	44.605-53.065	14.503	9.953-19.053	0.555	0.492-0.618	129.7	0.067
678	1033	T45	22	23.4	242	2	26	29.749	52.912	46.452-57.372	12.650	9.330-15.970	0.509	0.426-0.593	96.9	0.650
678	1034	T45	22	23.4	242	3	27	18.722	58.354	50.704-66.004	14.701	11.141-18.261	0.660	0.525-0.795	130.2	0.103
681	1214	T45	22	23.4	242	9	19	19.889	54.834	49.984-59.684	13.010	8.190-17.830	0.495	0.408-0.583	109.7	0.197
681	1215	T45	22	23.4	242	9	17	119.358	48.430	42.560-54.300	16.565	9.195-23.935	0.591	0.511-0.671	111.9	0.144
671	395	T45	24	24.9	132	3	21	13.015	39.231	35.451-43.011	9.338	1.248-17.428	0.523	0.478-0.569	98.7	0.147
671	396	T45	24	24.9	132	2	23	14.066	55.484	48.874-62.094	14.367	9.297-19.437	0.620	0.516-0.725	97.1	0.239
678	1035	T45	24	24.9	228	3	24	19.275	53.545	50.925-56.165	9.015	7.225-10.805	0.508	0.442-0.575	99.2	0.666
678	1036	T45	24	24.9	228	3	18	160.968	37.394	32.044-42.744	16.139	5.739-26.539	0.474	0.416-0.532	159.4	0.000
678	1037	T45	24	24.9	228	3	20	130.897	51.650	47.600-55.700	13.759	10.289-17.229	0.585	0.517-0.652	122.6	0.130
678	1038	T45	24	24.9	228	2	15	56.989	52.488	47.038-57.938	15.587	11.387-19.787	0.475	0.389-0.561	131.8	0.068
681	1216	T45	24	24.9	228	9	16	80.794	53.329	49.239-57.419	12.932	9.242-16.622	0.468	0.392-0.544	105.9	0.190
681	1217	T45	24	24.9	228	9	13	89.271	51.358	43.068-59.648	18.907	8.927-28.887	0.598	0.500-0.696	124.2	0.051
671	389	T45	24	25.2	122	2	21	10.848	64.000	53.480-74.520	16.354	11.224-21.484	0.635	0.465-0.806	88.5	0.495
671	390	T45	24	25.2	122	2	22	11.669	50.587	45.617-55.557	10.997	4.487-17.507	0.499	0.423-0.574	122.4	0.011
671	391	T45	24	25.2	122	3	24	13.053	46.536	43.266-49.806	9.529	4.809-14.249	0.487	0.431-0.542	84.8	0.807
671	392	T45	24	25.2	122	3	22	9.716	47.748	43.598-51.898	11.512	5.652-17.372	0.395	0.334-0.456	97.2	0.173
671	393	T45	24	25.2	122	3	22	17.150	48.323	45.713-50.933	8.857	5.607-12.107	0.382	0.334-0.430	108.8	0.112
671	394	T45	24	25.2	122	3	22	10.424	53.649	48.349-58.949	13.138	8.568-17.708	0.503	0.413-0.593	110.7	0.101
678	1039	T45	26	27.8	223	2	20	37.256	48.792	45.932-51.652	10.179	7.639-12.719	0.274	0.231-0.317	107.2	0.585
678	1040	T45	26	27.8	223	2	21	52.845	57.139	51.149-63.129	14.550	11.040-18.060	0.409	0.309-0.509	114.4	0.551
678	1041	T45	26	27.8	223	2	21	8.022	63.451	56.481-70.421	12.114	9.774-14.454	0.562	0.381-0.743	84.6	0.938
678	1042	T45	26	27.8	223	2	21	24.468	67.757	56.017-79.497	17.633	13.803-21.463	0.663	0.462-0.865	118.8	0.137
681	1218	T45	26	27.8	223	5	19	21.168	59.023	50.213-67.833	16.360	9.720-23.000	0.574	0.440-0.708	89.1	0.536
681	1219	T45	26	27.8	223	5	17	11.103	66.646	55.466-77.826	16.609	11.269-21.949	0.639	0.453-0.826	103.3	0.099
678	1043	T45	28	29.3	208	2	18	22.667	64.117	53.197-75.037	15.562	11.892-19.232	0.728	0.553-0.904	106.5	0.629
678	1044	T45	28	29.3	208	3	19	5.000	58.099	54.619-61.579	9.446	7.726-11.166	0.151	0.104-0.199	111.2	0.728
678	1045	T45	28	29.3	208	3	13	64.484	63.319	55.689-70.949	13.564	10.824-16.304	0.569	0.394-0.744	110.3	0.447
678	1046	T45	28	29.3	208	3	21	29.657	53.325	46.405-60.245	15.792	10.152-21.432	0.573	0.467-0.678	94.1	0.283
681	1220	T45	28	29.3	208	5	15	144.051	67.793	16.803-118.783	29.653	5.203-54.103	0.710	0.273-1.146	115.5	0.036
681	1221	T45	28	29.3	208	5	16	105.947	56.675	51.035-62.315	13.459	8.149-18.769	0.511	0.418-0.604	85.8	0.762

**Tabelle 14:** Holübersicht für T90-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).

Reise	Station	Maschentyp	MÖ nominal [mm]	MÖ gemessen [mm]	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	183	T90	18	18.8	195	3	23	10.924	32.502	30.662-34.342	4.417	2.187-6.647	0.492	0.469-0.514	106.7	0.544
667	184	T90	18	18.8	195	3	25	17.923	34.594	32.484-36.704	7.513	4.853-10.173	0.518	0.490-0.546	161.7	0.002
667	185	T90	18	18.8	195	3	23	18.322	25.466	9.146-41.786	29.525	-41.435-100.485	0.526	0.373-0.680	148.4	0.004
681	1195	T90	18	18.8	195	3	20	91.043	41.348	38.298-44.398	9.101	4.381-13.821	0.518	0.480-0.556	94.2	0.504
681	1196	T90	18	18.8	195	3	22	45.915	42.619	40.049-45.189	6.927	2.947-10.907	0.505	0.469-0.541	102.8	0.208
667	180	T90	20	20.2	190	3	17	16.518	37.844	36.404-39.284	5.513	3.733-7.293	0.464	0.438-0.490	88.0	0.884
667	181	T90	20	20.2	190	3	21	18.379	35.262	33.452-37.072	6.583	3.953-9.213	0.474	0.445-0.503	136.9	0.032
667	182	T90	20	20.2	190	3	21	13.305	35.174	33.274-37.074	7.733	4.683-10.783	0.501	0.476-0.527	107.9	0.592
671	351	T90	20	21.1	190	2	25	6.782	41.676	39.016-44.336	5.718	1.258-10.178	0.455	0.425-0.485	97.2	0.137
671	352	T90	20	21.1	190	2	17	5.866	51.850	43.950-59.750	17.901	8.461-27.341	0.656	0.561-0.751	85.8	0.307
671	354	T90	20	21.1	190	2	24	8.756	44.688	41.788-47.588	8.995	4.585-13.405	0.512	0.461-0.562	115.8	0.035
671	355	T90	20	21.1	190	2	26	12.073	41.099	39.039-43.159	3.079	0.159-5.999	0.435	0.396-0.473	124.8	0.011
671	356	T90	20	21.1	190	2	26	17.336	44.630	41.060-48.200	10.873	5.303-16.443	0.492	0.435-0.548	95.3	0.531
671	357	T90	20	21.1	190	2	27	22.032	42.092	40.142-44.042	7.802	4.942-10.662	0.425	0.389-0.460	90.6	0.523
667	177	T90	22	22.5	182	3	14	15.812	44.201	39.741-48.661	17.190	11.560-22.820	0.501	0.442-0.559	117.9	0.263
667	178	T90	22	22.5	182	3	14	3.677	45.195	42.175-48.215	10.107	6.387-13.827	0.469	0.415-0.523	96.4	0.838
667	179	T90	22	22.5	182	3	16	14.499	46.497	43.597-49.397	11.936	8.836-15.036	0.556	0.506-0.606	130.5	0.070
667	201	T90	22	22.5	182	4	18	1.619	48.789	45.139-52.439	8.557	5.467-11.647	0.430	0.336-0.524	139.9	0.001
667	202	T90	22	22.5	182	3	21	9.921	41.542	37.742-45.342	11.694	7.114-16.274	0.499	0.437-0.560	155.8	0.001
681	1198	T90	22	22.5	182	5	15	130.393	46.796	44.126-49.466	8.891	4.861-12.921	0.525	0.472-0.577	60.4	0.987
671	365	T90	24	24.4	154	1	22	9.758	42.983	38.303-47.663	12.475	0.725-24.225	0.539	0.477-0.600	78.7	0.612
671	366	T90	24	24.4	154	1	21	10.147	47.035	43.555-50.515	11.034	6.214-15.854	0.468	0.409-0.527	81.3	0.756
671	368	T90	24	24.4	154	1	18	2.585	50.567	45.557-55.577	13.312	7.632-18.992	0.550	0.472-0.627	99.1	0.341
671	369	T90	24	24.4	154	1	21	7.357	43.642	41.502-45.782	6.850	3.650-10.050	0.453	0.419-0.488	79.6	0.674
671	370	T90	24	24.4	154	1	22	8.126	49.250	45.580-52.920	11.843	6.993-16.693	0.616	0.563-0.669	100.5	0.153
671	371	T90	24	24.4	154	2	22	7.916	49.142	46.222-52.062	9.481	5.311-13.651	0.665	0.619-0.712	111.2	0.021
671	372	T90	24	24.4	154	2	24	13.522	33.330	23.550-33.110	0.147	-8.473-8.767	0.499	0.470-0.527	111.3	0.036
678	1010	T90	24	24.6	144	2	17	24.263	59.417	54.887-63.947	11.090	8.490-13.690	0.840	0.782-0.898	94.2	0.617
678	1012	T90	24	24.6	144	2	23	10.497	57.931	52.311-63.551	13.339	9.509-17.169	0.519	0.409-0.630	100.7	0.491
678	1013	T90	24	24.6	144	2	24	28.329	50.156	47.006-53.306	10.795	6.735-14.855	0.351	0.301-0.401	122.7	0.114
681	1199	T90	24	24.6	144	5	17	93.023	47.276	40.226-54.326	16.720	5.930-27.510	0.529	0.433-0.625	105.6	0.157
681	1200	T90	24	24.6	144	6	16	97.497	51.020	48.530-53.510	8.245	5.645-10.845	0.543	0.485-0.601	73.6	0.969
678	1018	T90	26	27.6	145	4	18	35.966	55.979	52.219-59.739	12.004	9.384-14.624	0.547	0.470-0.623	106.5	0.578
678	1019	T90	26	27.6	145	4	13	33.522	60.795	45.195-76.395	19.133	10.783-27.483	0.586	0.363-0.809	123.0	0.087
678	1020	T90	26	27.6	145	4	18	102.583	45.481	40.611-50.351	15.698	8.468-22.928	0.443	0.382-0.505	104.3	0.501
678	1021	T90	26	27.6	145	4	14	97.817	51.022	45.212-56.832	13.819	6.859-20.779	0.425	0.343-0.507	119.6	0.078
681	1201	T90	26	27.6	145	6	18	55.771	51.393	47.803-54.983	11.693	6.923-16.463	0.474	0.413-0.535	79.9	0.897
681	1202	T90	26	27.6	145	5	21	24.551	58.575	55.745-61.405	8.199	6.089-10.309	0.356	0.290-0.423	71.6	0.952
671	358	T90	26	27.8	144	1	20	8.284	67.931	31.991-103.871	27.686	8.526-46.846	0.671	0.334-1.008	72.1	0.840
671	359	T90	26	27.8	144	1	20	6.101	60.078	55.998-64.158	10.564	8.144-12.984	0.636	0.546-0.726	74.8	0.822
671	360	T90	26	27.8	144	1	19	4.006	56.662	54.002-59.322	8.522	6.522-10.522	0.541	0.476-0.605	67.2	0.965
671	361	T90	26	27.8	144	1	19	2.255	45.532	43.002-48.062	7.608	4.138-11.078	0.342	0.300-0.385	114.3	0.050
671	362	T90	26	27.8	144	1	24	5.809	52.780	48.880-56.680	12.006	8.046-15.966	0.524	0.457-0.590	84.4	0.648
671	364	T90	26	27.8	144	1	22	14.586	45.093	42.883-47.303	8.424	5.324-11.524	0.446	0.404-0.489	83.9	0.827
678	1047	T90	28	29.0	146	3	19	9.497	58.744	56.444-61.044	6.437	5.277-7.597	0.864	0.823-0.905	54.8	0.996
678	1049	T90	28	29.0	146	4	15	66.234	56.022	50.212-61.832	14.423	10.723-18.123	0.437	0.337-0.537	98.9	0.699
678	1050	T90	28	29.0	146	4	17	165.189	50.303	43.363-57.243	17.736	10.656-24.816	0.609	0.523-0.695	113.4	0.295
678	1051	T90	28	29.0	146	4	13	100.941	55.903	49.553-62.253	15.249	10.919-19.579	0.514	0.405-0.623	105.3	0.290
681	1203	T90	28	29.0	146	5	16	103.243	46.983	43.083-50.883	12.624	7.074-18.174	0.498	0.433-0.563	111.8	0.079
681	1204	T90	28	29.0	146	4	15	109.228	56.763	44.403-69.123	19.198	9.678-28.718	0.680	0.536-0.823	82.4	0.854
671	373	T90	30	31.3	136	3	19	5.488	66.367	60.027-72.707	11.542	9.122-13.962	0.528	0.363-0.692	88.4	0.557
671	375	T90	30	31.3	136	3	20	5.308	56.106	48.996-63.216	13.155	7.105-19.205	0.469	0.353-0.584	86.2	0.504
671	376	T90	30	31.3	136	3	20	5.724	57.780	54.730-60.830	9.011	6.771-11.251	0.690	0.629-0.750	72.7	0.880
671	377	T90	30	31.3	136	3	21	4.470	57.398	54.758-60.038	8.056	5.936-10.176	0.542	0.480-0.605	79.9	0.515
671	378	T90	30	31.3	136	3	17	3.813	63.519	58.049-68.989	11.204	8.654-13.754	0.615	0.488-0.743	71.9	0.907
671	379	T90	30	31.3	136	3	19	4.680	56.375	50.975-61.775	12.265	8.635-15.895	0.476	0.373-0.578	103.8	0.404
678	1014	T90	30	31.4	133	2	20	18.461	67.778	58.528-77.028	14.945	12.165-17.725	0.497	0.284-0.710	118.1	0.378
678	1015	T90	30	31.4	133	3	20	26.944	57.294	47.724-66.864	17.499	11.539-23.459	0.514	0.370-0.658	101.5	0.578
678	1016	T90	30	31.4	133	3	17	28.548	69.998	49.808-90.188	22.256	15.536-28.976	0.620	0.328-0.913	123.9	0.101
678	1017	T90	30	31.4	133	4	13	33.397	53.512	48.872-58.152	13.652	9.912-17.392	0.513	0.435-0.591	114.3	0.298
681	1206	T90	30	31.4	133	4	21	89.334	42.012	38.702-45.322	7.533	3.123-11.943	0.425	0.393-0.456	97.7	0.247
678	1022	T90	34	36.5	114	4	17	65.722	63.784	54.704-72.864	14.386	10.786-17.986	0.481	0.289-0.673	111.1	0.480
678	1023	T90	34	36.5	114	4	15	146.799	61.435	50.065-72.805	19.278	12.928-25.628	0.440	0.278-0.602	112.6	0.286
678	1024	T90	34	36.5	114	3	13	50.802	54.088	47.068-61.108	15.742	9.902-21.582	0.494	0.387-0.601	123.6	0.042
678	1025	T90	34	36.5	114	3	11	52.900	57.969	53.289-62.649	11.379	8.759-13.999	0.443	0.341-0.544	121.0	0.136
678	1026	T90	34	36.5	114	3	15	71.364	64.623	48.803-80.443	19.803	13.123-26.483	0.680	0.467-0.892	120.0	0.135
681	1208	T90	34	36.5	114	4	15	150.291	30.848	19.028-42.668	16.005	-12.385-44.395	0.476	0.421-0.531	100.2	0.391

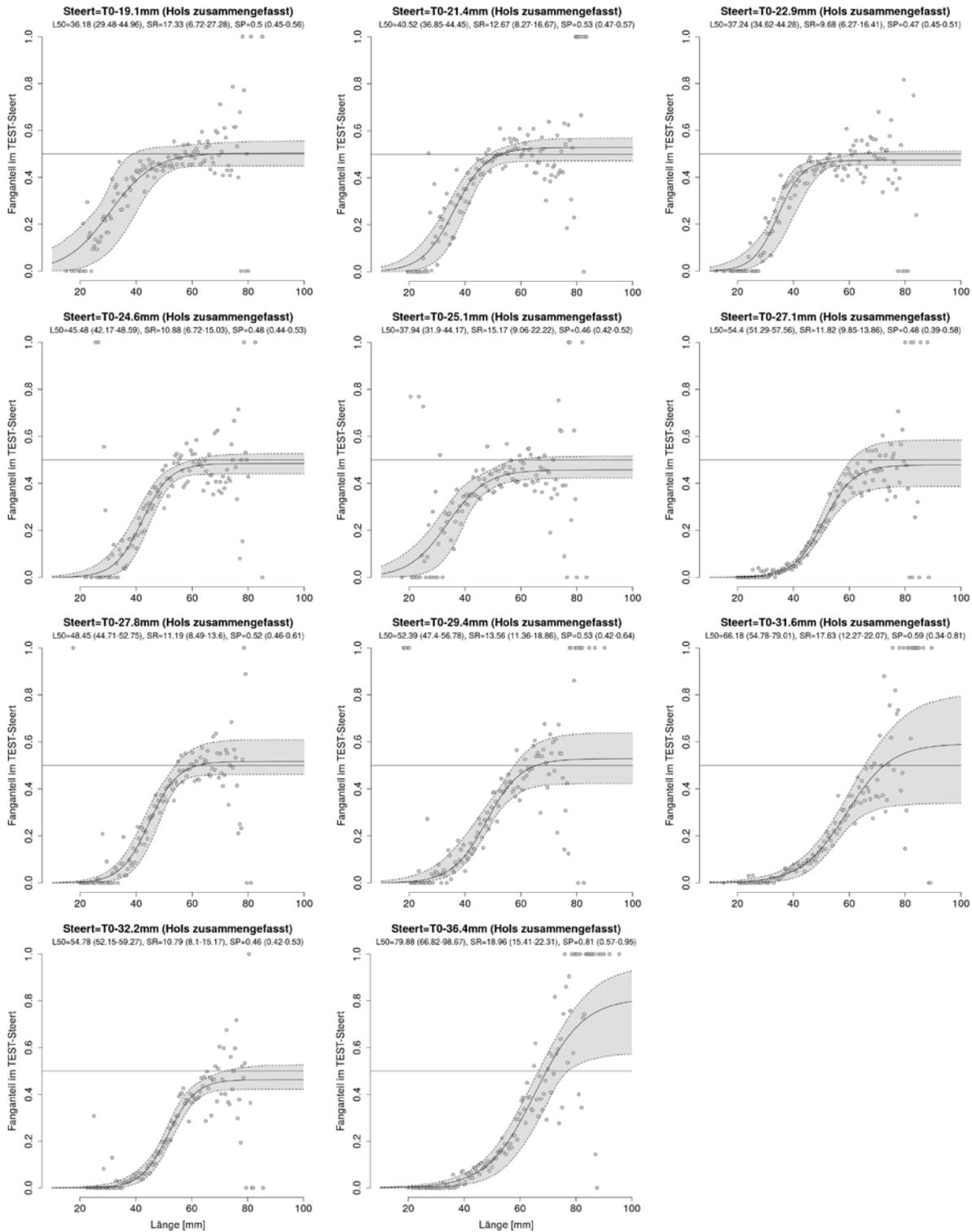
nicht mehr berücksichtigt werden. Um trotzdem der Zwischen-Hol-Variation Rechnung zu tragen, wurde ein nested Bootstrap Ansatz mit 2.000 Wiederholungen, basierend auf der Methode von Millar (1993) für nicht-parametrische Selektionskurven, benutzt. Damit ist es möglich für die ermittelten Kurven Vertrauensbereiche zu ermitteln (Tabelle 15, Abbildung 24 bis Abbildung 26). Eine detaillierte Beschreibung der angewendeten doppelten Bootstrap Prozedur findet sich in Anhang (Kapitel 15).

Die Ergebnisse der Berechnungen und die meist engen Vertrauensbereiche (Abbildung 24 bis Abbildung 26) zeigen die gute Qualität der erhaltenen Selektionsdaten. Für die meisten Steerttypen schließt der Vertrauensbereich des Splitfaktor (SP; siehe Tabelle 15) den Wert 0.5 ein. Das zeigt, dass es bei den großen Längenklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert gab.

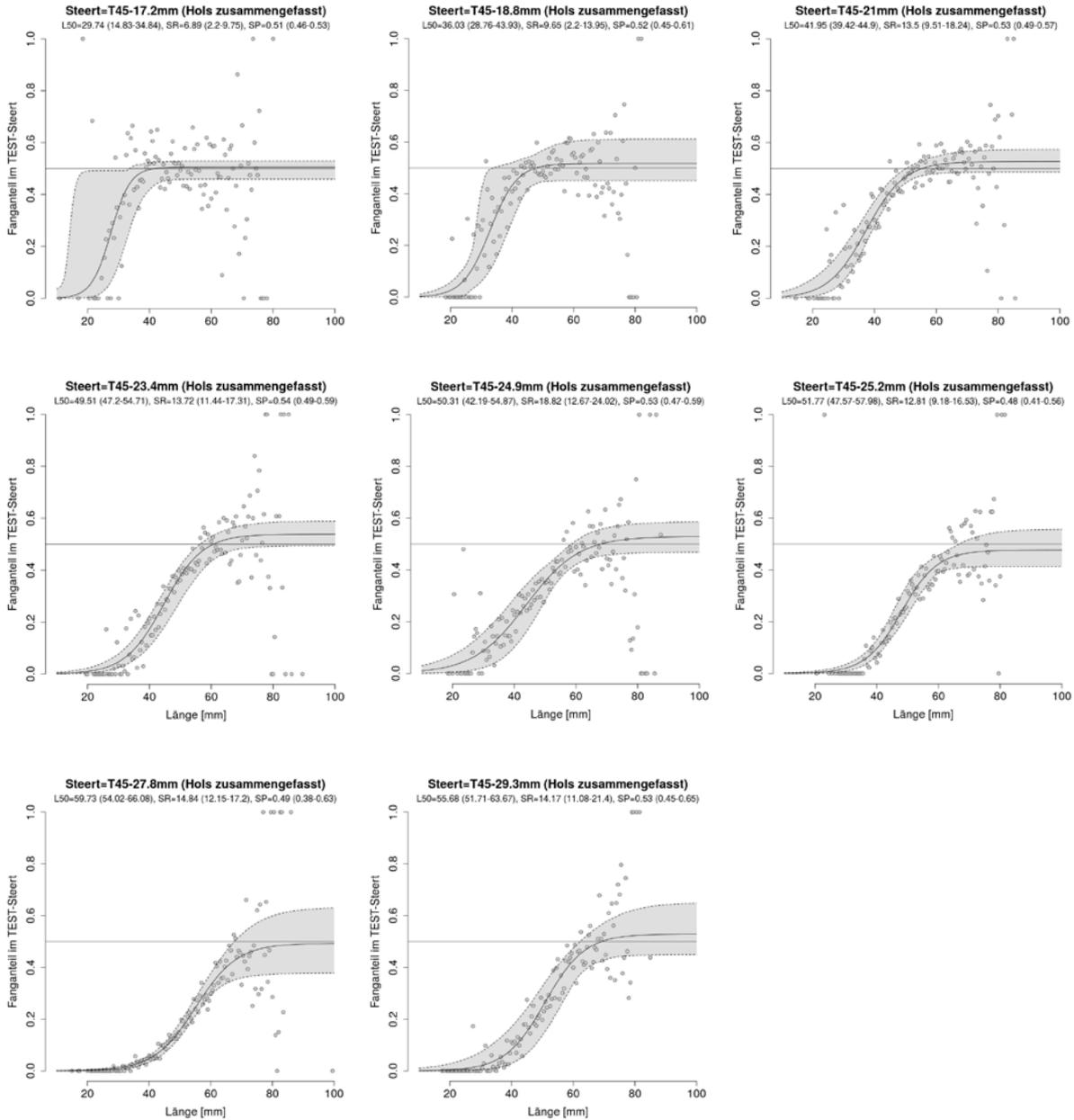
**Tabelle 15:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von *Crangon crangon* für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Splitfaktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	27.514	22.222-37.877	36.179	29.477-44.961	44.845	33.505-55.293	17.332	6.719-27.282	0.504	0.449-0.557
T0-20mm	T0-21.4mm	34.188	31.120-38.761	40.521	36.851-44.446	46.855	41.673-51.283	12.667	8.266-16.669	0.528	0.472-0.569
T0-22mm	T0-22.9mm	32.397	30.582-38.397	37.237	34.619-44.284	42.077	37.939-50.537	9.679	6.267-16.413	0.473	0.452-0.512
T0-24mm	T0-24.6mm	40.035	36.678-43.398	45.475	42.168-48.585	50.916	46.512-55.046	10.881	6.721-15.033	0.484	0.440-0.526
T0-24mm	T0-25.1mm	30.356	24.519-38.373	37.940	31.902-44.167	45.524	37.938-52.547	15.169	9.060-22.216	0.458	0.423-0.516
T0-26mm	T0-27.1mm	48.491	45.913-51.251	54.400	51.287-57.556	60.308	56.601-64.027	11.817	9.846-13.856	0.478	0.387-0.584
T0-26mm	T0-27.8mm	42.860	39.789-47.521	48.455	44.711-52.746	54.049	49.486-58.640	11.189	8.492-13.603	0.517	0.462-0.609
T0-28mm	T0-29.4mm	45.612	40.402-49.659	52.391	47.397-56.777	59.169	53.797-64.981	13.557	11.358-18.859	0.528	0.423-0.639
T0-30mm	T0-31.6mm	57.359	47.627-68.624	66.175	54.775-79.009	74.992	61.742-89.748	17.633	12.270-22.072	0.593	0.340-0.811
T0-30mm	T0-32.2mm	49.382	47.233-52.437	54.779	52.147-59.272	60.176	56.530-66.293	10.794	8.104-15.171	0.463	0.422-0.527
T0-34mm	T0-36.4mm	70.397	58.319-87.896	79.879	66.816-98.667	89.360	74.948-109.774	18.963	15.409-22.308	0.812	0.574-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	26.295	13.734-31.460	29.741	14.833-34.841	33.186	15.931-38.755	6.891	2.197-9.751	0.506	0.459-0.529
T45-18mm	T45-18.8mm	31.204	27.143-38.330	36.027	28.765-43.930	40.851	29.981-49.916	9.647	2.200-13.953	0.517	0.451-0.612
T45-20mm	T45-21.0mm	35.195	32.349-37.552	41.947	39.421-44.896	48.699	44.963-53.155	13.504	9.509-18.238	0.527	0.486-0.574
T45-22mm	T45-23.4mm	42.647	40.509-47.056	49.508	47.200-54.714	56.369	53.377-62.662	13.723	11.438-17.309	0.539	0.494-0.589
T45-24mm	T45-24.9mm	40.900	33.112-47.038	50.308	42.194-54.869	59.716	50.791-64.792	18.816	12.671-24.024	0.530	0.469-0.587
T45-24mm	T45-25.2mm	45.369	42.479-49.988	51.774	47.566-57.981	58.179	52.251-66.091	12.810	9.178-16.532	0.477	0.413-0.558
T45-26mm	T45-27.8mm	52.308	47.666-57.806	59.726	54.024-66.080	67.144	60.352-74.337	14.835	12.150-17.204	0.493	0.378-0.633
T45-28mm	T45-29.3mm	48.593	44.780-55.619	55.676	51.714-63.671	62.759	58.079-72.839	14.166	11.077-21.396	0.529	0.449-0.654
T90-18mm	T90-18.8mm	31.204	27.143-38.330	36.027	28.765-43.930	40.851	29.982-49.916	9.647	2.197-13.953	0.517	0.451-0.612
T90-20mm	T90-20.2mm	32.557	30.870-34.865	35.903	34.509-37.740	39.249	37.741-40.981	6.691	5.304-8.511	0.477	0.462-0.499
T90-20mm	T90-21.1mm	39.042	38.028-40.297	42.871	41.485-45.535	46.701	44.144-51.341	7.659	4.820-11.699	0.465	0.437-0.522
T90-22mm	T90-22.5mm	39.906	36.035-42.508	46.594	42.905-48.960	53.282	49.249-56.516	13.377	9.548-16.518	0.534	0.483-0.565
T90-24mm	T90-24.4mm	36.031	30.354-43.575	42.406	35.225-49.365	48.781	39.579-55.578	12.750	7.594-16.250	0.520	0.472-0.598
T90-24mm	T90-24.6mm	44.505	39.529-50.249	51.060	46.362-57.939	57.616	52.326-67.004	13.112	8.157-21.381	0.534	0.430-0.664
T90-26mm	T90-27.6mm	44.490	40.129-50.288	52.682	48.220-59.378	60.875	55.579-69.662	16.385	11.796-22.701	0.463	0.414-0.539
T90-26mm	T90-27.8mm	45.701	41.018-53.269	52.964	45.846-60.235	60.228	50.505-68.130	14.527	9.068-18.105	0.520	0.441-0.611
T90-28mm	T90-29.0mm	45.423	41.878-50.493	52.616	48.522-58.930	59.809	54.428-67.566	14.386	11.067-18.913	0.544	0.468-0.656
T90-30mm	T90-31.4mm	45.423	41.878-50.493	52.616	48.522-58.930	59.809	54.428-67.566	14.386	11.067-18.913	0.544	0.468-0.656
T90-34mm	T90-36.5mm	49.025	40.552-56.806	58.262	50.102-66.802	67.500	59.004-77.436	18.473	14.099-23.930	0.491	0.411-0.633

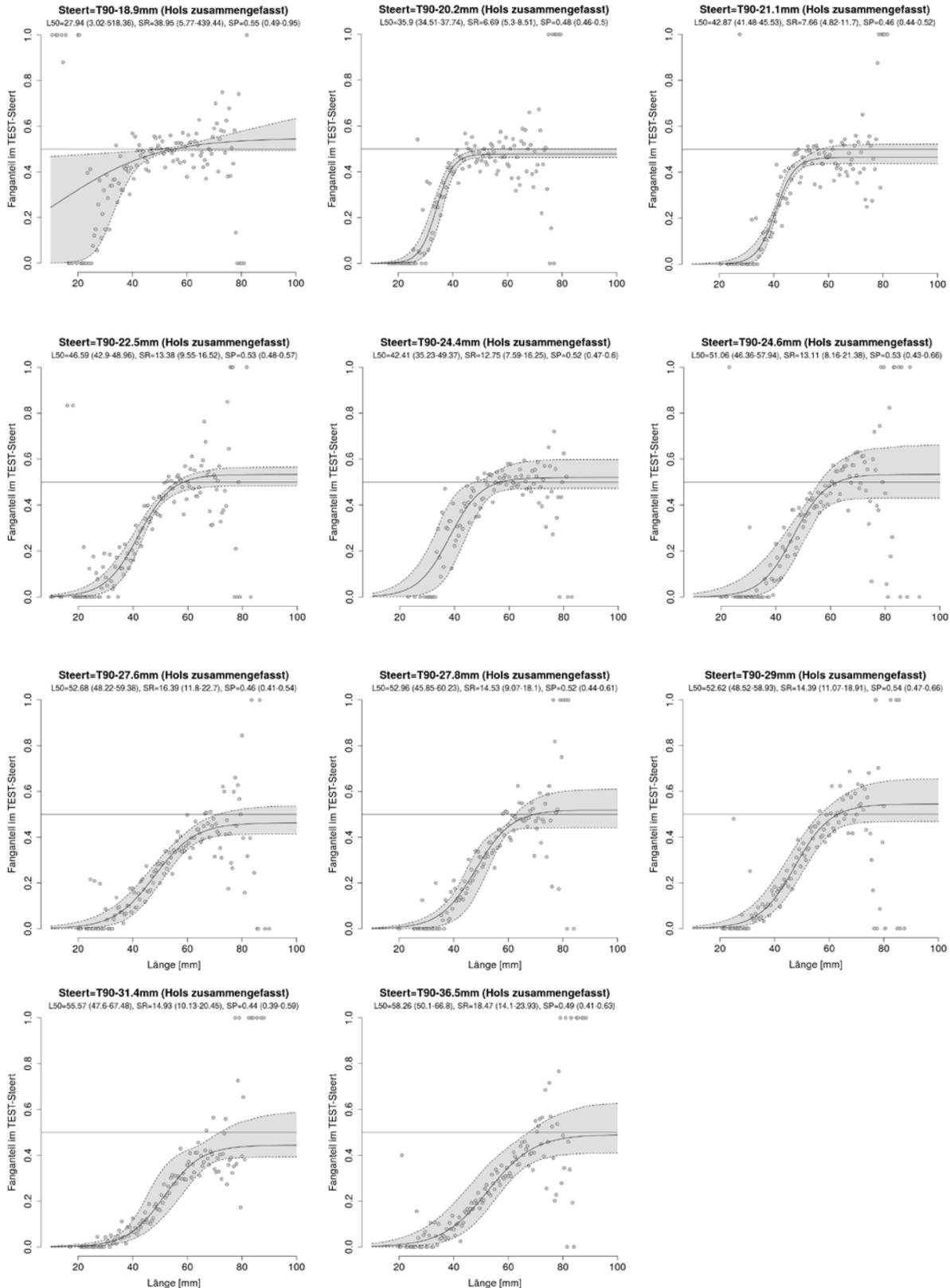
**Abbildung 24:** Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen



**Abbildung 25:** Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen



**Abbildung 26:** Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen



## 7.5 Einfluss von Steert-Maschentyp, Maschenöffnung und anderer Faktoren auf die Größenselektion von *Crangon crangon*

### 7.5.1 Modellansatz

In den vorangegangenen Kapiteln (7.3 und 7.4) wurden die Ergebnisse der Selektionsberechnungen für *Crangon crangon* für einzelne auf den Forschungsfahrten durchgeführte Hols, bzw. für die jeweiligen Steert-Typen (die jeweiligen Hols zusammengefasst) dargestellt. In diesem Abschnitt werden die bisher dargestellten Ergebnisse genutzt, um zu verstehen, wie Maschentyp (T0, T45, T90) und Maschenöffnung die Größenselektion von *Crangon crangon* im Steert beeinflussen.

Zu diesem Zweck wird die Variabilität der experimentell ermittelten Selektionsparameter der einzelnen Hols mit Hilfe eines speziellen Regressionsansatzes betrachtet (Fryer, 1991). Das Fryer-Modell unterscheidet sich von anderen linearen Modellen im methodischen Ansatz: Während Standard-Regressionsmodelle den Einfluss von im Experimentdesign vordefinierter Parameter (fixed effects) auf die Variabilität der Antwortvariable abschätzt, berücksichtigt das Fryer-Modell zusätzlich die nicht-erklärbare Variation in den Daten. Diese Variation ist typisch für Hol-interne Variabilität und für Variabilität zwischen einzelnen Hols, wie sie in der Regel in Fischereifängen zu finden ist. Mit Hilfe des Fryer-Modells können deshalb relativ verlässliche Modellvorhersagen (inkl. zugehöriger Vertrauensbereiche) getroffen werden.

Neben Unterschieden in der Größenselektion, können sich verschiedene Steert-Typen auch darin unterscheiden, wie sie auf anderen Faktoren im Fischereiprozess reagieren (z.B. Fanggewicht, Seegang, Fangzusammensetzung). Aus diesem Grund wurden drei verschiedene Modelle für die drei Maschentypen (T0, T45, T90) – anstelle eines Gesamtmodelles für den gesamten Datensatz – berechnet.

Für L50, SR (Selektionsbereich) und SP (Splitfaktor) wurden in den Modellen für jeden Maschentyp folgende Effekte getestet:

- Maschenöffnung ( $ms$ )
- Schiffsseite auf der der Test-Steert eingesetzt wird ( $side$ )
- Gesamtgewicht des Fanges ( $cw$ )
- Seegang ( $seaSt$ )
- Kombination aus Maschenöffnung und Gesamtgewicht des Fanges ( $ms*cw$ )

Daraus ergeben sich für L50, SR und SP folgende vollständige Modelle:

( $\beta_j$  ist der Gewichtungskoeffizient für jeden festen Effekt, bzw.  $\beta_0, \beta_7, \beta_{14}$  sind Intercepte)

$$\begin{aligned}
 L50 &= \beta_0 + \beta_1 \times side + \beta_2 \times ms + \beta_3 \times ms^2 + \beta_4 \times cw + \beta_5 \times ms \cdot cw + \beta_6 \times seaSt \\
 SR &= \beta_7 + \beta_8 \times side + \beta_9 \times ms + \beta_{10} \times ms^2 + \beta_{11} \times cw + \beta_{12} \times ms \cdot cw + \beta_{13} \times seaSt \\
 SP &= \beta_{14} + \beta_{15} \times side + \beta_{16} \times ms + \beta_{17} \times ms^2 + \beta_{18} \times cw + \beta_{19} \times ms \cdot cw + \beta_{20} \times seaSt
 \end{aligned} \tag{1}$$

Aus der Kombination der verschiedenen Parameter ergeben sich 2097152 verschiedene (Sub-) Modelle, die getrennt nach Maschentyp miteinander verglichen und bewertet werden. Der dafür verwendete AIC-Wert (Akaike, 1974) bewertet die Anpassung des Modells und die Komplexität des Modells. Die Modellberechnungen wurden mit der Software SELNET durchgeführt (Hermann et al. 2013).

## 7.5.2 Ergebnisse

Die Modellierung der drei Datensätze (T0, T45, T90) wurde erfolgreich durchgeführt. Die jeweils besten Modelle sind in den nachfolgenden Abschnitten dargestellt. Allen drei finalen Modellen für die Maschentypen (T0, T45, T90) ist gleich, dass der Intercept für L50 und SR ( $\beta_0, \beta_7$ , im vollständigen Modell) nicht mehr enthalten ist. Das ist positiv zu bewerten, da somit für L50 und SR der Wert 0 vorhergesagt wird, wenn alle anderen festen Effekte den Wert 0 haben. Für alle Maschentypen ebenfalls gleich ist, dass beim Modell für den Splitfaktor (SP, beschreibt den Fanganteil im Test-Steert im Vergleich zum Gesamtfang) der Intercept ( $\beta_{14}$ ) ca. 0.5 beträgt (d.h. 50% des Gesamtfanges im Test-Steert gefangen wurden) (Tabelle 16 bis Tabelle 18). Daraus ergibt sich eine gleiche Fangeffizienz von Test-Steert und Referenz-Steert (mit Maschenöffnung 11 mm, T0 11). Das Fehlen anderer Effekte in den Modellen für SP zeigt, dass die Gleichheit der Fangeffizienz von Test-Steert und Referenz-Steert unabhängig von den untersuchten Effekten (Maschenöffnung, Fanggewicht, Seegang) ist. Auf die Modelle für SP wird in den folgenden Abschnitten aus diesem Grund nicht weiter eingegangen.

Ein wichtiger Aspekt bei der Modellierung ist die Überprüfung, ob die Modelle in der Lage sind die experimentellen Daten adäquat zu beschreiben. Für diese Modell-Diagnose wurden die Modellvorhersagen für den untersuchten Maschenöffnungsbereich (inkl. Mittelwerte, Vertrauensbereiche der Modellvorhersage, Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität) zusammen mit den während der Forschungsfahrten ermittelten Selektionsparametern für die einzelnen Hols (Abbildung 27, Abbildung 28, Abbildung 30) dargestellt.

### 7.5.2.1 Modell für die T0-Steerte

Das beste ermittelte Modell für T0-Steerte hatte diese Form:

$$\begin{aligned}
 L50 &= \beta_2 \times ms + \beta_3 \times ms^2 \\
 SR &= \beta_9 \times ms \\
 SP &= \beta_{14}
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Im Modell für die T0-Steerte (2) ist die Maschenöffnung (*ms*) der einzige Effekt, der die Variabilität von L50 erklärt. Dabei enthält das Modell die Maschenöffnung sowohl als linearen Term, als auch als polynomialen Term 2. Ordnung. Der Effekt des linearen Terms ist positiv und stärker als der negative Effekt von  $ms^2$  (Tabelle 16). Entsprechend nimmt L50 im Bereich der getesteten Maschenöffnungen nahezu linear zu. Auch für den Selektionsbereich (SR) enthält das Modell nur die Maschenöffnung (*ms* als linearer Term) als Effekt (Tabelle 16), wobei der Selektionsbereich ebenfalls mit der Maschenöffnung zunimmt.

Die Modell-Berechnungen für die T0-Steerte beschreiben gut den positiven Trend der experimentellen Daten von L50 und SR in Bezug zur Maschenöffnung (Abbildung 27).

**Tabelle 16:** Modell-Ergebnisse für die T0-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der festen Effekte für das beste Modell für T0 (2). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L50, SR und SP.

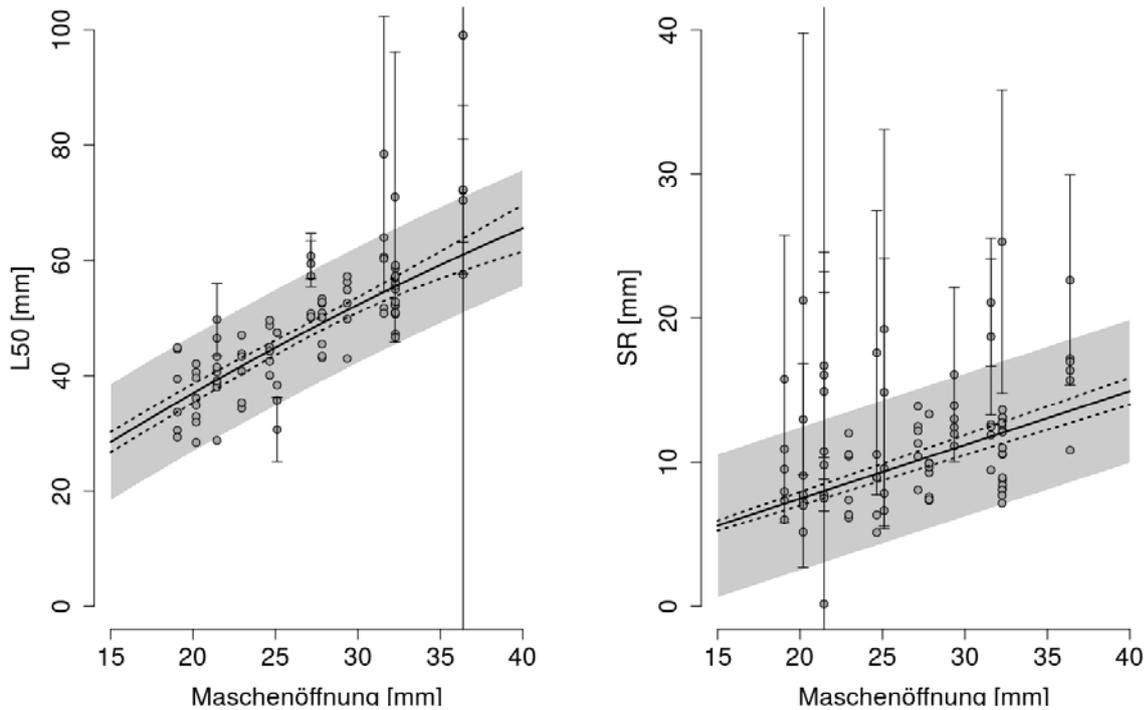
Fixed effects

Response variable	Exploratory variable	Coefficient	Value	SE	95% CL	P-value
L50	<i>ms</i>	$\beta_2$	2.054414	0.118765	1.821 to 2.287	<0.0001
	$ms^2$	$\beta_3$	-0.010369	0.004092	-0.01841 to -0.002328	0.01189
SR	<i>ms</i>	$\beta_9$	0.373071	0.011799	0.349886 to 0.396256	<0.0001
SP	Intercept	$\beta_{14}$	0.497387	0.01074	0.476283 to 0.518491	<0.0001

Between-Haul-Variation

Response variable	L50	SR	SP
L50	<b>26.14</b>	3.56	0.16
SR		<b>6.38</b>	0.05
SP			<b>0.01</b>

**Abbildung 27:** Modell-Diagnose für T0-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).



### 7.5.2.2 Modell für die T45-Steerte

Das beste ermittelte Modell für T45-Steerte hatte diese Form:

$$L50 = \beta_2 \times ms$$

$$SR = \beta_{10} \times ms^2 + \beta_{11} \times cw \quad (3)$$

$$SP = \beta_{14}$$

Im Modell für die T45-Steerte (3) ist die Maschenöffnung ( $ms$ ) ist der einzige Effekt, der die Variabilität von L50 erklärt. Dabei enthält das Modell die Maschenöffnung nur als linearen Term mit einem ähnlichen Wert wie im T0-Modell (vergleiche Tabelle 16 und Tabelle 17). Da im T45-Modell aber der polynome (negative) Term  $ms^2$  fehlt, nimmt L50 mit zunehmender Maschenöffnung stärker zu (Abbildung 28).

Das Modell zur Beschreibung des Selektionsbereiches SR bei T45-Steerten ist komplexer als bei T0-Steerten, da es sowohl die Maschenöffnung ( $ms^2$ ) als auch das Fanggewicht ( $cw$ ) beinhaltet. Für die Koeffizienten beider Effekte wurden positive Werte errechnet (Tabelle 17). Daraus ergibt

sich bei der Modell-Vorhersage für den Selektionsbereich ein positiver Trend und eine zunehmende Krümmung mit zunehmender Maschenöffnung (Abbildung 28).

Die Modell-Berechnungen für die T45-Steerte beschreiben gut den positiven Trend der experimentellen Daten von L50 und SR in Bezug zur Maschenöffnung (Abbildung 28)

Für ein besseres Verständnis der Modellergebnisse zeigt Abbildung 29 den kombinierten Effekt von  $ms^2$  und  $cw$  auf den Selektionsbereich. Dabei ist zu erkennen, dass bei jeder Maschenöffnung der Selektionsbereich mit zunehmendem Fanggewicht ebenfalls zunimmt.

**Tabelle 17:** Modell-Ergebnisse für die T45-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der festen Effekte für das beste Modell für T45 (3). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L50, SR und SP.

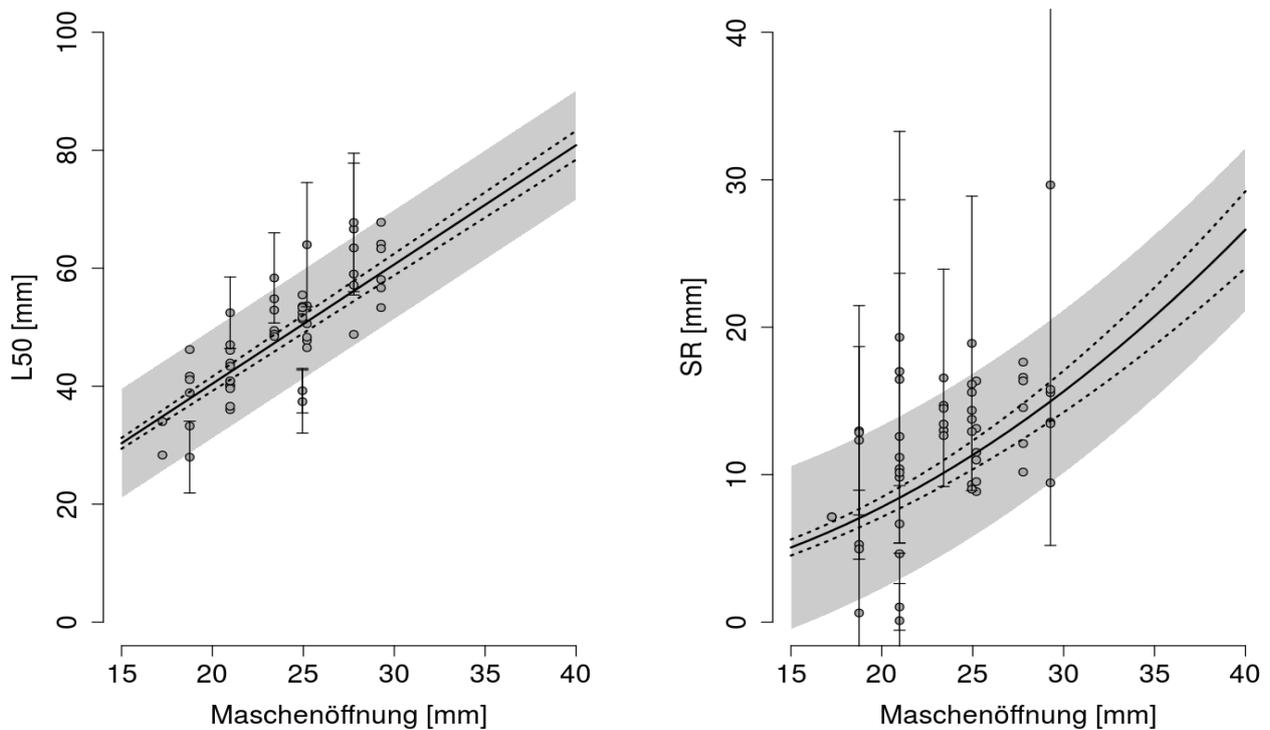
Fixed effects

Response variable	Explorator y variable	Coefficient	Value	SE	95% CL	P-value
L50	$ms$	$\beta_2$	2.021389	0.031104	1.960053 to 2.082725	<0.0001
SR	$ms^2$	$\beta_{10}$	0.015677	0.000902	0.0139 to 0.017455	<0.0001
	$cw$	$\beta_{11}$	0.038324	0.007714	0.023112 to 0.053536	<0.0001
SP	Intercept	$\beta_{14}$	0.512723	0.014308	0.484507 to 0.540939	<0.0001

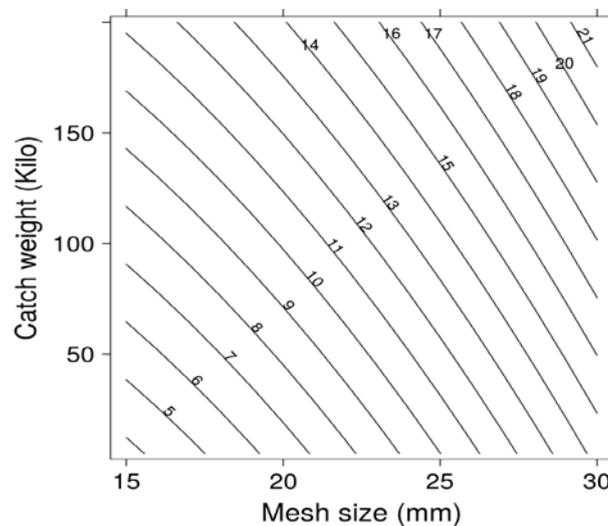
Between Haul Variation

Response variable	L50	SR	SP
L50	<b>22.11</b>	9.53	0.16
SR		<b>7.93</b>	0.13
SP			<b>0.01</b>

**Abbildung 28:** Modell-Diagnose für T45-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).



**Abbildung 29:** Modell für T45-Steerte: Modellberechnungen für den kombinierten Einfluss von Maschenöffnung (Mesh size) und Fanggewicht (Catch weight) auf den Selektionsbereich (SR; Isolinien)



### 7.5.2.3 Modell für die T90-Steerte

Das beste ermittelte Modell für T90-Steerte hatte diese Form:

$$\begin{aligned}L50 &= \beta_2 \times ms + \beta_4 \times cw + \beta_5 \times ms \cdot cw \\SR &= \beta_9 \times ms \\SP &= \beta_{14}\end{aligned}\tag{4}$$

Das Modell zur Beschreibung von L50 für die T90-Steerte (4) ist komplexer als die L50-Modelle für T0 und T45, da es den Effekt der Maschenöffnung ( $ms$ ), des Fanggewichtes ( $cw$ ) und Interaktion von Maschenöffnung und Fanggewicht ( $ms \times cw$ ) beinhaltet. Sowohl die Maschenöffnung, als auch das Fanggewicht haben einen positiven Einfluss auf L50. Dagegen hat die Interaktion von Maschenöffnung und Fanggewicht einen leicht negativen Einfluss ( $\beta_5$ ). Für ein besseres Verständnis der Modellergebnisse zeigt Abbildung 31 den kombinierten Effekt von  $ms$ ,  $cw$  und  $ms \times cw$  auf L50. Für Maschenöffnungen unter 24 mm berechnet das Modell (4) einen generell positiven Effekt des Fanggewichtes. D.h. je größer die Fänge, desto kleiner kann die Maschenöffnung sein um eine bestimmte Selektion zu erreichen. Das Gegenteil ist der Fall für Maschenöffnungen über 24 mm.

Wie beim T0-Modell (2), ist beim T90-Modell der lineare Term der Maschenöffnung ( $ms$ ) der einzige Effekt, der die Variabilität beim Selektionsbereich erklärt. Wie bei T0, nimmt der Selektionsbereich SR mit zunehmender Maschenöffnung zu (Tabelle 18 und Abbildung 30).

**Tabelle 18:** Modell-Ergebnisse für die T90-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der festen Effekte für das beste Modell für T45 (3). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L<sub>50</sub>, SR und SP.

Fixed effects

Response variable	Exploratory variable	Coefficient	Value	SE	95% CL	P-value
L50	<i>ms</i>	$\beta_2$	1.932631	0.033363	1.866839 to 1.998424	<0.0001
	<i>cw</i>	$\beta_4$	0.315305	0.062011	0.193019 to 0.437591	<0.0001
	<i>ms x cw</i>	$\beta_5$	-0.013219	0.002088	-0.017336 to -0.009101	<0.0001
SR	<i>ms</i>	$\beta_9$	0.397022	0.015613	0.366233 to 0.427811	<0.0001
SP	Intercept	$\beta_{14}$	0.506438	0.011891	0.482988 to 0.529887	<0.0001

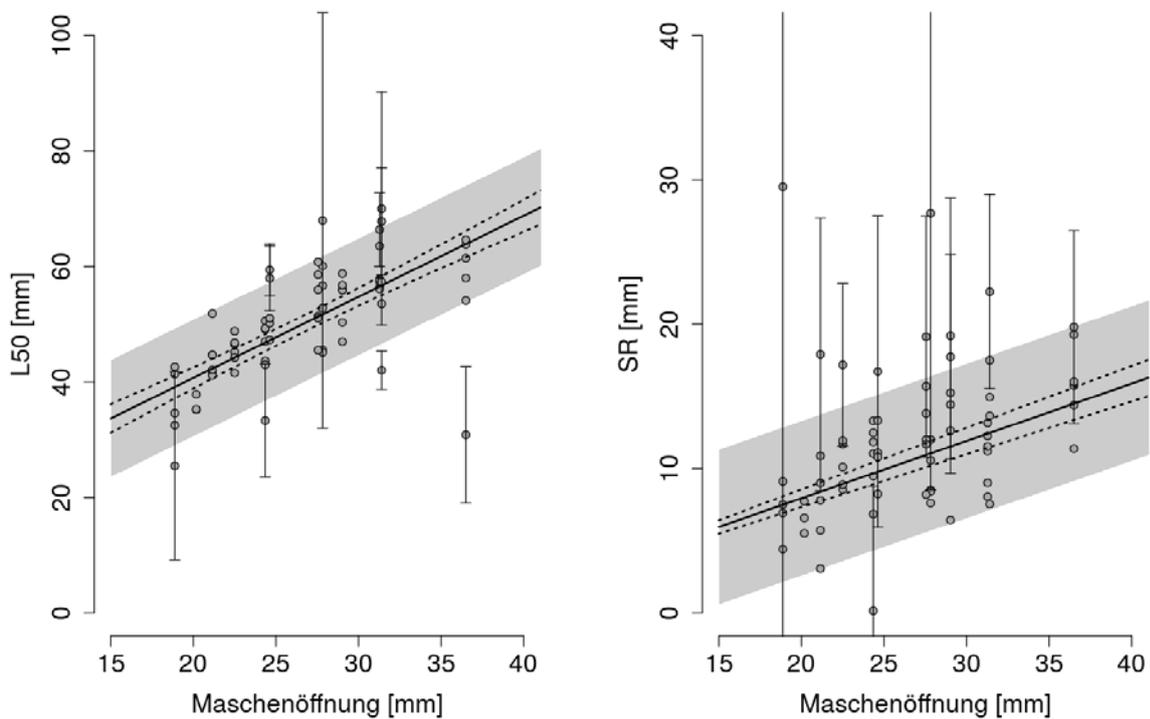
Between Variation

Haul

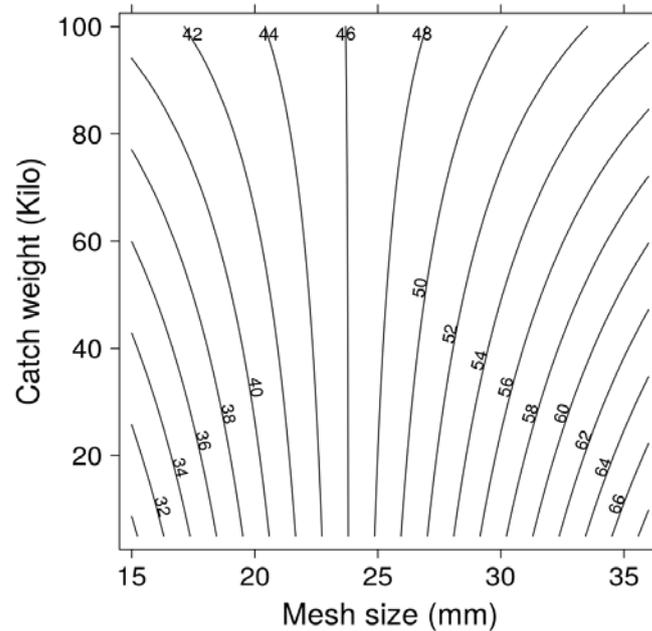
Response variable	L50	SR	SP
L50	<b>26.436</b>	5.968	0.116
SR		<b>7.429</b>	-0.004
SP			<b>0.008</b>

Wie bei den Modellen für T0 und T45, beschreibt das Modell für die T90-Steerte gut die experimentellen Daten von L50 und SR in Bezug zur Maschenöffnung (Abbildung 30).

**Abbildung 30:** Modell-Diagnose für T90-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).



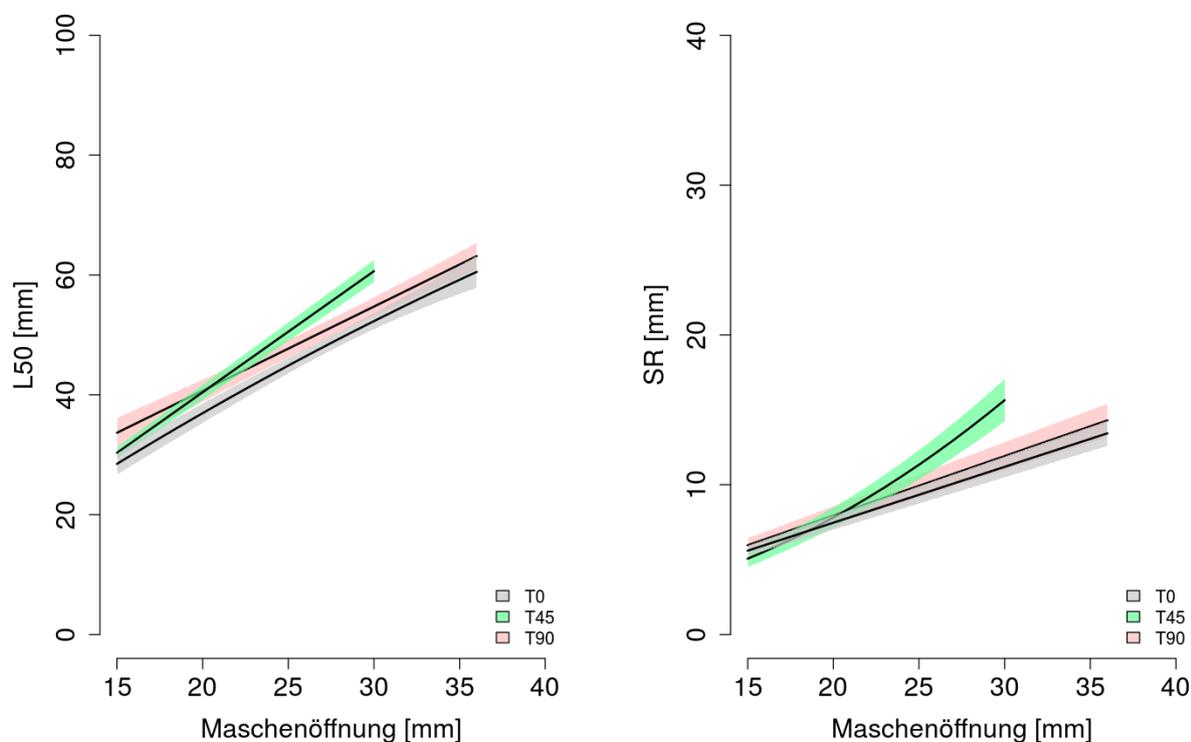
**Abbildung 31:** Modell für T90-Steerte: Modellberechnungen für den kombinierten Einfluss von Maschenöffnung (Mesh size) und Fanggewicht (Catch weight) auf den L50 (Isolinien)



#### 7.5.2.4 Vergleich der Modelle für T0, T45 und T90-Steerte

Abschließend werden die berechneten Werte von L50 und Selektionsbereich (SR) für die besten Modelle für die drei Steertypen (T0, T45, T90) graphisch dargestellt und verglichen (Abbildung 32). Wie bereits erwähnt, nehmen L50 und SR mit zunehmender Maschenöffnung zu. Dabei ist die L50-Kurve für T45-Steerte steiler als die von T0 und T90, was zu höheren L50-Werten für Maschenöffnungen ab ca. 22 mm führt. Die Modell-Vorhersagen für den Selektionsbereich (SR) zeigen einen ähnlichen Verlauf bei T0 und T90-Steerten. Dagegen hat die Kurve für T45-Steerte eine steilere positive Krümmung für Maschenöffnungen größer 22 mm.

**Abbildung 32:** Modell-Vorhersagen für verschiedene Steertypen (T0, T45, T90). Links: L50; Rechts: Selektionsbereich (SR)



## 7.6 Literatur

- Akaike H (1974) A new look at the statistical model identification. *IEEE Trans. Auto. Control* 19, pp. 716-722
- Armstrong DW, Ferro RST, Mac Lennan DN, Reeves SA (1990) Gear Selectivity and the Conservation of Fish. *Journal of Fish Biology* 37: 261-262
- Broadhurst MK, Millar RB, Kennelly SJ, Macbeth WG, Young DJ, Gray CA (2004) Selectivity of conventional diamond-and novel square-mesh codends in an Australian estuarine penaeid-trawl fishery. *Fisheries Research*, 67(2), 183-194
- Dahm E (2004) (convener) Evaluate the recent (last 5 years) codend mesh selection experiments dealing with bottom trawls used in the Baltic Sea for cod which used either turned meshes and/or BACOMA windows. With emphasis on estimating selectivity parameters, experimental design and modelling/statistical analysis. Report of the ICES Fisheries Technology Committee Working Group on Fishing Technology and Fish Behaviour, Gdynia (Poland), ICES CM 2004/B.05 Ref. ACE: 24pp.
- Fernö A, Olsen S (1994) Marine fish behaviour in capture and abundance estimation. Fishing News Books. URI: <http://afrilib.odinafrica.org/handle/0/4197>. ISBN: 852382111
- Fonteyne R, M'Rabet R (1992) Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam trawl fishery. *Fisheries Research*, 13: 221-233
- Fryer RJ (1991) A model of between-haul variation in selectivity. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, 48(3), 281-290

- Glass CW (2000) Conservation of fish stocks through bycatch reduction: a review. *Northeastern Naturalist*, 7: 395-410
- Guijarro B, Massutí E (2006) Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 63(1): 52-67
- Hermann B, Wienbeck H, Stepputtis D, Krag LA, Feekings J, Moderhak W (2015) Size selection in codends made of thin-twined Dyneema netting compared to standard codends: A case study with cod, plaice and flounder. *Fisheries Research* 167: 82-91
- Herrmann B, Wienbeck H, Moderhak W, Stepputtis D, Krag LA (2013) The influence of twine thickness, twine number and netting orientation on codend selectivity. *Fisheries Research* 145: 22-36
- Kynoch RJ, Ferro RST, Zuur G (1999) The effect on juvenile haddock by-catch of changing codend twine thickness in EU trawl fisheries. *MTS J.* 33, 61-72
- Kynoch RJ, O'Dea MC, O'Neill FG (2004) The effect of strengthening bags on cod-end selectivity of a Scottish demersal trawl. *Fish. Res.* 68, 249-257
- Lowry N, Robertson JHB (1996) The effect of twine thickness on cod-end selectivity of trawls for haddock in the North Sea. *Fish. Res.* 26, 353-363
- Millar RB (1993) Incorporation of between-haul variation using bootstrapping and non-parametric estimation of selection curves. *Fishery Bulletin* 91. pp. 564-572
- Millar RB, Fryer RJ (1999) Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. Reviews in *Fish Biology and Fisheries*. March 1999, Volume 9, Issue 1, pp 89-116
- Millar RB, Walsh SJ (1992a) Analysis of trawl selectivity studies with an application to trouser trawls. *Fish. Res.* 13, pp. 205-220
- Millar RB (1992b) Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *J. Am. Stat. Assoc.* 87. pp. 962-968
- Nédélec C (2000) *Fischfanggeräte in der Europäischen Gemeinschaft*. Europäische Kommission, pp. 72, ISBN 92-828-9743-5
- Polet H (2000) Cod-end and whole trawl selectivity of a shrimp beam trawl used in the North Sea. *Fish. Res.* 48, pp. 167-183
- Revill AS, Holst R (2004) Reducing discards of North Sea brown shrimp (*C. crangon*) by trawl modification. *Fisheries research*, 68(1), 113-122
- Robertson JHB, Stewart PAM (1988) A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *ICES Journal of Marine Science*, 44: 148-161
- Sparre P, Venema SC (1998) Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual. FAO (Food and agriculture organization of the United Nations) Fisheries technical paper 306/1. pp. 407. ISNN 0429-9345
- Wienbeck H, Herrmann B, Moderhak W, Stepputtis D (2011) Effect of netting direction and number of meshes around on size selection in the codend for Baltic cod (*Gadus morhua*). *Fish. Res.* 109, 80-88
- Wileman DA, Ferro RST, Fonteyne R, Millar RB (Eds) (1996) Manual of Methods of Measuring the Selectivity of Towed Fishing Gears. ICES Cooperative Research Report. No. 215

## 8 Allgemeine Auswertung des Beifangs

Auf den Forschungsfahrten wurden insgesamt 94 Arten gefangen, darunter 46 Fischarten und 48 Arten Wirbellose. Die Fänge der registrierten Arten unterliegen erheblichen, saisonalen Schwankungen (Tabelle 19 bis Tabelle 20).

Von den 46 erfassten Fischarten traten lediglich 20 Arten auf allen Fahrten auf, darunter kommerziell genutzte Arten wie z. B. Hering (*Clupea harengus*), Kabeljau (*Gadus morhua*), Scholle (*Pleuronectes platessa*), Seeszunge (*Solea solea*) und Wittling (*Merlangius merlangus*) (Tabelle 19). Aber auch kommerziell ungenutzte Arten wie Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*) und Stichling (*Gasterosteus aculeatus*) fanden sich in den Fängen aller Forschungsfahrten. Hingegen fanden sich weitere Arten nur auf einzelnen Fahrten und zum Teil in nur sehr geringen Stückzahlen oder als Einzelfunde. Hierzu gehörten u.a. die kommerziell genutzten Arten Roter und Grauer Knurrhahn (*Trigla lucerna* und *Eutrigla gurnardus*), Steinbutt (*Scophthalmus maximus*) oder Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*). Neben dem vereinzelt Auftreten einzelner Arten geben auch die Fangmengen pro Stunde Aufschluss über das saisonale Auftreten bestimmter Arten.

Die Fanggewichte der Scholle (*Pleuronectes platessa*) variierten zwischen den Fahrten und waren in der Hauptsaison im September und November 2013 mit 0,95 bzw. 0,93 kg h<sup>-1</sup> am höchsten, während sie im April mit nur 0,09 kg h<sup>-1</sup> am geringsten ausfielen. Auf den beiden Januarfahrten lagen die Fangmengen für Scholle mit 0,42 und 0,55 kg h<sup>-1</sup> hingegen auf einem mittleren Niveau. Ähnliches gilt für die Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*), die, wie die Scholle, auf allen Fahrten vertreten war, aber vor allem im September und noch stärker im November 2013 hohe Anteile am Gesamtfang hatte. Im Gegensatz zu den regelmäßig auftretenden Arten fanden sich weitere Arten nur saisonal in den Netzen. So trat die wärmeliebende Streifenbarbe (*Mullus surmuletus*) lediglich auf der Septemberfahrt auf und hier auch nur in geringen Fanggewichten und Stückzahlen. Daneben fanden sich weitere Arten ebenfalls nur ausschließlich auf der Septemberfahrt, was, neben den erhöhten Wassertemperaturen, auch auf das gewählte Fanggebiet zurückgeführt werden kann.

Von den insgesamt 48 erfassten Wirbellosenarten wurden lediglich 12 auf allen Reisen registriert (Tabelle 20). Alle weiteren Arten traten nur saisonal in den Fängen auf. Auffällig ist, dass die Zielart *C. crangon* auf allen Reisen die höchsten Fangergebnisse in Stückzahlen und Gewicht pro Stunde lieferte. Der saisonale Trend mit geringen Fängen in den Winter- und Frühjahrsmonaten sowie hohen Fängen im Herbst zeigt sich anhand der Daten deutlich. Weiterhin waren Schwimmkrabben (Portunidae) gefolgt von Schlangensterne (Ophiuroidea) am häufigsten und mit zum Teil hohen Fanggewichten auf allen Fahrten vertreten. Auch diese beiden Arten folgten im saisonalen Verlauf weitestgehend dem Saisonverlauf von *C. crangon* mit den höchsten Fängen im September und November 2013. Der überaus größere Teil der registrierten Wirbellosenarten trat hingegen nur auf einzelnen Fahrten mit meist sehr geringen Fanggewichten und Individuenzahlen. Außer der Nordseegarnele wurden mit dem Taschenkrebs (*Cancer pagurus*) und der Miesmuschel (*Mytilus edulis*) nur noch zwei weitere Arten vereinzelt gefangen, die für die kommerzielle Vermarktung von Bedeutung sind.

**Tabelle 19:** Erfasste Fischarten (Sortierung nach wissenschaftlichem Artnamen) während der Forschungsreisen mit FFS "Solea" im Rahmen des CRANNET-Projekts. Angegeben sind pro Reise die Häufigkeit des Auftretens (N = Anzahl Netze in denen die Art vorkam), der Mittelwert (M.W.) ± Standardabweichung (S.D.) für die Fangmenge [kg h<sup>-1</sup>] und die Anzahl [Ind h<sup>-1</sup>] der individuellen Arten. Leere Felder zeigen die Abwesenheit der jeweiligen Art auf den einzelnen Reisen an.

Name	Artnamen	Januar 2013		April 2013		September 2013		November 2013		Januar 2014	
		N	M.W. ± S.D. [kg h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D. [kg h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D. [kg h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D. [kg h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D. [kg h <sup>-1</sup> ]
Steinpieler	<i>Agonus cataphractus</i>	129	0.13 ± 0.16	173	0.44 ± 0.41	112	0.10 ± 0.15	74	0.09 ± 0.09	109	0.10 ± 0.09
Finte	<i>Alisa fallax</i>	19	0.03 ± 0.04	7	0.01 ± 0.01	15	0.02 ± 0.02	16	0.05 ± 0.03	97	0.07 ± 0.06
Kleiner Sandaal	<i>Ammodytes marinus</i>	6	0.02 ± 0.02	3 ± 2		2	0.03 ± 0.02	3 ± 2		49	0.04 ± 0.03
Tobisfisch	<i>Ammodytes tabianus</i>	63	0.05 ± 0.05	6 ± 6	116	0.14 ± 0.15	17 ± 19	32	0.11 ± 0.09	10 ± 8	5 ± 7
Lammzunge	<i>Arnoglossus laterna</i>	1	0.00	1		64	0.02 ± 0.02	11 ± 11		1	0.01
Hornhecht	<i>Belone belone</i>					3	0.02 ± 0.03	3 ± 3		11	0.00 ± 0.00
Zwergzunge	<i>Buglossidium luteum</i>					62	0.12 ± 0.20	35 ± 81		24	0.02 ± 0.01
Gestreifter Leierfisch	<i>Callionymus lyra</i>	11	0.01 ± 0.01	1 ± 0	2	0.01 ± 0.00	3 ± 1	127	0.48 ± 0.69	43	0.13 ± 0.25
Genetzter Leierfisch	<i>Callionymus reticulatus</i>	7	0.01 ± 0.00	2 ± 1		1	0.06	16	30	0.08 ± 0.05	
Fünfbärtige Seequappe	<i>Ciliata mustela</i>	83	0.05 ± 0.09	3 ± 4	45	0.01 ± 0.01	1 ± 1	70	0.10 ± 0.22	103	0.07 ± 0.08
Hering	<i>Clupea harengus</i>	135	1.29 ± 2.44	185 ± 328	99	0.02 ± 0.02	3 ± 3	4	0.00 ± 0.00	2	0.00
Klippenbarsch	<i>Ctenolabrus rupestris</i>										
Seehase	<i>Cylopterus lumpus</i>	9	0.01 ± 0.00	1 ± 0	6	0.08 ± 0.11	1 ± 0				
Wolfsbarsch	<i>Dicentrarchus labrax</i>	2	0.06 ± 0.07	14 ± 18							
Viperqueise	<i>Echichthys vipera</i>					2	0.01 ± 0.01	2 ± 1			
Europäische Sardelle	<i>Engraulis encrasicolus</i>					1	0.01	2			
Grauer Knurrhahn	<i>Eurigla gumardus</i>					4	0.06 ± 0.09	4 ± 3	2	0.01 ± 0.01	7 ± 4
Kabeljau	<i>Gadus morhua</i>	25	0.03 ± 0.02	1 ± 1	14	0.03 ± 0.02	1 ± 0	73	0.14 ± 0.17	29	0.17 ± 0.18
Dreitäscheliger Stichel	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	76	0.01 ± 0.01	6 ± 5	149	0.02 ± 0.02	7 ± 8	34	0.02 ± 0.02	15	0.01 ± 0.01
Größer Sandaal	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	84	0.10 ± 0.09	18 ± 21	146	0.33 ± 0.31	39 ± 40	58	0.21 ± 0.24	38	0.21 ± 0.19
Flussneunauge	<i>Lampetra fluviatilis</i>	1	0.00	1	12	0.00 ± 0.00	1 ± 0	6	0.09 ± 0.09	5 ± 6	
Kliesche	<i>Limanda limanda</i>	135	0.24 ± 0.32	191 ± 292	173	0.18 ± 0.18	73 ± 78	131	1.99 ± 3.06	80	1.41 ± 1.05
Größer Scheibenbauch	<i>Liparis liparis</i>	1	0.03	1	58	0.02 ± 0.02	30 ± 56	36	0.03 ± 0.02	9	0.11 ± 0.10
										3	0.01 ± 0.01
										110	0.27 ± 0.30
										218 ± 245	
										2160	
										1315 ± 2160	
										4 ± 3	1 ± 0

Tabelle 19: Fortsetzung

Name	Artname	Januar 2013			April 2013			September 2013			November 2013			Januar 2014		
		N	M.W. ± S.D.	Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D.	Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D.	Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D.	Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ]	N	M.W. ± S.D.	Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ]
Wittling	<i>Merlangius merlangus</i>	21	0,10 ± 0,09	1 ± 1	86	0,01 ± 0,02	2 ± 2	126	1,50 ± 1,94	73 ± 78	40	0,27 ± 0,19	7 ± 4	24	0,08 ± 0,07	1 ± 1
Limande	<i>Microstomus kitt</i>	13	0,04 ± 0,04	4 ± 5	21	0,01 ± 0,01	5 ± 9	20	0,05 ± 0,10	8 ± 14	7	0,02 ± 0,01	3 ± 1	19	0,01 ± 0,01	2 ± 2
Streifenbarbe	<i>Mullus surmuletus</i>	87	0,11 ± 0,11	10 ± 11	131	0,08 ± 0,09	6 ± 6	94	0,06 ± 0,05	18 ± 19	78	0,24 ± 0,20	26 ± 23	105	0,07 ± 0,08	10 ± 12
Seeskorpion	<i>Myoxocephalus scorpius</i>	109	0,34 ± 0,53	73 ± 78	138	0,02 ± 0,01	4 ± 3	3	0,07 ± 0,05	4 ± 2	80	0,64 ± 0,49	169 ± 136	110	0,68 ± 1,00	206 ± 323
Stint	<i>Osmerus eperlanus</i>	50	0,02 ± 0,02	2 ± 2	130	0,08 ± 0,08	11 ± 12	56	0,08 ± 0,10	10 ± 16	6	0,03 ± 0,02	8 ± 5	15	0,01 ± 0,01	2 ± 2
Butterfisch	<i>Pholis gunnellus</i>															
Zweigbutt	<i>Phycorhombus norvegicus</i>													1	0,01	1
Flunder	<i>Platichthys flesus</i>	5	0,08 ± 0,12	1 ± 0	13	0,11 ± 0,20	1 ± 1						18	0,02 ± 0,02	2 ± 1	
Scholle	<i>Pleuronectes platessa</i>	136	0,42 ± 0,49	97 ± 123	173	0,09 ± 0,09	18 ± 20	121	0,95 ± 1,12	169 ± 192	79	0,93 ± 0,72	177 ± 137	110	0,55 ± 0,32	120 ± 68
Strandgüdel	<i>Pomatoschistus microps</i>	58	0,05 ± 0,05	78 ± 97	77	0,01 ± 0,02	10 ± 18	1	0,02	27				29	0,03 ± 0,03	34 ± 45
Sandgründel	<i>Pomatoschistus minutus</i>	137	0,30 ± 0,32	185 ± 255	174	0,28 ± 0,43	167 ± 339	132	2,23 ± 3,34	1263 ± 2000	80	13,38 ± 11,16	6623 ± 6831	110	2,22 ± 2,17	857 ± 863
Steinbutt	<i>Scophthalmus maximus</i>	9	0,00 ± 0,00	1 ± 0									2	0,00 ± 0,00	2 ± 1	
Froschdorsch	<i>Raniceps raninus</i>												2	0,00 ± 0,00	1 ± 0	
Vierbärtelige Seezunge	<i>Rhinonemus cimbricus</i>	1	0,01	1	1	0,02	2						6	0,02 ± 0,02	1 ± 0	
Glattbutt	<i>Scophthalmus rhombus</i>				2	0,02 ± 0,01	1 ± 0									
Seezunge	<i>Solea solea</i>	5	0,01 ± 0,01	1 ± 1	15	0,01 ± 0,01	2 ± 2	56	0,05 ± 0,09	9 ± 10	14	0,03 ± 0,01	4 ± 3	1	0,01	1
Seestichling	<i>Spinachia spinachia</i>	22	0,02 ± 0,01	3 ± 2	2	0,01 ± 0,00	1 ± 0						10	0,01 ± 0,00	1 ± 0	
Sprotte	<i>Sprattus sprattus</i>	129	0,41 ± 0,67	125 ± 214	172	0,45 ± 0,76	141 ± 256	9	0,03 ± 0,04	6 ± 7	46	0,04 ± 0,03	15 ± 16	106	0,05 ± 0,07	18 ± 27
Kleine Seenadel	<i>Syngnathus rostellatus</i>	61	0,00 ± 0,00	2 ± 2	102	0,00 ± 0,00	5 ± 12	94	0,05 ± 0,07	61 ± 107	73	0,03 ± 0,04	86 ± 101	77	0,01 ± 0,02	11 ± 27
Seebull	<i>Taurulus bubalis</i>				2	0,01 ± 0,00	1 ± 0									
Holzmakrele	<i>Trachurus trachurus</i>							75	0,05 ± 0,09	15 ± 27	1	0,02	2			
Roter Knurrhahn	<i>Trigla lucerna</i>				18	0,11 ± 0,16	5 ± 3	4	0,01 ± 0,00	4 ± 2	4	0,01 ± 0,00	4 ± 2	1	0,00	1
Aalmutter	<i>Zoarces viviparus</i>	39	0,03 ± 0,04	2 ± 1	88	0,04 ± 0,03	2 ± 2	2	0,03 ± 0,00	3 ± 1	7	0,08 ± 0,06	4 ± 1	48	0,03 ± 0,04	2 ± 2

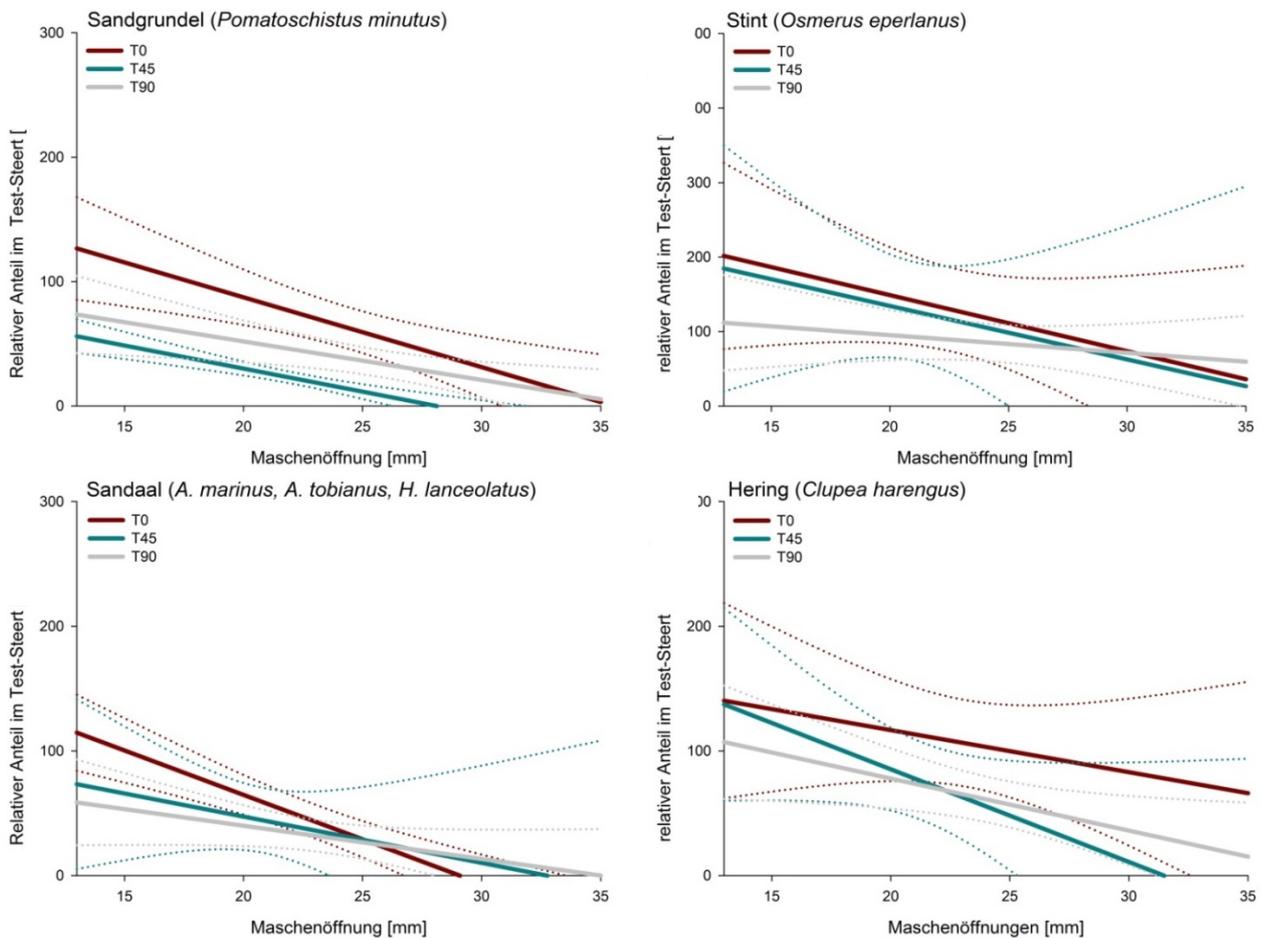




## 8.1 Effekt der Maschenöffnung auf Rundfische

Die für Rundfische exemplarisch aufgeführten Arten Hering, Sandaal (drei Arten zusammengefasst), Sandgrundel und Stint zeigen deutliche Abnahmen in den Fängen mit zunehmenden Maschenöffnungen (Abbildung 33). Bei Maschenöffnungen  $>30$  mm sind diese Arten annähernd gänzlich aus den Fängen verschwunden. Es zeigt sich zudem, dass für die ausgewählten Rundfischarten die Steerte mit Maschengeometrien T45 und T90 grundsätzlich weniger Beifang zurückhalten, als vergleichbare T0-Maschen mit gleichen Maschenöffnungen. Vor allem die Daten für die Sandgrundel, die praktisch auf allen Fahrten und in jedem Hol vorhanden waren, liefern gute Ergebnisse mit engen Vertrauensbereichen. Bei den Arten Hering und Stint deuten die größeren Vertrauensbereiche hingegen auf eine höhere Varianz in den Daten hin. Hier zeigt sich die durch saisonale Unterschiede und variierende Fangmengen auftretende Variabilität zwischen einzelnen Hols.

**Abbildung 33:** Relativer Gewichtsanteil [%] ausgewählter Rundfischarten bei gegebener Steertmaschenöffnung für verschiedene Maschenausrichtungen. Als Referenz diente in allen Fällen der Steert T0 11. Die durchgezogenen Linien entsprechen Mittelwert, gestrichelte Linien begrenzen die 95%-Konfidenzintervalle des jeweiligen Mittelwertes. Getestet wurden Steerte mit den Maschenformen T0 (rot), T45 (grün) und T90 (grau) für die Arten Sandgrundel, Stint, Sandaale und Hering (von links oben nach rechts unten). Ist der Fang im jeweiligen Test-Steert gleich dem Fang im Referenz-Steert, so beträgt der relative Fang 100%. Ein Wert von 50% entspricht einer Halbierung des Fanges.

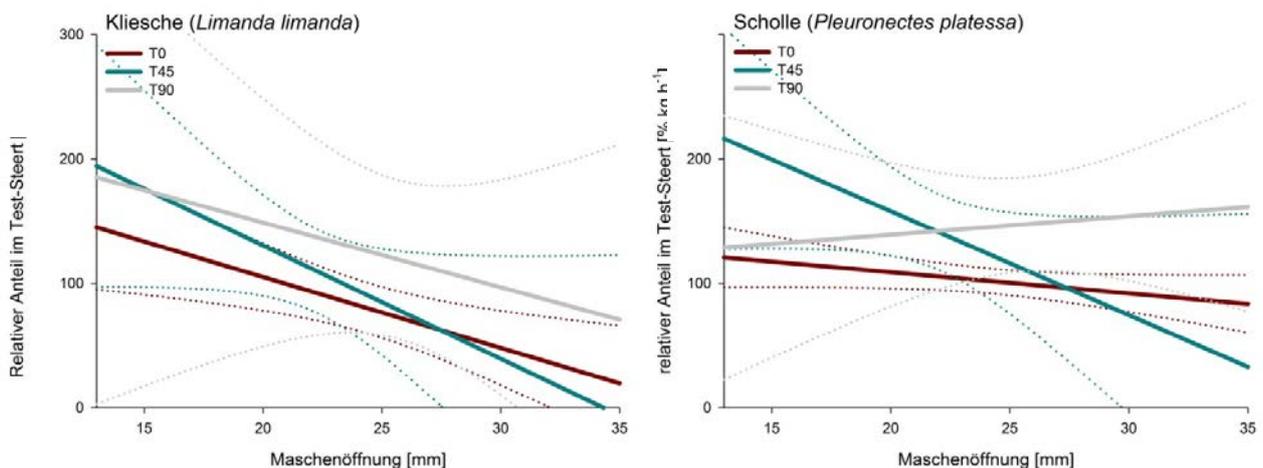


Größere Maschenöffnungen führen bei Rundfischen grundsätzlich zu reduzierten Beifangmengen. Im Vergleich zum Standard-Steert T0 20 ist mit zunehmender Maschenöffnung eine teils deutliche Reduktion des Beifangs von Rundfischen zu erwarten. Außerdem sollten zur Reduktion von Rundfischen Steerte T45 oder T90-Maschen verwendet werden, da diese Steerte Rundfische besser selektieren als Steerte gleicher Maschenöffnungen mit den traditionell verwendeten Raunetzen (T0).

## 8.2 Effekt der Maschenöffnung auf Plattfische

Wie auch für die Rundfische zeigt sich ebenfalls eine Abnahme in den Fangmengen für Plattfische, wenn mit Steerten größerer Maschenöffnungen gefischt wird (Abbildung 34). Exemplarisch dargestellt sind die Ergebnisse für Kliesche und Scholle, da diese Arten während der Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ regelmäßig in den Fängen auftraten.

**Abbildung 34:** Relativer Gewichtsanteil [%] ausgewählter Plattfischarten bei gegebener Steertmaschenöffnung für verschiedene Maschenausrichtungen. Als Referenz diente in allen Fällen der Steert T0 11. Die durchgezogenen Linien entsprechen Mittelwert, gestrichelte Linien begrenzen die 95%-Konfidenzintervalle des jeweiligen Mittelwertes. Getestet wurden Steerte mit den Maschenformen T0 (rot), T45 (grün) und T90 (grau) für die Arten Kliesche und Scholle (von links nach rechts). Ist der Fang im jeweiligen Test-Steert gleich dem Fang im Referenz-Steert, so beträgt der relative Fang 100%. Ein Wert von 50% entspricht einer Halbierung des Fanges.



Für die Kliesche ist die Abnahme mit zunehmender Maschenöffnung für alle Maschenformen sehr deutlich, während für die Scholle lediglich die Steerte mit T0- und T45-Maschen eine Reduktion der Fangmengen mit zunehmender Maschenöffnung aufzeigen. Die Steerte mit T90 Maschen zeigen hingegen einen leichten Trend hin zu steigenden Fangmengen mit zunehmenden Maschenöffnungen. Weite Vertrauensbereiche für beide Plattfischarten deuten allerdings auf eine hohe Variabilität in den Fangdaten hin. Dennoch ist ein klarer Trend zu beobachten, dass, wie im Falle der Rundfische, auch bei Plattfischen die Verwendung größerer Maschenöffnungen zu reduzierten Beifängen führt. Im Gegensatz zu den Rundfischen zeigen die Ergebnisse allerdings, dass für Plattfische die Verwendung von T0-Maschen bessere Ergebnisse erzielt, als Steerte mit T45 und T90 Maschen mit vergleichbaren Maschenöffnungen. Dies ergibt sich aus der für Plattfische besseren Selektion der gestreckten Maschenform von T0-Steerten.

## 9 Selektionsberechnungen für Beifangarten

### 9.1 Zusammenfassung

In diesem Kapitel wird die Größenselektion verschiedener Beifangarten untersucht, bzw. der Frage nachgegangen, welchen Einfluss Maschengröße und Maschenform auf die Fangeffizienz des jeweiligen Steertes für verschiedene Beifangarten hat. Dazu gehören folgende Aspekte:

- Darstellung der Ergebnisse des Fangvergleichs zwischen Referenz-Steert (T0 11mm) und Test-Steert für die einzelnen Fischarten (Kapitel 7.3 bis 9.10)
- Berechnung von Selektionsparametern für die im Rahmen der Forschungsfahrten durchgeführten Hols für die ausgewählte Fischarten (Kapitel 7.3 bis 9.10)
- Modellierung der Fangeffizienz für ausgewählte Arten in Abhängigkeit vom verwendeten Steert (Kapitel 7.3 bis 9.6)

Für viele Beifangarten reichte die Anzahl der während der Forschungsreisen gefangenen Individuen nicht aus, um adäquate Aussagen zur Größenselektion zu treffen. Nur für wenige Arten konnten entsprechende Berechnungen überhaupt durchgeführt werden (v.a. Kliesche, Scholle, Sandgrundel, Steinpicker). Für diese Arten zeigt sich, wie zu erwarten, dass eine Erhöhung der Maschengröße den Beifang zum Teil stark verringern kann. Es konnte ebenfalls gezeigt werden, dass auch der Maschentyp (T0, T45, T90) einen bedeutenden Effekt auf den Fang von Beifangarten haben kann. Bei dem Plattfisch Kliesche (*Limanda limanda*) förderten T0-Steerte das Entkommen, während die mehr offen stehenden Maschen (T90 und insbesondere T45) zu höheren Beifängen führen. Im Gegensatz dazu reduzierten T90 und T45 –Steerte die Beifänge von Rundfischen (Sandgrundel und Steinpicker).

### 9.2 Einleitung

Garnelenfischereien nutzen weltweit kleinmaschige Netze, um die Fängigkeit für Ihre Zielarten zu gewährleisten. Durch den häufig auftretenden Konflikt aus Garnelen-orientierten Maschengrößen und Längenverteilung von Fischen im Netz haben viele Garnelenfischereien sehr hohe Beifänge (Kelleguer, 2005). Zur Verringerung dieser Beifänge setzt die deutsche Garnelenfischerei Siebnetze ein, die größere Organismen aus dem Netz leiten sollen, bevor sie in den Steert gelangen. Die Wirksamkeit der in der Nordsee angewendeten Selektionseinrichtungen konnte mehrfach gezeigt werden (Revill und Holst, 2004; Graham, 2003). Jedoch ist die Effektivität der Siebnetze variabel und auch stark abhängig von der Populationsstruktur der Fische, die in das Netz gelangen. Zum Beispiel werden kleine Fischarten, bzw. Jungfische größerer Arten kaum durch Siebnetze aussortiert und haben so eine große Chance, in den Steert zu gelangen und als unerwünschter Beifang gefangen zu werden. Aus diesem Grund ist der Beifang von kleinen Individuen verschiedener Fischarten immer noch ein Problem in der Krabbenfischerei.

Obwohl im CRANNET-Projekt hauptsächlich die Steertselektion für die Zielart *Crangon crangon* optimiert werden sollte, ist es von Interesse, welche Auswirkungen die Steertmodifikationen auf den Fischbeifang haben.

Für die Auswertung der *Crangon* – Größenselektion stand ein umfangreicher Datensatz zur Verfügung, bei dem für nahezu jeden Hol eine entsprechende Anzahl *C. crangon* gefangen und gemessen werden konnte. Darüber hinaus wurde in den meisten Fällen auch ein Großteil des Längenbereiches im Fang abgedeckt, für den die Größenselektion eine Rolle spielt. Dadurch war es möglich, für *C. crangon* sehr zuverlässige Ergebnisse zur Größenselektion zu erhalten, wobei dies sogar in den meisten Fällen auf Hol-Niveau möglich war.

Im Gegensatz zu den Fängen von *C. crangon* waren die Fänge (Anzahl) der verschiedenen Beifangarten in der Regel viel geringer und deckten oft nur einen relativ kleinen Längenbereich ab – auch aufgrund des verwendeten Siebnetzes. Gerade für die Analyse sehr enger Längenbereiche wäre eine möglichst hohe Auflösung der Längenmessung (z.B. 0.1cm) optimal. Auf den Seefahrten war es jedoch aus logistischen Gründen nur möglich, die Längen der gefangenen Fische mit einer Auflösung von max. 0.5 cm zu vermessen.

Aus diesen Gründen konnten nur für ausgewählte Arten überhaupt Analysen durchgeführt werden. Die Auswahl der Arten erfolgte nach Kriterien wie Vorkommen im Fang (und damit Datenlage), kommerzielles Interesse in anderen Fischereien und Ihrer Morphologie. Entsprechend werden die Ergebnisse für folgende Arten dargestellt:

- Kliesche (*Limanda limanda*; DAB)
- Scholle (*Pleuronectes platessa*; PLE)
- Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*; OAM)
- Wittling (*Merlangius merlangus*; WHG)
- Sprotte (*Sprattus sprattus*; SPR)
- Hering (*Clupea harrengus*; HER)
- Steinpicker (*Agonus cataphractus*; AFT)

## 9.3 Methode

Zur Untersuchung der Größenselektion ausgewählter Beifangarten wurde zum Teil die gleiche Methodik verwendet, wie für die Untersuchung der Größenselektion von *C. crangon* (siehe Kapitel 7, insbesondere hier die Einführung zur „Paired Gear“ Methode). Jedoch war es selbst für die ausgewählten Arten aufgrund der Datenlage nicht möglich, alle für *Crangon crangon* durchgeführten Berechnungen und Analysen durchzuführen. Die Hauptunterschiede sind, dass

- a) auf die Darstellung der Ergebnisse einzelner Hols (vergleiche Kapitel 7.1 für *Crangon crangon*) verzichtet werden musste
- b) nur für 4 Arten (Kliesche, Scholle, Sandgrundel und Steinpicker) weitergehende Modelle berechnet werden konnten, wobei es aufgrund der unzureichenden Datenlage notwendig war, diese verallgemeinernde Auswertungen auf Fanganteile im Test-Steert zu beschränken

Dementsprechend werden folgende Analysen für die Beifangarten durchgeführt und deren Ergebnisse dargestellt:

### 9.3.1 Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols

Im ersten Schritt wurden alle Hols, die mit einem Steert-Typ gemacht wurden, zusammenfassend analysiert. Es ist hinreichend bekannt, dass die Selektion und damit auch die Selektionskurven von verschiedenen unkontrollierbaren Faktoren beeinflusst werden, die eine starke Zwischen-Hol-Variation und damit Streuung um den Mittelwert verursachen können. Solche Variationen können nach dem Zusammenfassen der Daten nicht mehr berücksichtigt werden. Um trotzdem der Zwischen-Hol-Variation Rechnung zu tragen, wurde ein nested Bootstrap Ansatz mit 2.000 Wiederholungen, basierend auf der Methode von Millar (1993) für nicht-parametrische Selektionskurven, benutzt. Damit ist es möglich, für die ermittelten Kurven Vertrauensbereiche zu ermitteln. Eine detaillierte Beschreibung der angewendeten doppelten Bootstrap Prozedur findet sich im Anhang (Kapitel 15).

### 9.3.2 Modellansatz zur Modellierung der Fangeffizienz im Test-Steert

Bedingt durch die unzureichende Datenlage auf Holniveau konnten die Selektionsparameter für die Einzelhols nicht berechnet werden (s.o.). Dadurch war es ebenfalls nicht möglich, die empirischen Modelle anzuwenden, die zuvor für *C. crangon* genutzt wurden, um i) den Effekt von Maschengröße und anderen Faktoren auf die Größenselektion von *C. crangon* zu untersuchen, und ii) Modelle zu entwickeln, die es möglich machen, die Größenselektion für verschiedene Maschengrößen und Steerttypen (Maschengemetrien) vorherzusagen.

Aus diesem Grund wurde ein alternativer Modellansatz gewählt, um den Effekt von Maschengröße und Maschenorientierung auf den Fang verschiedener Fischarten im Test -Steert zu untersuchen. Dieser Modellansatz ist ähnlich der von Holst und Revill (2009) vorgeschlagenen Methode und nutzt die Anzahl an Individuen in jedem Steert, um die relative Fangeffizienz des Test-Steertes zu bestimmen. Für jede der untersuchten Arten wird der Fanganteil im Test-Steert am Gesamtfang des Hols  $i$  definiert als:

$$CC_i = \frac{n_{i,test}}{n_{i,test} + n_{i,ref}} \quad (1)$$

Hierbei ist  $n_{i,test}$  die Anzahl an Fischen (einer Art), die im Test-Steert im Hol  $i$  gefangen wurden und  $n_{i,ref}$  ist die Anzahl von Fischen im Referenz-Steert (T0 11 mm). Es ist ersichtlich, dass der Fanganteil im Test-Steert ( $CC$ ) nur Werte zwischen 0 und 1 annehmen kann. Ein Wert von  $CC=0.5$  bedeutet einen gleichen Fang in beiden Steerten (Test-Steert und Referenz-Steert). Bei Werten  $CC < 0.5$  war der Fang im Test-Steert kleiner als im Referenz-Steert und größer bei  $CC > 0.5$ . Wie in den vorangegangenen Analysen gehen wir davon aus, dass die Anzahl von Fischen im Test-Steert einer binomial Verteilung folgt,

$$n_{test} \sim \text{Binom}(n_{total}, CC) \quad (2)$$

t-Steert abhängt vom Steert-Design (Maschengröße und Maschenorientierung) und Eigenschaften der Fische (Fischlänge). Aus diesem Grund folgt aus (2):

$$n_{test} \sim (n_{total}, CC(X)) \quad (3)$$

Hierbei ist  $X$  die Matrix der Kovariaten. Wie in den zur Analyse der *Crangon*-Selectionsdaten genutzten Methoden wird die logit link Funktion verwendet, um  $CC$  zu linearisieren:

$$\text{logit}(\text{Odds}(CC(X))) = \log\left(\frac{CC(X)}{1-CC(X)}\right) \quad (4)$$

$X$  beinhaltet folgende erklärende Variablen und zugehörige Koeffizienten:

$$X = \beta_0 + \beta_1 T45 + \beta_2 T90 + \beta_3 ms + \beta_4 L + \beta_5 L^2 + \beta_6 ms * L + \beta_7 T45 * ms + \beta_8 T90 * ms + \beta_9 T45 * L + \beta_{10} T90 * L + b_1 * cruise + b_2 * haul + b_3 * L \quad (5)$$

T45	Effekt des Drehens der Masche um 45°
T90	Effekt des Drehens der Masche um 90°
ms	Maschengröße
L	Fischlänge
L <sup>2</sup>	Fischlänge <sup>2</sup>
cruise	Seereise
haul	Hol
...*...	Interaktions-Term

Hierbei sind  $\beta = \beta_1, \dots, \beta_7$  die Koeffizienten der erklärenden Variablen und  $b = b_1, \dots, b_3$  sind die zu den Zufallseffekten gehörigen Koeffizienten. Reise, Hol und Fischlänge werden als Zufallseffekte in die Analyse aufgenommen, da sie verschiedene Stufen der Beprobung repräsentieren.

Generalized Linear Mixed Modelling (GLMM) wurde angewandt, um das vollständige Modell (5) zu berechnen. Hierbei wurde das in R (R Core Team, 2013) verfügbare lme4 Package (Bates et al, 2013) genutzt. Die Auswahl des besten Sub-Modells (abgeleitet aus (5)) erfolgte mithilfe des R package MuMIn. Die in diesem Package enthaltene Modifikation des Akaike's Information Criterion (AIC) für Zähldaten mit Overdispersion - das sogenannte QAIC - wurde genutzt, da in den Daten Overdispersion gefunden wurde.

Das beste Modell für jede der untersuchten Arten wurde verwendet, um eine Fangvergleichskurve zu berechnen:

$$CC(X) = \frac{\exp(X)}{1 + \exp(X)} \quad (6)$$

Diese Fangvergleichskurve (6) gibt jedoch nicht den Anteil wieder, mit der ein Fisch, im Vergleich zum Referenz-Steert, im Test-Steert gefangen würde. Um diese Frage zu beantworten, wird (6) in eine Fangraten-Kurve (catch ratio curve) abgewandelt:

$$CR(X) = \frac{CC(X)}{1 - CC(X)} \quad (7)$$

Gleichung (7) kann nun genutzt werden, um zu untersuchen, welchen Effekt der Einsatz eines speziellen Steertdesigns im Vergleich zum Referenz-Steert hat. Hierbei wird angenommen, dass der Referenz-Steert die Population der Fischart widerspiegelt, die durch das Siebnetz in den Steert gelangen und dort der Größenselektion unterliegen.  $CR(X) = 1$  bedeutet, dass im Test-Steert keine Beifangreduktion erfolgt. Je geringer der Wert von  $CR(X)$  ist, desto größer ist die jeweilige Beifangreduktion. Zum Beispiel bedeutet  $CR(X) = 0.4$ , dass der entsprechende Steert eine Fangeffizienz von 40% im Vergleich zum Referenz-Steert hat, was einer Beifangreduktion von 60% entspricht. Dementsprechend ist es möglich mit Hilfe des  $CR(X)$  verschiedene Steerte hinsichtlich Ihrer Effizienz zu vergleichen Beifang zu reduzieren.

Da im Rahmen dieser Untersuchung vor allem untersucht werden sollte, wie das Steert-Design die relative Fangeffizienz für verschiedene Fischarten beeinflusst, wurde die relative Fangeffizienz nur für verschiedene Maschenöffnungen und Maschenkonfigurationen (T0, T90, T45) dargestellt. Die Fischlänge wurde für die Darstellung konstant auf die mittlere Länge der während der Forschungsfahrten im Referenz-Steert gefangenen Tiere dieser Art gesetzt.

## 9.4 Kliesche (*Limanda limanda*)

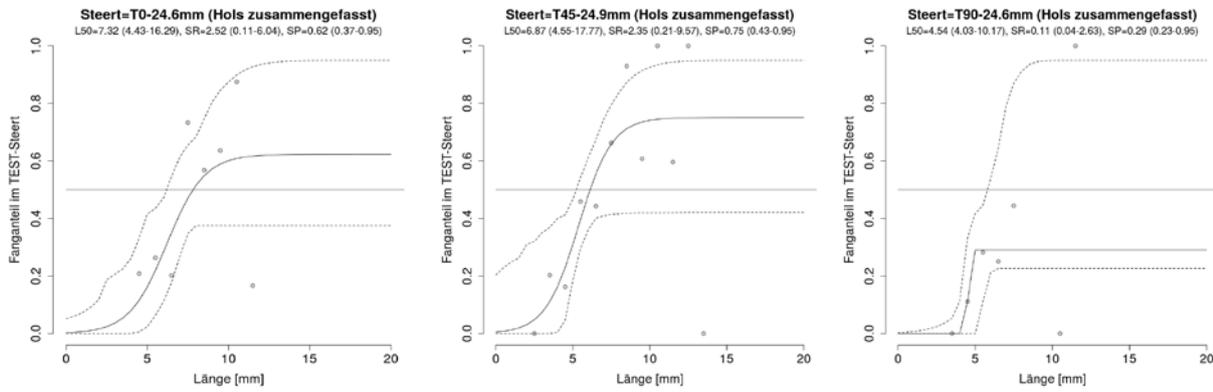
Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, ergibt sich aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) für Kliesche nur bedingt möglich ist. Dies zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 35) und den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 21).

Für die meisten Steerttypen liegt der Splitfaktor (SP) nahe am Wert 0.5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0.5 mit ein. Dementsprechend gab es bei den großen Längenklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert. Trotz der Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter zeigt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 36) für alle Maschentypen (T0, T45, T90) die erwartete Zunahme der L50-Länge.

Bei der Modellierung der Fangeffizienz im Test-Steert für Kliesche waren die Maschenkonfiguration (T45, T90), Fischlänge, Maschenöffnung sowie die Interaktion von Fischlänge und Maschenöffnung im finalen Modell enthalten (Tabelle 22).

Die für Abbildung 37 genutzte Referenzlänge (mittlere Länge im Fang) betrug 5 cm. Wie zu erwarten, ist die Fangreduktion für die T0-Steert am Größten, da diese Maschenform gut für Plattfische geeignet ist. Der Fanganteil ist bei T45-Steerten am höchsten (d.h. die Beifangreduktion am Geringsten, Abbildung 37). Bei allen drei Maschenkonfigurationen kann der Beifang erwartungsgemäß durch eine Maschenvergrößerung reduziert werden. Bei T0-Steerten bedeutet dies, dass bei 20 mm Maschenöffnung 40% der in den Steert gelangenden Fische gefangen werden. Bei einer Vergrößerung der Maschenöffnung auf 25 mm nur noch 16%. Das entspricht einer Beifangreduktion im Vergleich zum T0 20 mm-Steert um mehr als 60%. Bei T0 28 mm beträgt die Beifangreduktion sogar 75% im Vergleich zu T0 20 mm (Abbildung 37).

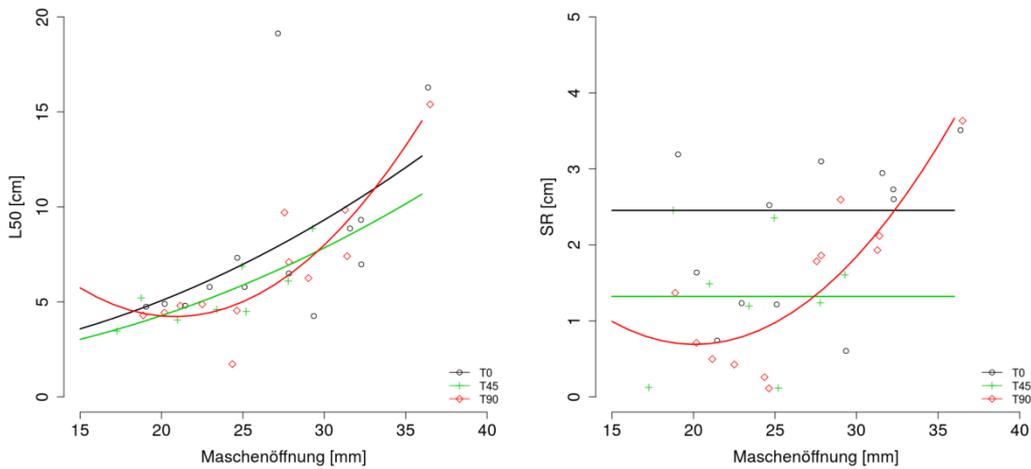
**Abbildung 35:** Kliesche: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 21) findet sich im Kapitel 16.1.1.



**Tabelle 21:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion der Kliesche (*Limanda limanda*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	3.152	-0.490-38.651	4.748	0.000-70.365	6.344	0.200-151.407	3.191	0.195-98.739	0.500	0.291-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	4.077	3.522-9.096	4.896	4.248-12.157	5.714	4.652-15.335	1.637	0.645-5.993	0.560	0.481-0.889
T0-20mm	T0-21.4mm	4.433	3.755-7.943	4.804	4.000-9.287	5.175	4.232-10.588	0.742	0.106-2.734	0.617	0.460-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	5.172	3.690-7.633	5.788	4.079-8.620	6.404	4.379-9.601	1.233	0.100-2.485	0.499	0.150-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	6.061	3.567-13.350	7.323	4.433-16.295	8.585	4.514-19.281	2.524	0.106-6.041	0.623	0.375-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	5.178	4.503-13.312	5.786	4.602-15.458	6.394	4.658-17.609	1.217	0.095-4.662	0.388	0.262-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	16.195	-131415.358-847095.504	19.131	6.889-1066817.961	22.067	8.994-1286540.419	5.871	2.064-439444.915	0.950	0.050-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	4.949	0.697-18.650	6.499	0.935-23.576	8.049	1.093-28.611	3.099	0.206-9.857	0.480	0.255-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	3.956	3.563-57.400	4.259	3.633-77.752	4.561	3.688-91.985	0.605	0.045-28.466	0.068	0.054-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	7.393	4.649-50.752	8.866	5.110-74.162	10.338	5.401-85.336	2.945	0.556-23.128	0.217	0.050-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	7.957	6.107-13.993	9.322	7.019-16.424	10.687	7.909-18.854	2.730	1.430-4.914	0.695	0.448-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.675	3.914-14.201	6.976	4.211-16.687	8.277	4.467-19.270	2.601	0.112-5.323	0.433	0.193-0.950
T0-34mm	T0-36.4mm	14.531	7.578-20.093	16.286	8.243-22.721	18.041	8.965-25.352	3.510	1.252-5.608	0.950	0.277-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	3.408	1.644-10.196	3.470	1.770-13.074	3.532	1.877-16.065	0.124	0.039-6.147	0.496	0.422-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	3.980	2.846-9.055	5.208	3.517-11.588	6.437	3.581-14.128	2.456	0.110-5.167	0.674	0.462-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	3.309	1.542-20.081	4.054	1.724-28.257	4.798	1.838-36.558	1.489	0.042-17.351	0.538	0.385-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	4.004	2.777-5.345	4.602	3.542-6.594	5.200	3.662-8.172	1.196	0.102-3.080	0.363	0.271-0.645
T45-24mm	T45-24.9mm	5.694	3.515-13.599	6.871	4.554-17.767	8.048	4.684-21.901	2.354	0.210-9.571	0.751	0.428-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	4.436	1.742-14.538	4.494	1.893-18.225	4.552	2.049-21.962	0.117	0.041-8.023	0.492	0.438-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	5.479	4.743-9.291	6.098	5.134-10.494	6.716	5.474-11.719	1.238	0.472-2.361	0.432	0.249-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	8.070	4.715-11.858	8.872	5.387-13.614	9.675	5.603-15.695	1.605	0.379-4.220	0.905	0.313-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.606	1.629-13.134	4.290	1.760-18.350	4.975	1.866-23.469	1.369	0.122-10.017	0.609	0.489-0.950
T90-20mm	T90-20.2mm	4.079	3.559-4.976	4.434	3.647-5.945	4.790	3.701-7.120	0.711	0.095-2.867	0.376	0.289-0.683
T90-20mm	T90-21.1mm	4.550	1.741-4.866	4.798	1.858-5.200	5.047	1.976-5.611	0.497	0.091-1.348	0.397	0.258-0.607
T90-22mm	T90-22.5mm	4.661	4.177-8.425	4.875	4.466-9.605	5.088	4.552-10.812	0.427	0.091-2.480	0.634	0.340-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	1.595	-0.208-12.689	1.725	0.163-17.296	1.854	0.363-21.655	0.260	0.065-10.645	0.577	0.479-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	4.486	4.006-8.943	4.542	4.032-10.167	4.597	4.059-11.396	0.112	0.043-2.627	0.290	0.227-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	8.810	5.471-10.770	9.702	5.555-12.416	10.594	5.628-13.842	1.785	0.105-3.237	0.950	0.226-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	6.166	2.059-17.717	7.097	2.197-22.033	8.027	2.332-26.392	1.861	0.112-8.676	0.704	0.291-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	4.956	-0.071-55.626	6.253	0.000-70.261	7.551	3.447-114.270	2.595	0.053-39.388	0.307	0.087-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	8.876	5.536-11.665	9.841	5.588-13.127	10.806	5.651-14.560	1.930	0.099-2.999	0.862	0.366-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	6.348	3.843-23.153	7.407	3.940-29.447	8.467	3.977-35.281	2.118	0.048-10.245	0.391	0.052-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	13.579	-0.218-90.951	15.396	0.000-44981.860	17.212	0.121-264704.317	3.633	0.121-439444.915	0.950	0.050-0.950

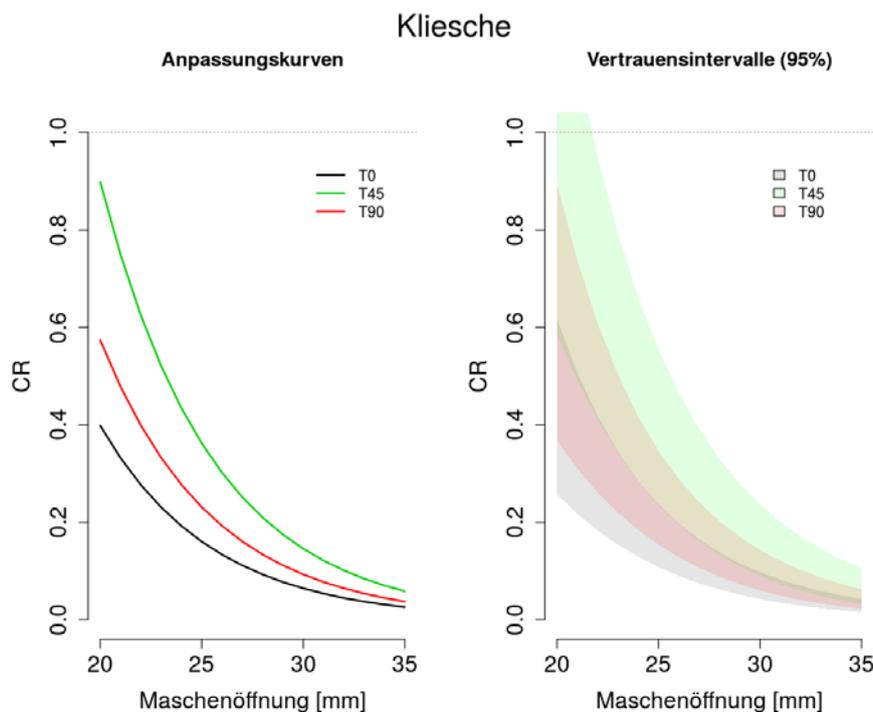
**Abbildung 36:** Kliesche: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 21 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf die Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



**Tabelle 22:** Kliesche: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.

		Coefficient	Value	SE	z value	P-value
Fixed effects	(Intercept)	$\beta_0$	2.8671	0.6824	4.2016	<0.0001
	T45	$\beta_1$	0.8134	0.1819	4.4709	<0.0001
	T90	$\beta_2$	0.3648	0.1620	2.2518	0.0243
	ms	$\beta_3$	-0.3078	0.0257	-11.9972	<0.0001
	L	$\beta_4$	0.0783	0.0881	0.8891	0.3739
	L <sup>2</sup>	$\beta_5$	-0.0210	0.0023	-8.9977	<0.0001
	ms*L	$\beta_6$	0.0245	0.0033	7.3586	<0.0001
			SD			
Random effects	cruise	$b_1$	0.3192			
	haul	$b_2$	0.8796			

**Abbildung 37:** Fanganteil von Klieschen im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Unterteilt für die drei Maschentypen Standardmasche (T0), gedrehte Masche (T90) und Quadratmasche (T45). Zur vereinfachten Darstellung wird eine Längenabhängigkeit nicht betrachtet, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (5 cm).



## 9.5 Scholle (*Pleuronectes platessa*)

Wie bereits im vorherigen Kapitel beschrieben, ergibt sich auch bei der Scholle aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) nur bedingt möglich ist. Dies zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 38) und den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 23).

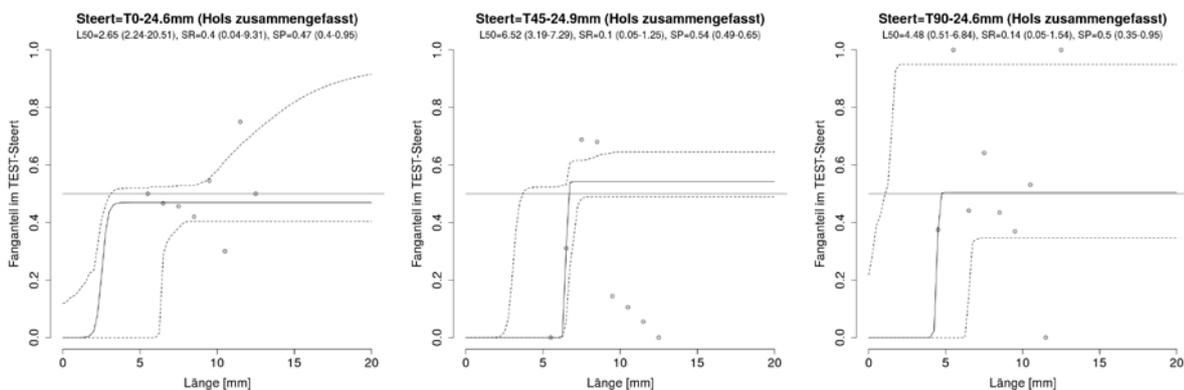
Für die meisten Steerttypen liegt der Splitfaktor (SP) nahe am Wert 0,5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0,5 mit ein. Dementsprechend gab es bei den großen Längenklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert. Trotz der Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter zeigt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 39) zumindest für T0 und T90-Steerte die erwartete Zunahme der L50-Länge.

Bei der Modellierung der Fangeffizienz im Test-Steert für die Scholle waren Fischlänge, Maschenöffnung, sowie die Interaktion von Fischlänge und Maschenöffnung im finalen Modell enthalten (Tabelle 24).

Die für Abbildung 40 genutzte Referenzlänge (mittlere Länge im Fang) betrug 8 cm. Im Gegensatz zur Kliesche ist die Maschenkonfiguration (T45, T90) bei der Scholle im finalen Modell nicht berücksichtigt (noch in den nächstplatzierten Modellen). Darüber hinaus zeigt

Abbildung 40 nur eine geringe Abnahme der Fangeffizienz bei zunehmender Maschengröße. Das steht im Gegensatz zu den Ergebnissen für die Kliesche. Ein Grund hierfür ist, dass in Abbildung 40 eine größere Referenz-Längenklasse für Schollen (8 cm) als für Klieschen (Abbildung 37; 5 cm) genutzt wurde. Wird zur Berechnung des Effekts der Maschengröße auf die Fangeffizienz für Scholle ebenfalls eine Referenzlänge von 5 cm verwendet, so beträgt die Reduktion im Beifang bei einem T0 25 mm-Steert ca. 30% im Vergleich zum Standard-Steert T0 20 mm. Darüber hinaus reduziert eine weitere Vergrößerung der Maschen auf T0 28 mm den Beifang von Schollen um ca. 45% im Vergleich zu T0 20 mm.

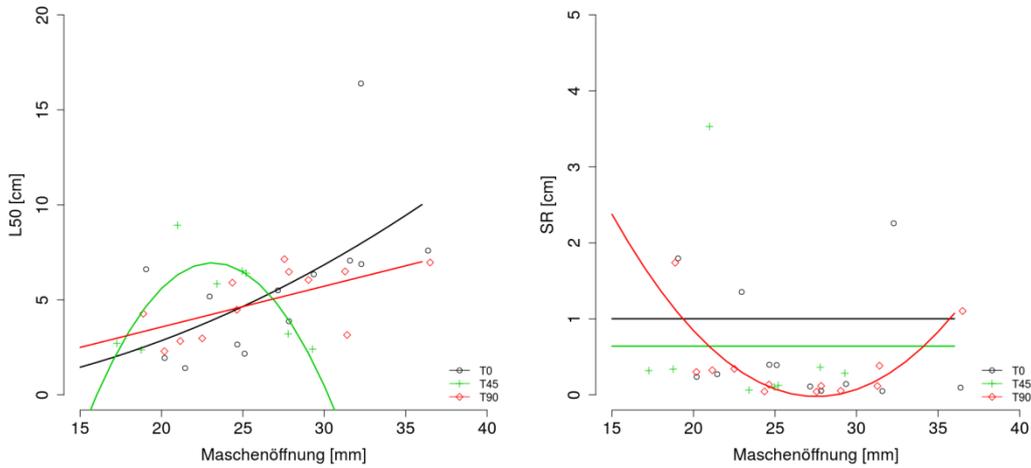
**Abbildung 38:** Scholle: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 23) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.2).



**Tabelle 23:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion der Scholle (*Pleuronectes platessa*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.714	2.435-11.711	6.613	2.603-13.746	7.511	2.778-15.885	1.797	0.031-4.276	0.569	0.460-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	1.823	-0.267-4.819	1.942	0.000-4.845	2.061	0.068-4.870	0.238	0.043-0.587	0.532	0.488-0.609
T0-20mm	T0-21.4mm	1.274	-0.240-6.162	1.411	0.000-6.384	1.547	0.257-6.683	0.273	0.042-1.905	0.526	0.458-0.560
T0-22mm	T0-22.9mm	4.502	0.343-15.927	5.179	0.598-20.785	5.856	0.854-25.644	1.354	0.045-10.657	0.520	0.471-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	2.452	2.031-16.000	2.651	2.239-20.509	2.849	2.437-25.014	0.397	0.040-9.306	0.469	0.403-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	1.972	-0.308-13.149	2.169	0.000-16.110	2.365	0.346-17.928	0.393	0.280-3.029	0.331	0.133-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	5.448	1.572-9.714	5.503	1.632-11.601	5.558	1.850-13.563	0.110	0.025-3.837	0.666	0.488-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	3.851	0.897-5.337	3.877	1.134-5.485	3.904	1.364-5.834	0.053	0.043-1.299	0.514	0.462-0.566
T0-28mm	T0-29.4mm	6.271	0.802-19.527	6.343	1.202-25.038	6.414	1.530-30.549	0.143	0.055-12.612	0.462	0.407-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	7.041	-0.057-19.741	7.066	0.000-26.625	7.091	0.115-42.772	0.050	0.025-18.664	0.527	0.446-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	13.459	0.224-15.172	16.390	0.540-19.036	19.320	0.873-22.931	5.862	0.248-7.916	0.950	0.443-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.756	0.081-7.554	6.885	0.498-9.213	8.013	0.801-11.175	2.258	0.101-4.525	0.477	0.367-0.637
T0-34mm	T0-36.4mm	7.547	-0.058-8.608	7.595	0.000-9.288	7.642	0.064-13.444	0.096	0.026-3.318	0.709	0.529-0.849
T45-15mm	T45-17.2mm	2.552	1.725-9.113	2.712	1.935-10.536	2.871	2.134-11.868	0.319	0.282-2.730	0.609	0.475-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	2.199	-0.312-6.917	2.369	0.000-8.075	2.538	0.296-9.536	0.339	0.039-4.078	0.633	0.487-0.861
T45-20mm	T45-21.0mm	7.162	1.482-11.770	8.927	1.632-14.607	10.692	1.781-17.580	3.531	0.059-6.144	0.793	0.448-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	5.812	2.719-12.566	5.844	2.899-15.048	5.876	3.083-17.556	0.064	0.032-5.272	0.417	0.319-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	6.471	3.009-6.908	6.523	3.193-7.286	6.575	3.385-7.739	0.104	0.048-1.253	0.541	0.490-0.645
T45-24mm	T45-25.2mm	6.346	2.654-7.397	6.408	2.863-7.545	6.471	3.070-8.370	0.125	0.051-2.156	0.444	0.353-0.579
T45-26mm	T45-27.8mm	3.029	2.662-6.263	3.211	2.847-6.282	3.393	3.034-6.297	0.364	0.025-0.397	0.548	0.497-0.628
T45-28mm	T45-29.3mm	2.270	-0.111-10.321	2.412	0.207-11.915	2.555	0.465-13.833	0.285	0.043-3.263	0.455	0.197-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.404	1.941-16.217	4.274	2.172-21.235	5.143	2.378-26.483	1.739	0.095-10.325	0.536	0.486-0.950
T90-20mm	T90-20.2mm	2.147	0.899-13.988	2.297	1.159-17.599	2.448	1.388-20.954	0.301	0.110-7.553	0.498	0.445-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	2.667	1.878-6.651	2.830	2.129-7.046	2.992	2.325-7.524	0.325	0.055-1.183	0.446	0.371-0.511
T90-22mm	T90-22.5mm	2.803	2.241-6.315	2.975	2.428-6.455	3.147	2.614-6.703	0.343	0.047-1.489	0.445	0.392-0.654
T90-24mm	T90-24.4mm	5.883	2.995-6.991	5.905	3.176-7.057	5.927	3.357-7.450	0.045	0.039-1.477	0.600	0.493-0.767
T90-24mm	T90-24.6mm	4.410	0.186-6.569	4.478	0.513-6.836	4.546	0.861-7.151	0.136	0.045-1.538	0.505	0.346-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.118	-0.059-8.994	7.140	0.000-10.551	7.161	1.016-13.907	0.043	0.026-6.738	0.481	0.383-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	6.416	-0.117-17.655	6.475	0.000-22.491	6.534	0.061-27.636	0.118	0.040-9.982	0.521	0.493-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	6.023	2.797-6.481	6.050	2.997-6.546	6.077	3.193-6.610	0.054	0.047-0.417	0.512	0.435-0.575
T90-30mm	T90-31.3mm	6.439	2.898-13.875	6.497	3.082-16.779	6.556	3.267-19.679	0.116	0.037-5.779	0.494	0.360-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	2.961	-45706.127-24941.925	3.153	0.000-237641.192	3.344	0.054-457363.650	0.383	0.044-439444.915	0.460	0.283-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	6.416	3.012-11.677	6.967	3.183-13.641	7.519	3.364-15.606	1.104	0.055-4.078	0.590	0.312-0.950

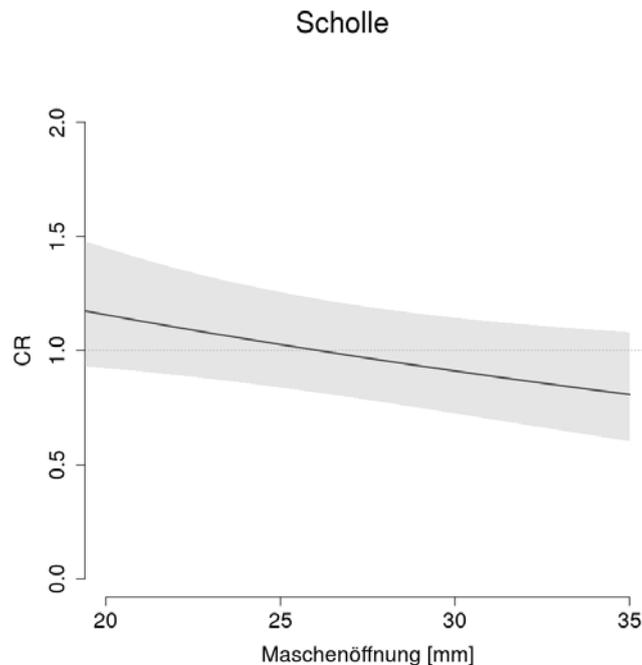
**Abbildung 39:** Scholle: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 23 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf die Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



**Tabelle 24:** Scholle: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.

		Coefficient	Value	SE	z value	P-value
Fixed effects	(Intercept)	$\beta_1$	3.9341	0.8810	4.4656	<0.0001
	ms	$\beta_3$	-0.1625	0.0346	-4.7025	<0.0001
	L	$\beta_4$	-0.4076	0.1003	-4.0645	<0.0001
	ms*L	$\beta_6$	0.0171	0.0039	4.3453	<0.0001
SD						
Random effects	cruise	$b_1$	0.1812			
	haul	$b_2$	0.3962			

**Abbildung 40:** Fanganteil der Scholle im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Eine Unterteilung nach Maschentypen (T0, T90, T45) war hier nicht nötig, da das finale Modell diesen Parameter nicht berücksichtigt hat. Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (8 cm).



## 9.6 Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*)

Wie bereits für Klieschen und Schollen beschrieben, ergibt sich auch bei der Sandgrundel aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Parameter) nur bedingt möglich ist.

Dies zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 41) und den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 25). Für die untersuchten Steerttypen liegt der Splitfaktor (SP) nahe am Wert 0.5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0.5 mit ein. Dementsprechend gab es bei den großen Längensklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert.

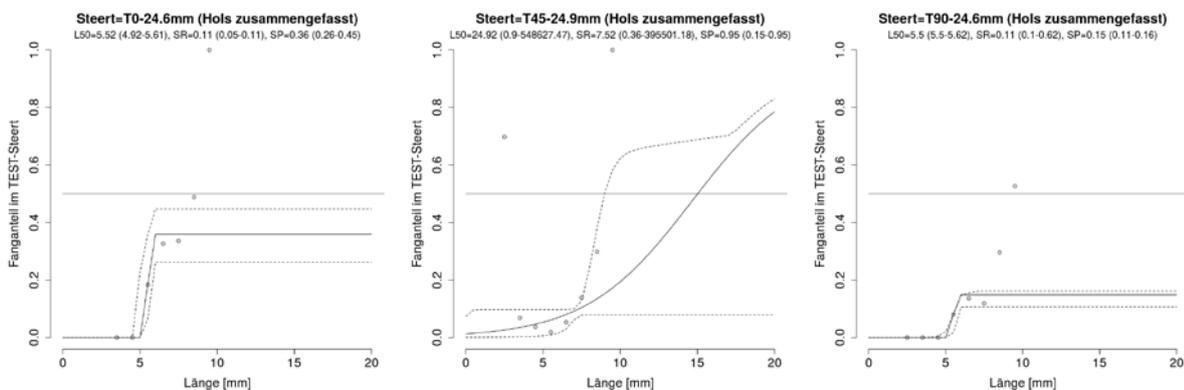
Bedingt durch die unzureichende Datengrundlage und die daraus entstehenden Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter, ergibt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 42) kein klares Bild.

Bei der Modellierung der Fangeffizienz für Sandgrundeln im Test-Steert waren die Maschenkonfiguration (T45, T90), Fischlänge, Maschenöffnung sowie die Interaktionen von Fischlänge und Maschenöffnung mit den Maschenkonfigurationen im finalen Modell enthalten (Tabelle 26).

Die für Abbildung 43 genutzte Referenzlänge (mittlere Länge im Fang) betrug 5.5 cm. Generell ist die Fangeffizienz für alle untersuchten Steerte für Sandgrundel relativ gering (Abbildung 43), d.h. ein Großteil der Sandgrundeln kann selbst in relativ engmaschigen Steerten entkommen. Bei T0-Steerten bedeutet dies, dass bei T0 20 mm nur ca. 20 % der in den Steert gelangenden Sandgrundeln gefangen werden. Durch eine Vergrößerung der Masche auf T0 25 mm kann dieser Beifang um ca. 53 % gegenüber dem Steert T0 20 mm reduziert werden. Bei T0 28 mm beträgt die Beifangreduktion sogar 70 % im Vergleich zu T0 20 mm (Abbildung 43).

Erwartungsgemäß sollte der Querschnitt der Rundfische zu besseren Selektionseigenschaften bei T90 und T45-Maschen führen. Entsprechend wurde eine geringere Fangeffizienz für T90 und T45-Maschen gegenüber der T0-Maschen ermittelt, d.h. der Beifang in T0 Maschen ist meist größer als in T45 und T90 Maschen gleicher Maschengröße (Abbildung 43).

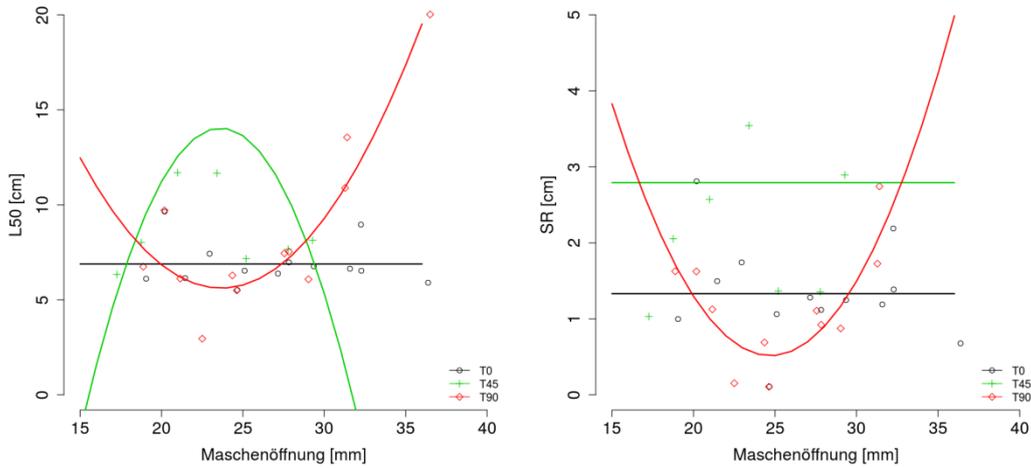
**Abbildung 41:** Sandgrundel: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 25) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.3).



**Tabelle 25:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sandgrundeln (*Pomatoschistus minutus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.614	5.150-6.076	6.113	5.370-6.585	6.612	5.589-7.095	0.998	0.439-1.019	0.378	0.360-0.498
T0-20mm	T0-20.2mm	8.242	5.417-8.584	9.647	6.084-9.790	11.053	6.750-11.047	2.811	1.286-2.835	0.928	0.775-0.949
T0-20mm	T0-21.4mm	5.399	4.974-10.743	6.147	5.167-12.171	6.895	5.359-13.599	1.497	0.385-2.855	0.268	0.197-0.882
T0-22mm	T0-22.9mm	6.559	5.567-9.456	7.431	6.059-10.649	8.302	6.552-11.842	1.743	0.983-2.401	0.551	0.405-0.922
T0-24mm	T0-24.6mm	5.466	4.893-5.559	5.520	4.916-5.608	5.574	4.939-5.658	1.108	0.047-0.108	0.359	0.262-0.447
T0-24mm	T0-25.1mm	6.006	5.135-7.927	6.537	5.434-8.673	7.069	5.734-9.426	1.063	0.100-1.506	0.353	0.266-0.796
T0-26mm	T0-27.1mm	5.747	5.721-8.501	6.387	6.013-9.571	7.028	6.305-10.643	1.281	0.584-2.144	0.121	0.123-0.524
T0-26mm	T0-27.8mm	6.417	6.394-7.176	6.975	6.812-7.902	7.534	7.070-8.629	1.118	0.503-1.478	0.551	0.500-0.706
T0-28mm	T0-29.4mm	6.141	5.431-6.860	6.765	5.673-7.606	7.389	5.915-8.351	1.248	0.471-1.490	0.171	0.099-0.290
T0-30mm	T0-31.6mm	6.046	5.453-6.106	6.641	5.518-6.816	7.236	5.583-7.525	1.190	0.130-1.418	0.111	0.054-0.120
T0-30mm	T0-32.2mm	7.867	6.378-12.420	8.962	6.898-14.008	10.057	7.417-15.596	2.190	1.028-3.176	0.531	0.209-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.841	5.341-5.838	6.535	5.992-6.568	7.229	6.491-7.697	1.388	0.906-2.299	0.336	0.275-0.334
T0-34mm	T0-36.4mm	5.566	5.128-7.900	5.905	5.920-9.393	6.244	6.249-10.926	0.678	0.497-3.093	0.050	0.050-0.175
T45-15mm	T45-17.2mm	5.823	5.744-6.080	6.339	6.100-6.580	6.854	6.451-7.117	1.031	0.669-1.121	0.465	0.469-0.553
T45-18mm	T45-18.8mm	6.994	6.110-10.320	8.021	6.704-11.713	9.048	7.298-13.107	2.054	1.187-2.787	0.670	0.457-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	10.406	10.437-12.329	11.692	11.728-14.120	12.978	13.019-15.912	2.572	2.582-3.728	0.950	0.950-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	9.896	4.469-11.105	11.667	4.523-12.716	13.438	4.576-14.327	3.543	0.106-3.507	0.844	0.139-0.939
T45-24mm	T45-24.9mm	21.160	0.720-350876.877	24.922	0.900-548627.465	28.684	1.080-746378.053	7.524	0.360-395501.176	0.950	0.154-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	6.486	5.945-8.321	7.169	6.603-8.827	7.852	7.261-9.345	1.366	0.984-1.864	0.203	0.160-0.888
T45-26mm	T45-27.8mm	6.987	6.132-12.909	7.665	6.768-14.184	8.342	7.404-15.458	1.355	1.272-2.548	0.211	0.113-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	6.683	6.708-14.452	8.130	8.135-16.421	9.576	9.438-18.390	2.893	2.520-3.937	0.267	0.268-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	5.932	5.831-10.385	6.745	6.460-11.929	7.558	7.089-13.476	1.627	1.254-3.122	0.484	0.425-0.918
T90-20mm	T90-20.2mm	8.897	5.863-9.022	9.710	6.544-9.896	10.522	7.225-10.770	1.624	0.712-1.748	0.950	0.480-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	5.558	5.005-7.347	6.121	5.614-8.480	6.684	6.222-9.614	1.126	1.118-2.267	0.393	0.340-0.769
T90-22mm	T90-22.5mm	2.880	3.436-691019.020	2.957	3.564-888769.840	3.034	3.692-1086520.661	0.153	0.256-395501.641	0.125	0.207-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	5.942	5.514-6.813	6.287	5.569-7.276	6.632	5.625-7.738	0.690	0.111-1.338	0.596	0.498-0.763
T90-24mm	T90-24.6mm	5.446	5.296-5.541	5.499	5.503-5.616	5.552	5.556-5.927	0.106	0.102-0.621	0.148	0.107-0.162
T90-26mm	T90-27.6mm	6.894	5.999-7.889	7.447	6.169-8.453	8.001	6.332-9.017	1.108	0.126-1.128	0.216	0.117-0.440
T90-26mm	T90-27.8mm	7.072	6.476-7.125	7.533	6.818-7.636	7.994	7.160-8.147	0.922	0.587-1.022	0.588	0.474-0.627
T90-28mm	T90-29.0mm	5.646	5.193-11.416	6.083	5.792-12.753	6.521	6.385-14.091	0.874	0.882-2.702	0.208	0.132-0.878
T90-30mm	T90-31.3mm	10.024	7.188-13.032	10.887	7.793-14.438	11.751	8.399-15.843	1.727	1.211-2.811	0.950	0.461-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	12.181	6.185-12.105	13.553	6.905-13.456	14.925	7.622-14.808	2.744	1.435-2.703	0.950	0.203-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	17.393	13.068-26.917	20.022	14.613-31.568	22.651	16.158-36.219	5.258	3.090-9.302	0.950	0.950-0.950

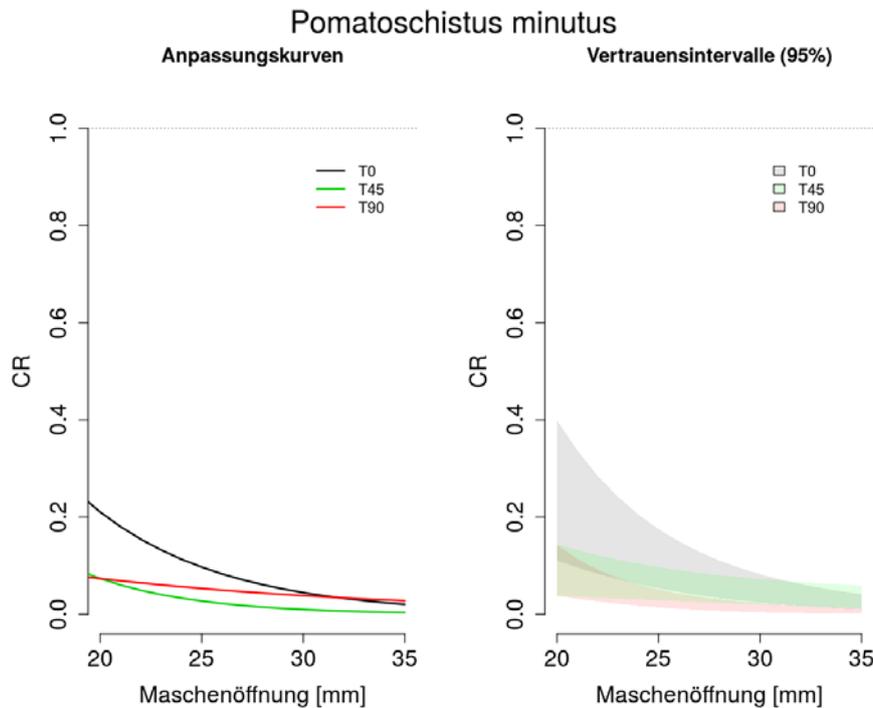
**Abbildung 42:** Sandgrundel: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 25 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



**Tabelle 26:** Sandgrundel: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.

		Coefficient	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
Fixed effects	(Intercept)	$\beta_0$	-2.3299	0.8287	-2.8116	0.0049
	T45	$\beta_1$	-1.3587	1.0717	-1.2677	0.2049
	T90	$\beta_2$	-3.7208	0.8884	-4.1884	<0.0001
	ms	$\beta_3$	-0.1547	0.0207	-7.4892	<0.0001
	L	$\beta_4$	0.6814	0.0922	7.3923	<0.0001
	ms*T45	$\beta_7$	-0.0430	0.0422	-1.0186	0.3084
	ms*T90	$\beta_8$	0.0902	0.0309	2.9166	0.0035
	L*T45	$\beta_9$	0.2059	0.0576	3.5712	0.0004
	L*T90	$\beta_{10}$	0.1530	0.0536	2.8525	0.0043
	Random effects			SD		
cruise		$b_1$	0.4038			
haul		$b_2$	0.8373			
L		$b_3$	0.4787			

**Abbildung 43:** Fanganteil von Sandgrundeln im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (5.5 cm).



## 9.7 Steinpicker (*Agonus cataphractus*)

Wie bereits für die vorangegangenen Arten beschrieben, ergibt sich aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) für den Steinpicker nur bedingt möglich ist. Dies zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 44) und den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 68).

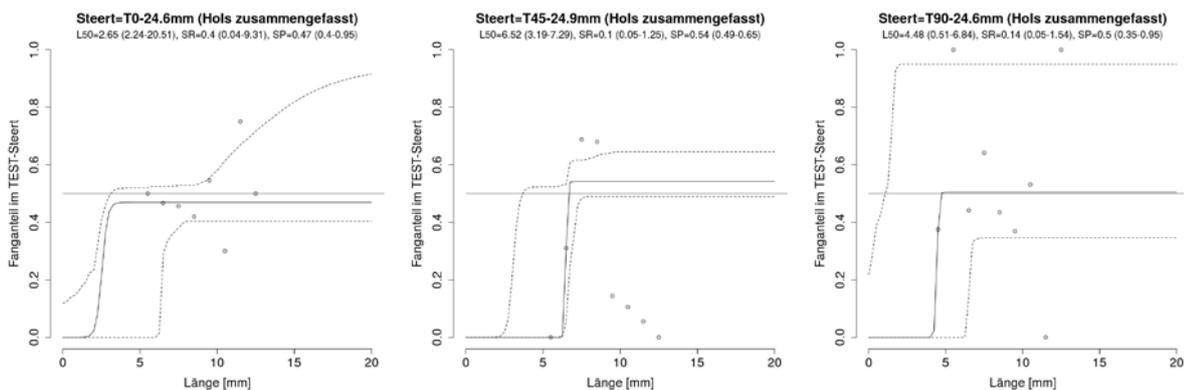
Für die meisten Steertypen liegt der Splitfaktor (SP) nahe am Wert 0.5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0.5 mit ein. Dementsprechend gab es bei den großen Längenklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert.

Bedingt durch die unzureichende Datengrundlage und die daraus entstehenden Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter, ergibt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 45) kein klares Bild.

Bei der Modellierung der Fangeffizienz im Test-Steert für Steinpicker waren neben den Maschenkonfigurationen (T45, T90), Fischlänge und Maschenöffnung auch verschiedene Interaktion von Parametern im finalen Modell enthalten (Tabelle 28).

Die für Abbildung 46 genutzte Referenzlänge (mittlere Länge im Fang) betrug 6.5 cm. U.a. die weiten Vertrauensbereiche in Abbildung 46 zeigen, dass die Modellierung für diese Art nicht optimal ist. Wie zu erwarten, ist die Fangreduktion für die T0-Steert am geringsten, da diese Maschenform für das Entkommen von Rundfischen weniger gut geeignet ist. Die größte Fangreduktion kann mit T45-Steerten erreicht werden (Abbildung 46). Bei allen Maschentypen (T0, T45, T90) führt eine Vergrößerung der Maschen zu einer Beifangreduktion. Bei T0-Steerten bedeutet dies, dass mit einer Vergrößerung der Masche von T0 20 mm auf T0 25 mm der Beifang um ca. 35 % reduziert werden. Bei T0 28 mm beträgt die Beifangreduktion sogar 50 % im Vergleich zu T0 20 mm (Abbildung 46).

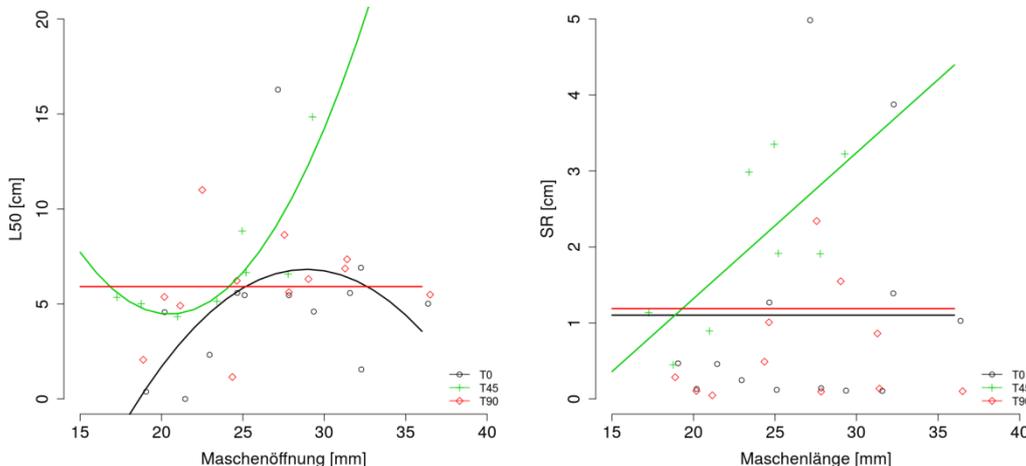
**Abbildung 44:** Steinpicker: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 68) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.4).



**Tabelle 27:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Steinpicker (*Agonus cataphractus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	0.145	-0.249-7.790	0.379	0.000-9.996	0.614	0.295-12.336	0.469	0.038-4.372	0.537	0.474-0.905
T0-20mm	T0-20.2mm	4.503	1.358-5.433	4.568	1.553-5.530	4.634	1.748-6.005	0.132	0.034-1.568	0.542	0.506-0.587
T0-20mm	T0-21.4mm	-0.230	-0.238-16.076	0.000	0.000-21.992	0.230	0.070-27.908	0.460	0.048-11.747	0.432	0.322-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	2.197	-0.269-15.481	2.321	0.000-20.137	2.444	0.267-24.793	0.247	0.048-10.905	0.454	0.413-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	4.951	0.443-11.758	5.585	0.876-14.854	6.220	1.094-17.951	1.269	0.106-7.109	0.550	0.475-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	5.404	2.588-8.475	5.464	2.757-10.297	5.524	2.917-11.909	0.120	0.037-3.864	0.506	0.483-0.905
T0-26mm	T0-27.1mm	13.792	-0.044-764035.337	16.284	0.127-983757.795	18.777	0.357-1203480.252	4.985	0.043-439444.915	0.950	0.158-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	5.392	2.369-13.774	5.463	2.540-18.186	5.533	2.710-22.607	0.141	0.039-9.176	0.526	0.451-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	4.544	-0.058-24.770	4.599	0.000-31.827	4.653	0.117-39.017	0.109	0.024-14.153	0.380	0.247-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	5.522	0.595-1002428.832	5.574	0.790-1222151.290	5.627	0.913-1441873.748	0.106	0.021-439444.915	0.364	0.055-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	6.211	1.679-9.894	6.905	1.945-11.410	7.600	2.092-13.113	1.389	0.363-3.960	0.581	0.390-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	-0.387	-2.033-16.336	1.550	0.000-21.689	3.488	0.076-31.749	3.875	0.047-15.818	0.435	0.362-0.886
T0-34mm	T0-36.4mm	4.499	-0.110-987553.429	5.013	0.000-1207275.887	5.528	0.071-1426998.344	1.028	0.024-439444.915	0.277	0.051-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	4.780	1.716-5451182.227	5.348	1.891-5670904.685	5.916	2.071-5890627.142	1.136	0.043-439444.915	0.497	0.050-0.609
T45-18mm	T45-18.8mm	4.790	-0.178-28.654	5.015	0.000-42.012	5.239	0.119-54.855	0.449	0.039-26.635	0.490	0.412-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	3.883	-0.249-4.814	4.330	0.000-5.441	4.777	0.149-6.181	0.894	0.103-2.288	0.635	0.489-0.753
T45-22mm	T45-23.4mm	3.642	0.018-7.756	5.134	0.166-9.093	6.626	0.402-11.249	2.983	0.031-4.986	0.433	0.297-0.635
T45-24mm	T45-24.9mm	7.166	2.798-10.832	8.841	3.575-13.169	10.516	3.597-15.574	3.350	0.044-5.559	0.827	0.409-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	5.693	2.328-11.224	6.651	2.506-13.118	7.609	2.697-14.902	1.915	0.039-3.936	0.425	0.211-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	5.609	4.282-14.911	6.564	4.464-17.939	7.519	4.521-20.915	1.909	0.106-6.044	0.488	0.354-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	13.226	1.693-18.135	14.838	2.814-21.636	16.450	2.850-25.122	3.225	0.036-7.084	0.950	0.174-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	1.918	0.332-5.354	2.061	0.570-5.409	2.203	0.808-5.466	0.285	0.039-0.510	0.537	0.493-0.660
T90-20mm	T90-20.2mm	5.318	2.456-6.334	5.370	2.661-7.304	5.423	2.821-8.707	0.105	0.036-4.060	0.385	0.331-0.590
T90-20mm	T90-21.1mm	4.887	2.304-5.579	4.911	2.456-6.298	4.935	2.617-7.253	0.047	0.040-1.978	0.459	0.350-0.709
T90-22mm	T90-22.5mm	7.380	-0.186-13.294	11.001	0.000-20.062	14.622	0.088-28.304	7.242	0.090-13.603	0.872	0.542-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	0.908	-0.308-10.087	1.153	0.000-13.322	1.398	0.358-16.348	0.490	0.030-6.609	0.621	0.509-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	5.717	4.586-13.536	6.221	5.137-15.877	6.725	5.267-18.379	1.008	0.038-5.564	0.515	0.404-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.467	4.671-13.653	8.638	4.907-16.082	9.809	4.943-18.572	2.342	0.088-5.282	0.718	0.472-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	5.570	5.499-6.171	5.617	5.552-6.447	5.665	5.603-6.731	0.096	0.087-0.663	0.526	0.432-0.668
T90-28mm	T90-29.0mm	5.535	3.309-9.071	6.309	4.476-10.954	7.084	4.558-12.991	1.548	0.091-4.420	0.647	0.338-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	6.433	5.986-9.499	6.864	6.199-10.546	7.295	6.403-11.594	0.862	0.097-2.110	0.549	0.415-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	7.284	5.032-14.254	7.352	5.408-17.032	7.420	5.457-19.458	0.136	0.027-4.950	0.495	0.388-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	5.439	4.301-17.130	5.489	4.769-20.186	5.540	4.803-23.194	0.101	0.026-7.063	0.288	0.180-0.950

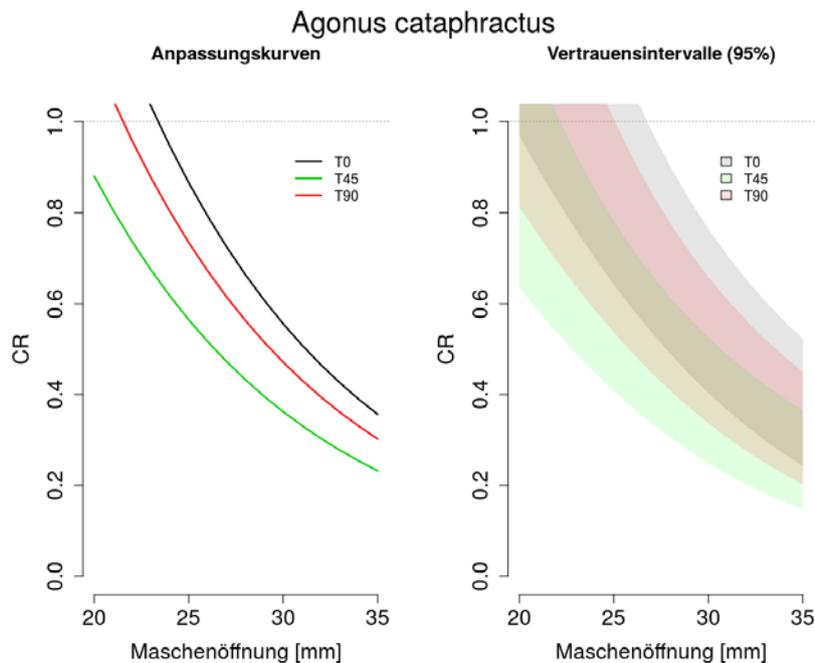
**Abbildung 45:** Steinpicker: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



**Tabelle 28:** Steinpicker: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.

		Coefficient	Value	SE	z value	P-value
Fixed effects	(Intercept)	$\beta_0$	2.2566	0.9656	2.3371	0.0194
	T45	$\beta_1$	-0.8227	0.3193	-2.5765	0.0100
	T90	$\beta_2$	-0.8187	0.3200	-2.5583	0.0105
	ms	$\beta_3$	-0.2254	0.0295	-7.6447	<0.0001
	L	$\beta_4$	0.2310	0.1728	1.3368	0.1813
	L <sup>2</sup>	$\beta_5$	-0.0379	0.0077	-4.9040	<0.0001
	ms*L	$\beta_6$	0.0201	0.0037	5.5008	<0.0001
	T45*L	$\beta_9$	0.0581	0.0406	1.4322	0.1521
	T90*L	$\beta_{10}$	0.0962	0.0421	2.2877	0.0222
				SD		
Random effects	cruise	$b_1$	0.2319			
	haul	$b_2$	0.4716			
	L	$b_3$	0.0483			

**Abbildung 46:** Fanganteil von Steinpickern im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Unterteilt für die drei Maschentypen Standardmasche (T0), gedrehte Masche (T90) und Quadratmasche (T45). Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (6.5 cm).



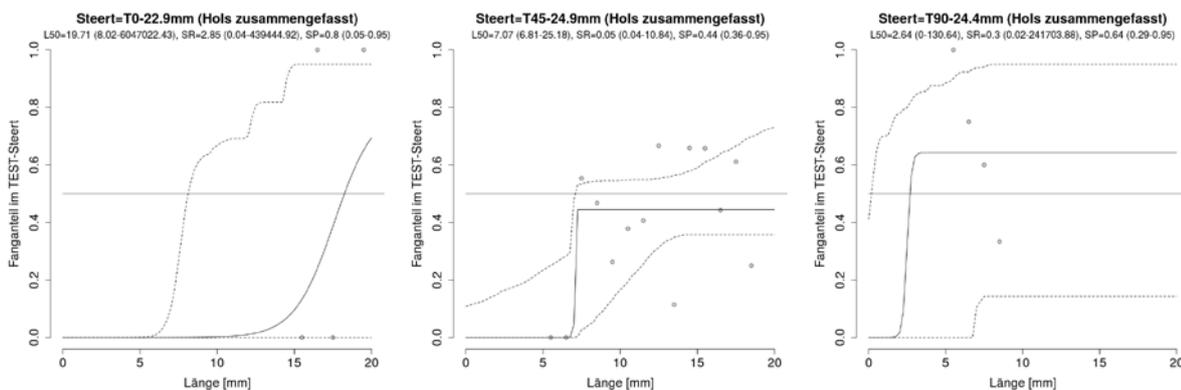
## 9.8 Wittling (*Merlangius merlangus*)

Wie zuvor ergibt sich auch bei Wittling aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) nur bedingt möglich ist. Durch die geringen Fanganzahlen für Wittling ist es nicht möglich, Modelle sinnvoll zu berechnen und entsprechende Modellverhersagen zu treffen. Aus diesem Grund sind im Folgenden nur die Analysen der zusammengefassten Hols für jeden Steertyp dargestellt.

Die relativ schlechte Datenlage zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 47), den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 69), bzw. den teilweise vorhandenen Ausreißerwerten. Für die meisten Steertypen liegt der Splitfaktor (SP) nahe am Wert 0.5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0.5 mit ein. Dementsprechend gab es bei den großen Längenklassen keinen Unterschied im Fang zwischen jeweiligem Test-Steert und dem Referenz-Steert.

Bedingt durch die unzureichende Datengrundlage und die daraus entstehenden Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter, ergibt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 48) kein klares Bild.

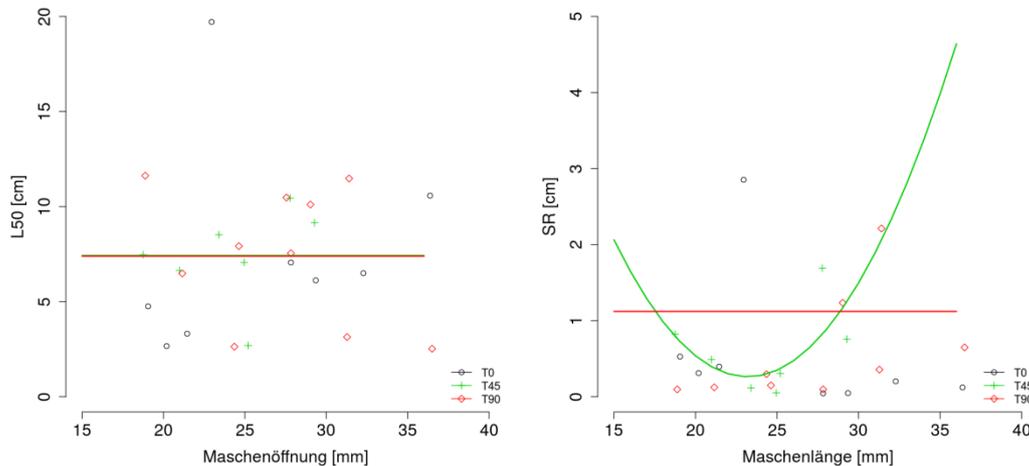
**Abbildung 47:** Wittling: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) der getesteten Steerte (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 69) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.5).



**Tabelle 29:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Wittling (*Merlangius merlangus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	4.494	2.227-14.164	4.758	2.444-14.227	5.023	2.724-14.535	0.529	0.038-0.832	0.947	0.750-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	2.511	-0.111-19.373	2.666	0.000-32.075	2.822	0.055-49.951	0.312	0.024-25.407	0.533	0.333-0.950
T0-20mm	T0-21.4mm	3.120	-0.134-20.143	3.318	0.000-26.470	3.516	0.069-32.790	0.396	0.131-13.289	0.621	0.574-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	18.282	7.582-5827299.972	19.709	8.023-6047022.430	21.135	8.464-6266744.888	2.853	0.037-439444.915	0.803	0.050-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	16.926	1.349-18.746	21.741	1.579-24.186	26.557	1.808-30.025	9.631	0.100-11.112	0.950	0.429-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	7.036	1.536-6020605.901	7.059	2.451-6240328.359	7.082	2.580-6460050.817	0.046	0.020-439444.915	0.200	0.050-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	6.099	0.562-7.049	6.123	0.642-7.128	6.147	0.719-7.206	0.048	0.042-0.547	0.483	0.436-0.582
T0-30mm	T0-31.6mm	20.570	7.604-22.073	23.687	7.659-25.712	26.803	7.715-29.350	6.233	0.100-7.471	0.950	0.255-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	5832940.608	48.308-6218807.095	6052663.065	49.671-6438529.553	6272385.523	51.033-6658252.011	439444.915	2.725-439444.915	0.050	0.050-0.050
T0-30mm	T0-32.3mm	6.398	-0.122-41.264	6.500	0.000-6060.745	6.602	0.054-225783.203	0.203	0.025-439444.915	0.500	0.143-0.950
T0-34mm	T0-36.4mm	10.516	10.063-13.625	10.578	10.097-15.069	10.639	10.127-16.884	0.123	0.049-3.026	0.333	0.257-0.647
T45-18mm	T45-18.8mm	7.060	6.951-5870584.097	7.471	7.356-6090306.555	7.882	7.761-6310029.012	0.823	0.071-439444.915	0.348	0.050-0.447
T45-20mm	T45-21.0mm	6.398	-0.212-23.896	6.644	0.000-31.803	6.889	0.072-40.329	0.490	0.050-18.120	0.516	0.380-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	8.460	7.424-20.085	8.519	7.480-24.184	8.577	7.536-28.282	0.117	0.050-8.468	0.537	0.371-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	7.040	5.896-20.920	7.066	6.808-25.185	7.092	6.846-29.500	0.052	0.036-10.836	0.444	0.358-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	2.542	0.108-18.541	2.696	0.232-23.174	2.849	0.335-27.378	0.307	0.043-8.455	0.387	0.304-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	9.602	6.976-12.111	10.448	7.444-13.719	11.293	7.498-15.518	1.691	0.061-4.259	0.529	0.364-0.787
T45-28mm	T45-29.3mm	8.771	4.246-14.238	9.150	4.497-15.769	9.529	4.741-17.589	0.758	0.042-4.302	0.529	0.427-0.885
T90-18mm	T90-18.8mm	11.576	5.829-17.757	11.624	6.158-17.914	11.673	6.498-18.075	0.097	0.042-0.707	0.513	0.270-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	6.423	-0.305-28.940	6.485	0.000-54.961	6.547	0.076-219722.458	0.124	0.070-439444.915	0.450	0.233-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	2.487	-0.056-11.506	2.636	0.000-130.645	2.784	0.103-120955.961	0.297	0.021-241703.884	0.643	0.286-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	7.848	0.268-17.250	7.923	0.370-19.947	7.998	0.428-23.017	0.150	0.029-8.059	0.677	0.399-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.472	0.598-26.042	10.474	0.756-32.871	13.477	0.977-39.713	6.005	0.043-15.122	0.564	0.383-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	7.500	1.865-5586423.215	7.549	2.002-5806145.673	7.597	2.448-6025868.131	0.097	0.025-439444.915	0.667	0.050-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	9.489	4.487-12.202	10.107	4.750-13.076	10.725	5.014-14.560	1.236	0.045-3.717	0.608	0.449-0.826
T90-30mm	T90-31.3mm	2.964	0.495-36.730	3.142	0.652-58.698	3.321	0.724-78.542	0.357	0.021-41.592	0.500	0.286-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	10.374	8.526-23.326	11.480	8.599-28.278	12.586	8.651-33.218	2.213	0.101-10.434	0.564	0.381-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	2.201	3.098-27.948	2.525	3.364-33.919	2.850	3.594-39.889	0.649	0.051-12.662	0.314	0.281-0.950

**Abbildung 48:** Wittling: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



## 9.9 Sprotte (*Sprattus sprattus*)

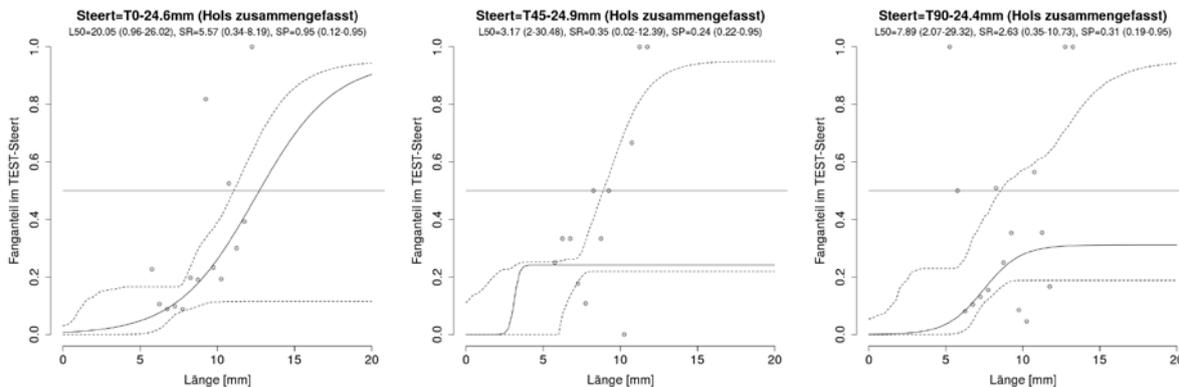
Wie bereits im vorherigen Kapitel für den Wittling beschrieben, ergibt sich auch bei Sprotte aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) nur bedingt möglich ist. Durch die geringen Fanganzahlen für Sprotte ist es nicht möglich Modelle sinnvoll zu berechnen und entsprechende Modellverhersagen zu treffen. Aus diesem Grund sind im Folgenden nur die Analysen der zusammengefassten Hols für jeden Steertyp dargestellt.

Die relativ schlechte Datenlage zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 49), den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 70), bzw. den teilweise vorhandenen Ausreißerwerten.

Vor allem bedingt durch die geringen Fangzahlen für die meisten Steertypen liegt der Splitfaktor (SP) nicht mehr in allen Fällen nahe am Wert 0,5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0,5 teilweise nicht mit ein.

Bedingt durch die unzureichende Datengrundlage und die daraus entstehenden Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter, ergibt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 50) kein klares Bild.

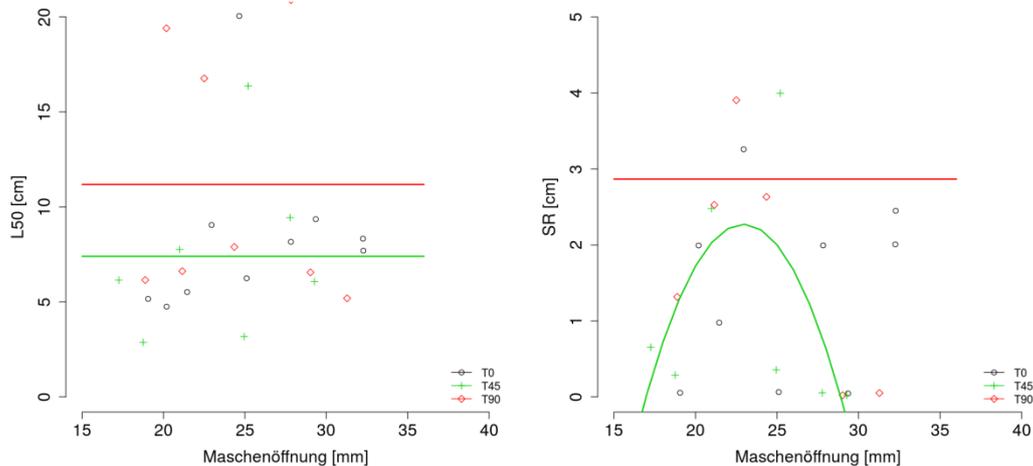
**Abbildung 49:** Sprotte: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 70) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.6).



**Tabelle 30:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sprotte (*Sprattus sprattus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.131	-0.202-10.338	5.159	0.000-13.477	5.186	0.063-17.040	0.055	0.027-7.715	0.496	0.359-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	3.754	-0.177-5.949	4.751	0.151-8.255	5.748	0.582-11.036	1.994	0.021-6.757	0.364	0.316-0.535
T0-20mm	T0-21.4mm	5.032	2.291-7.650	5.520	2.468-8.811	6.009	2.639-10.346	0.978	0.023-4.059	0.464	0.267-0.591
T0-22mm	T0-22.9mm	7.418	1.681-20.676	9.048	1.819-26.117	10.678	1.949-31.510	3.260	0.072-10.801	0.638	0.336-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	17.263	0.550-22.312	20.048	0.964-26.017	22.832	1.265-30.083	5.569	0.342-8.190	0.950	0.115-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	6.213	2.139-29.231	6.246	2.796-41.969	6.278	3.065-58.193	0.064	0.021-18.019	0.125	0.050-0.896
T0-26mm	T0-27.8mm	7.164	5.031-15.575	8.161	5.045-18.339	9.159	5.061-21.309	1.995	0.057-6.233	0.593	0.303-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	9.332	-94461.530-881350.006	9.355	0.000-1101072.464	9.378	0.220-1320794.922	0.046	0.012-439444.915	0.950	0.122-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	5184502.215	76.819-6148932.962	5404224.672	79.131-6368655.420	5623947.130	81.442-6588377.877	439444.915	4.624-439444.915	0.050	0.050-0.050
T0-30mm	T0-32.2mm	7.327	-0.180-22.697	8.331	0.000-26.885	9.335	0.455-39.592	2.008	0.024-11.163	0.327	0.065-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	6.470	5.504-19.489	7.695	6.544-22.656	8.920	7.362-25.831	2.450	1.189-7.315	0.294	0.204-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	5.817	2.493-16.642	6.144	2.663-21.272	6.470	2.834-26.244	0.653	0.052-9.088	0.431	0.389-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	2.727	0.417-11.743	2.871	0.679-14.411	3.015	1.035-16.876	0.288	0.051-5.915	0.473	0.313-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	6.519	2.804-14.512	7.759	2.996-17.144	8.999	3.197-19.738	2.480	0.024-5.441	0.470	0.239-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	2.997	1.777-24.282	3.175	2.001-30.475	3.352	2.225-36.669	0.355	0.019-12.388	0.242	0.219-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	14.363	0.807-19.640	16.362	1.060-23.074	18.361	1.313-26.467	3.997	0.328-7.158	0.950	0.096-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	9.410	8.812-18.077	9.437	8.855-20.479	9.464	8.873-22.904	0.054	0.012-4.765	0.950	0.950-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	6.056	5.913-6011986.548	6.066	5.932-6231709.006	6.076	5.947-6451431.464	0.020	0.014-439444.915	0.154	0.050-0.346
T90-18mm	T90-18.8mm	5.493	-0.117-6.883	6.152	0.000-7.941	6.810	0.057-12.574	1.317	0.041-5.949	0.501	0.421-0.809
T90-20mm	T90-20.2mm	16.033	1.584-18.667	19.400	1.807-22.930	22.767	2.033-27.474	6.734	0.050-8.968	0.950	0.207-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	5.353	1.868-8.579	6.617	2.067-11.164	7.881	2.279-14.414	2.528	0.021-5.980	0.412	0.264-0.700
T90-22mm	T90-22.5mm	14.810	-0.334-836103.560	16.763	0.000-1055826.018	18.715	0.112-1275548.476	3.905	0.052-439444.915	0.950	0.069-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	6.575	1.874-23.699	7.892	2.069-29.316	9.208	2.263-34.928	2.633	0.352-10.728	0.311	0.188-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	18.015	0.825-23.140	20.889	1.114-28.074	23.763	1.405-32.620	5.748	0.022-9.327	0.950	0.124-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	6.544	2.049-804859.428	6.554	2.498-1024581.886	6.565	2.744-1244304.344	0.022	0.013-439444.915	0.316	0.143-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	5.162	1.928-10.213	5.188	2.147-13.032	5.214	2.367-15.743	0.051	0.020-4.949	0.101	0.050-0.399

**Abbildung 50:** Sprotte: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 70 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



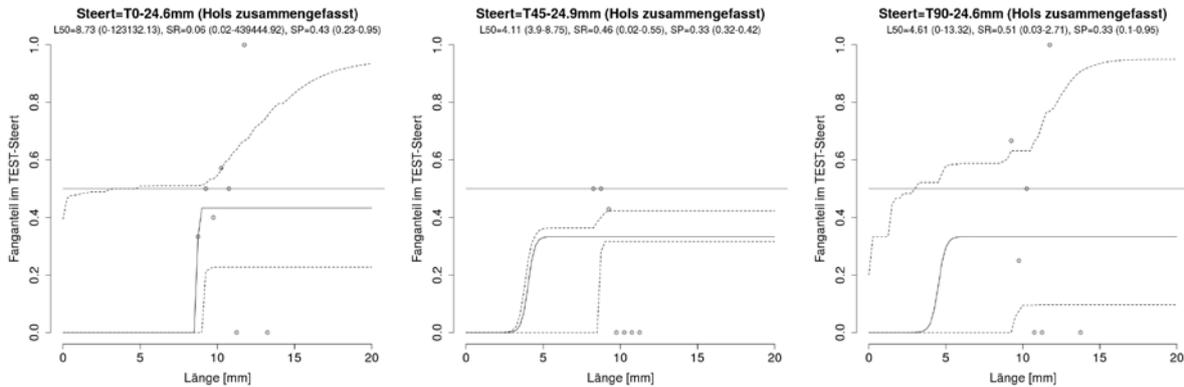
## 9.10 Hering (*Clupea harengus*)

Wie bereits für die Sprotte, ergibt sich auch beim Hering aus der relativ geringen Anzahl gefangener Tiere, die darüber hinaus auch auf einen sehr engen Längenbereich beschränkt sind, dass eine Berechnung der Größenselektion (einschließlich der entsprechenden Selektionsparameter) nur bedingt möglich ist. Durch die geringen Fanganzahlen für Hering ist es nicht möglich Modelle sinnvoll zu berechnen und entsprechende Modellverhersagen zu treffen. Aus diesem Grund sind im Folgenden nur die Analysen der zusammengefassten Hols für jeden Steertyp dargestellt.

Die relativ schlechte Datenlage zeigt sich u.a. an den Fangvergleichskurven (Abbildung 51), den teilweise sehr weiten Vertrauensbereichen (Tabelle 71), bzw. den teilweise vorhandenen Ausreißerwerten. Vor allem bedingt durch die geringen Fangzahlen für die meisten Steertypen liegt der Splitfaktor (SP) nicht mehr in allen Fällen nahe am Wert 0.5, bzw. der Vertrauensbereich schließt 0.5 teilweise nicht mit ein.

Bedingt durch die unzureichende Datengrundlage und die daraus entstehenden Unsicherheiten bei der Berechnung der Selektionsparameter, ergibt sich bei der grafischen Zusammenfassung der Selektionsparameter (Abbildung 52) kein klares Bild.

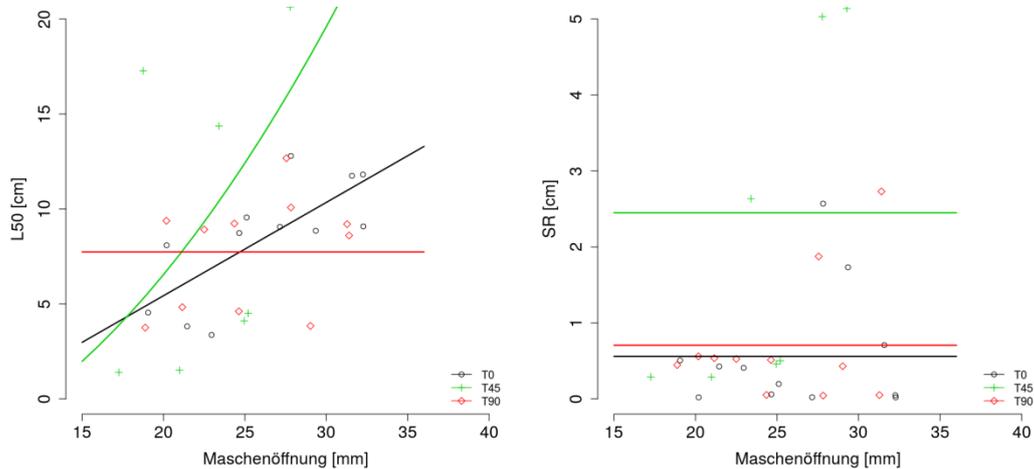
**Abbildung 51:** Hering: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 71) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.7).



**Tabelle 31:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Hering (*Clupea harengus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	4.294	-0.126-9.093	4.547	0.000-9.125	4.800	0.112-9.191	0.507	0.019-0.772	0.528	0.428-0.730
T0-20mm	T0-20.2mm	8.078	-0.135-23.822	8.088	0.000-32.621	8.099	0.060-40.991	0.021	0.018-16.602	0.492	0.409-0.950
T0-20mm	T0-21.4mm	3.607	-219722.458-283665.065	3.820	0.000-503387.523	4.034	0.056-723109.981	0.427	0.035-439444.915	0.342	0.289-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	3.163	2.909-8.836	3.368	3.116-9.255	3.572	3.319-10.212	0.409	0.024-2.556	0.467	0.410-0.742
T0-24mm	T0-24.6mm	8.702	-0.114-52.955	8.732	0.000-123132.133	8.762	0.057-342854.591	0.060	0.018-439444.915	0.432	0.227-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	9.455	8.870-13.429	9.554	9.061-15.636	9.652	9.102-17.719	0.197	0.022-4.453	0.516	0.409-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	9.048	-0.162-10.367	9.059	0.000-10.429	9.070	0.107-10.500	0.022	0.015-0.556	0.167	0.129-0.675
T0-26mm	T0-27.8mm	11.507	0.456-24.653	12.792	0.768-40.534	14.078	0.841-54.079	2.570	0.020-27.229	0.950	0.593-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	7.988	-69519.768-25.391	8.854	0.000-2695.792	9.721	0.059-222418.250	1.733	0.023-439444.915	0.347	0.098-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	11.394	-214523.609-1160569.532	11.748	3.654-1380291.990	12.103	9.852-1600014.447	0.709	0.014-439444.915	0.950	0.050-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	11.790	-0.103-548098.404	11.814	0.000-767820.862	11.838	0.118-987543.320	0.049	0.020-439444.915	0.950	0.167-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	9.072	-0.180-167.405	9.083	0.000-580.123	9.093	0.057-219722.458	0.021	0.016-439444.915	0.395	0.261-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	1.256	-0.209-9.735	1.401	0.000-10.590	1.546	0.259-11.456	0.289	0.179-2.009	0.476	0.422-0.681
T45-18mm	T45-18.8mm	14.649	-0.062-36.887	17.275	0.000-52.929	19.901	0.176-68.524	5.252	0.014-29.915	0.950	0.430-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	1.369	-0.073-14.437	1.513	0.000-17.016	1.657	0.069-19.808	0.288	0.025-5.433	0.427	0.405-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	13.046	3.943-13.483	14.364	4.187-14.918	15.682	4.431-16.302	2.635	0.021-2.847	0.950	0.160-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	3.880	3.682-8.724	4.109	3.902-8.750	4.339	4.124-8.780	0.460	0.021-0.545	0.333	0.316-0.423
T45-24mm	T45-25.2mm	4.257	-0.054-10.056	4.507	0.000-10.063	4.758	0.053-10.071	0.502	0.022-0.629	0.364	0.214-0.625
T45-26mm	T45-27.8mm	18.128	2.016-20.143	20.643	2.260-23.267	23.159	2.507-26.325	5.031	0.020-6.258	0.950	0.130-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	20.513	4.662-5604054.531	23.083	4.881-5823776.989	25.653	5.668-6043499.446	5.139	0.072-439444.915	0.950	0.050-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.529	3.137-8.746	3.753	3.356-8.888	3.976	3.584-9.360	0.447	0.055-1.486	0.494	0.467-0.578
T90-20mm	T90-20.2mm	9.098	3.229-13.432	9.378	3.450-15.801	9.658	3.661-18.282	0.561	0.050-5.765	0.528	0.386-0.918
T90-20mm	T90-21.1mm	4.562	-0.056-11.155	4.830	0.000-12.345	5.099	0.062-13.809	0.537	0.030-4.202	0.500	0.182-0.950
T90-22mm	T90-22.5mm	8.656	-0.314-28.269	8.919	0.000-40.586	9.182	0.064-57.509	0.526	0.027-22.454	0.304	0.103-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	9.207	-178944.842-5223196.489	9.234	0.000-5442918.947	9.260	0.068-5662641.405	0.052	0.022-439444.915	0.333	0.050-0.942
T90-24mm	T90-24.6mm	4.354	-0.054-12.112	4.610	0.000-13.316	4.867	0.056-15.043	0.513	0.026-2.709	0.333	0.097-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	11.734	1.289-881164.157	12.672	1.803-1100886.614	13.609	2.437-1320609.072	1.875	0.021-439444.915	0.950	0.069-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	10.058	-0.086-40.082	10.080	0.000-145.380	10.102	0.067-219722.458	0.044	0.024-439444.915	0.500	0.231-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	3.627	-0.191-37700.727	3.842	0.000-257423.184	4.058	0.055-477145.642	0.431	0.024-439444.915	0.560	0.155-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	9.176	-186113.301-6024213.181	9.202	0.000-6243935.639	9.227	0.287-6463658.096	0.050	0.029-439444.915	0.111	0.050-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	7.239	7.507-6013175.936	8.604	7.893-6232898.394	9.970	7.908-6452620.851	2.731	0.014-439444.915	0.065	0.050-0.366

**Abbildung 52:** Hering: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steertypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.



## 9.11 Literatur

- Bates D, Maechler M, Bolker B, Walker S (2013) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.0-4
- Holst R, Revill A (2009) A simple statistical method for catch comparison studies. *Fisheries Research*, 95(2), 254-259
- Kynoch RJ, Fryer RJ, Neat FC (2015) A simple technical measure to reduce bycatch and discard of skates and sharks in mixed-species bottom-trawl fisheries. *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil*, fsv037
- R Core Team (2013) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>

## 10 Theoretische Selektionsberechnungen für *C. crangon*

### 10.1 Zusammenfassung

Ziel der Untersuchungen war es, mehr über die Mechanismen zu erfahren, die der Größenselektion von Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) im Steert zu Grunde liegen.

In diesem Kapitel werden folgende Aspekte der Selektion von *Crangon crangon* behandelt:

- Welche Möglichkeiten hat *C. crangon*, auf das Netztuch im Steert zu treffen? (Kapitel 10.3)
- Welche Größenselektion ergibt sich jeweils bei den verschiedenen Auftreffmöglichkeiten (Modi), Maschenöffnungen und Öffnungswinkeln? Hierbei waren folgende Teilfragen zu bearbeiten:
  - Definition von beispielhaft zu untersuchenden Maschenkonfigurationen (Kapitel 10.4)
  - Parametrisierung der im Folgenden verwendeten Netze (Kapitel 10.4)
  - Penetrationsexperimente (Durchsteckversuche) unter Zuhilfenahme von Netzrahmen (Kapitel 10.5)
  - Berechnung der Größenselektion aus den Penetrationsexperimenten für verschiedene Maschenöffnungen, Öffnungswinkel und Modi (Kapitel 10.5.1)
  - Vorhersage von Selektionseigenschaften für die jeweiligen Modi für einen größeren Bereich von Maschenöffnungen und Öffnungswinkeln (Kapitel 10.5.1)
- Welche der oben untersuchten Modi und Maschenöffnungswinkel sind in der praktischen Fischerei relevant? Hierbei waren folgende Teilfragen zu bearbeiten:
  - Parametrisierung der Maschenöffnungswinkel in verschiedenen Krabbensteerten und bei verschiedenen Fangmengen (Kapitel 10.6)
  - Berechnung der Größenselektion aus ausgewählten, im Rahmen der Forschungsfahrten durchgeführten, Fänge (Kapitel 10.6.2)
  - Vergleich zwischen experimentellen und theoretischen Selektionskurven und Identifikation der in der Fischerei relevanten Auftreff-Modi (Kapitel 10.6)
- Welche verallgemeinerte Aussage lässt sich über die Größenselektion von *C. crangon* im Steert treffen (Kapitel 10.7)?

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden indirekte Methoden genutzt, um besser zu verstehen, wie *Crangon crangon* im Selektionsprozess auf die Maschen im Steert trifft und welchen Einfluss die verschiedenen, so genannten Kontakt-Modi (siehe Kapitel 10.3) und Maschenöffnungswinkel auf die Größenselektion haben. Das hat vor Allem zu einem besseren Verständnis

der Mechanismen beigetragen, die bei der Größenselektion von *Crangon crangon* von Bedeutung sind:

- Krabben treffen nicht zufällig während des Selektionsprozesses auf die Maschen. Vielmehr sind einige wenige Kontakt-Modi für die Größenselektion von *C. crangon* relevant. Diese konnten identifiziert und für die Simulation der Größenselektion verwendet werden.
- Durch die Kombination von verschiedenen Kontakt-Modi, realistischen Maschenöffnungswinkeln und Maschenöffnungen ist es möglich, die Selektivität für *C. crangon* für verschiedene Maschenöffnungen vorherzusagen.

## 10.2 Hintergrund und Zielsetzung

Studien über die Größenselektion von *Crangon crangon* in Steerten wurden bisher ausschließlich auf See durchgeführt (Rehme 1999, Polet 2004). Diese Versuche auf See sind jedoch sehr kosten- und zeitintensiv. Das hat zur Folge, dass nur eine begrenzte Anzahl von Netzen getestet werden kann (z.B. Polet und Redant 1999, Polet 2000, Rauck und Wienbeck 1991, Wienbeck und Rauck 1992). Des Weiteren ist dabei in der Regel eine Aufdeckung der Selektionsmechanismen (warum und wie können Individuen entkommen) nicht möglich – dies ist jedoch eine wichtige Voraussetzung für die zukünftige weitere systematische Optimierung der Größenselektion.

In anderen Fischereien wurde der experimentelle Ansatz in den letzten Jahren durch theoretische Methoden ergänzt (Herrmann et al. 2009, 2012, 2013, Krag et al. 2011, 2014, Sistiaga et al. 2011, Frandsen et al. 2010), wodurch u.a. die Einflüsse verschiedener Netzparameter auf die Größenselektion genauer untersucht werden können und damit ein allgemein besseres Verständnis der zugrundeliegenden Mechanismen erzielt werden kann. Die in diesen Studien angewendete FISH-SELECT-Methode stellt eine Kombination aus Laborexperimenten und Computersimulationen dar (Herrmann et al. 2009, Krag et al. 2011) und wurde u.a. bei verschiedenen Fischarten, wie z.B. Dorsch (*Gadus morhua*, Herrmann et al. 2009), Schellfisch (*Melanogrammus aeglefinus*, Sistiaga et al. 2011) oder Heilbutt (*Reinhardtius hippoglossoides*, Herrmann et al. 2013) angewandt.

Da auch in der Fischerei auf Nordseegarnelen bisher recht wenig über diese selektionsbestimmenden Mechanismen bekannt ist (Polet 2000), soll mit Hilfe der FISHSELECT-Methode der Einfluss von verschiedenen Maschentypen, Maschenöffnungen und Art und Weise, wie die Garnelen auf das Netztuch treffen, näher analysiert werden. Mit Hilfe dieses Ansatzes ist es möglich die Selektionseigenschaften, u.a. ausgedrückt in den Werten L50 und SR (siehe Kapitel 7.2.1), für verschiedene Netzgeometrien vorherzusagen.

Während Fische im Allgemeinen eine gute Schwimffähigkeit in Bezug auf die Schleppgeschwindigkeit zeigen und somit aktiv auf das Fanggerät reagieren können, bzw. sich entsprechend optimal zum Netztuch ausrichten (Wardle 1993), sind kleine Invertebraten wie die Nordseegarnele relativ schlechte Schwimmer. Dementsprechend zeigen Sie eine begrenzte Antwort auf die Im-

pulse, die beim Fang ausgelöst werden (Lochhead 1961, Newland & Chapman 1989). Daher könnte der Fangprozess, zumindest theoretisch, einem Siebprozess mit einer eher zufälligen Ausrichtung der Individuen in Bezug auf das Netztuch gleichen. Diese potentiell unterschiedlichen Kontaktmodi erschweren die Vorhersage der Größenselektion ausschließlich basierend auf den morphologischen Eigenschaften der Tiere.

Die FISHSELECT Methode wird hier erstmalig für die Nordseegarnele *Crangon crangon* angewandt, um die Größenselektion im Steert bei verschiedenen Maschenkonfigurationen vorherzusagen.

### 10.3 Kontakt-Modi

Bisher ist nicht bekannt wie *C. crangon* sich bei Netzkontakt orientiert und in welcher Körperposition die Garnelen im Fangprozess durch die Maschen entkommen. Von Studien mit einer anderen Krebsart (Kaisergranat, *Nephrops norvegicus*) ist bekannt, dass durch die geringe Schwimmfähigkeit von Krebstieren die Orientierung bei Netzkontakt mehr oder weniger zufällig geschieht (Frandsen et al. 2010). Aus diesem Grund war es im ersten Schritt notwendig, mögliche Körperpositionen (im Folgenden **Modi** genannt) zu ermitteln, mit denen *C. crangon* potentiell auf das Netztuch treffen kann. Es wurden 14 verschiedene mögliche Modi identifiziert (siehe Tabelle 32, Abbildung 53). Für alle diese 14 Modi wurden in den Durchsteckversuchen (Kapitel 10.5) Selektionsversuche durchgeführt.

**Tabelle 32:** Beschreibung der 14 verschiedenen Modi, mit denen *Crangon crangon* potentiell auf das Netztuch trifft (siehe auch Abbildung 53).

(1) Abdomen voran, vertikal	(8) Konkav, Cephalothorax voran, vertikal 90°
(2) Abdomen voran, vertikal 90°	(9) Konkav, lateral
(3) Cephalothorax voran, vertikal	(10) Konkav, lateral 90°
(4) Cephalothorax voran, vertikal 90°	(11) Horizontal
(5) Konkav, Abdomen voran, vertikal	(12) Horizontal 90°
(6) Konkav, Abdomen voran, vertikal 90°	(13) Konkav, horizontal
(7) Konkav, Cephalothorax voran, vertikal	(14) Konkav, horizontal 90°

**Abbildung 53:** Übersicht über die 14 verschiedenen Modi, mit denen *Crangon crangon* potentiell auf das Netztuch trifft (siehe auch Tabelle 32).



## 10.4 Maschenkonfigurationen für Penetrationsexperimente

In der deutschen Fischerei auf Nordseegarnelen wird üblicherweise die Standardmasche (T0) eingesetzt, wobei die Maschenöffnung um 20mm herum variiert (Abbildung 55). Im Projekt CRAN-NET wurden insgesamt 24 verschiedene Steerte getestet (siehe Kapitel 5), wobei diese sich in zwei Design-Parametern unterscheiden: a) Maschenöffnung (18mm bis 34mm) und b) Maschentyp/-ausrichtung (T0, T45, T90).

Bei der FISHSELECT-Methode werden mit beispielhaften Maschenkonfigurationen u.a. Penetrationsexperimente (Durchsteckversuche) durchgeführt, um daraus generelle Aussagen ableiten zu können. Aus diesem Grund wurden drei verschiedene Maschenöffnungen (18 mm, 22 mm und 26 mm) getestet, die einen weiten Bereich der in Frage kommenden Maschenöffnung abdecken (Abbildung 55).

Auch die Netzausrichtung, bzw. der Maschenöffnungswinkel (OA in Abbildung 54) beeinflussen die Größenselektion von *C. crangon*. Öffnungswinkel spielen eine wichtige Rolle, da sich die Maschen beim Fangprozess nicht gleichmäßig öffnen und dies zu unterschiedlichen Selektionseigenschaften führen kann. Aus diesem Grund wurden für die Penetrationsexperimente Netzrahmen mit den jeweiligen Netztüchern in Standardausrichtung (T0) und mit um 90° gedrehtem Netztuch (T90) bespannt. Darüber hinaus wurden die Netzrahmen so bespannt, dass verschiedene Maschenöffnungswinkel (ca. 15°, 30°, 60° und 90°) für die Versuche zur Verfügung standen (Abbildung 55 und Abbildung 56). Die Quadratmasche (T45-Masche) wird im Penetrationsexperiment durch die Rautenmasche (T0) mit einem Öffnungswinkel von 90°, bzw. der gedrehten Masche (T90) ebenfalls mit einem Öffnungswinkel von 90° repräsentiert. Insgesamt wurden in den Penetrationsexperimenten 20 verschiedene Maschenkonfigurationen getestet (Abbildung 56 und Tabelle 33).

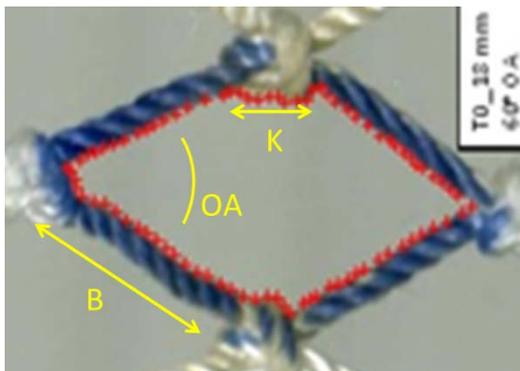
Für die weitere Analyse war es notwendig, genaue Werte für die Maschenöffnung (Maschengröße) und den Maschenöffnungswinkel zu erhalten. Dafür wurden die jeweiligen Netzrahmen eingescannt und die Konturen der einzelnen Maschen mit Hilfe einer Bild-Analyse-Funktion (implementiert in FISHSELECT) erfasst und anschließend parametrisiert. Die mit möglichst vielen Digitalisierungspunkten erfasste Kontur jeder genutzten Masche wird dabei durch ein parametrisches Modell beschrieben. Im Speziellen zeigte sich, dass das hexagonale Modell (Abbildung 54) für beide Maschentypen und Öffnungswinkel die beste Anpassung ergab. Dabei bewegt sich der Öffnungswinkel für eine Standardmasche (T0) zwischen 0° und 90° und für eine gedrehte Masche (T90) zwischen 90° und 180°.

Eine Übersicht über alle in den Penetrationsexperimenten verwendeten Maschen findet sich in Tabelle 33. Dort sind neben den nominalen Maschenöffnungen und Maschenöffnungswinkeln auch die durch die Modellanpassung ermittelten realen Werte enthalten. Der Einfachheit halber werden im weiteren Text jedoch weiterhin die nominalen Maschenöffnungen und Maschenöffnungswinkel angegeben.

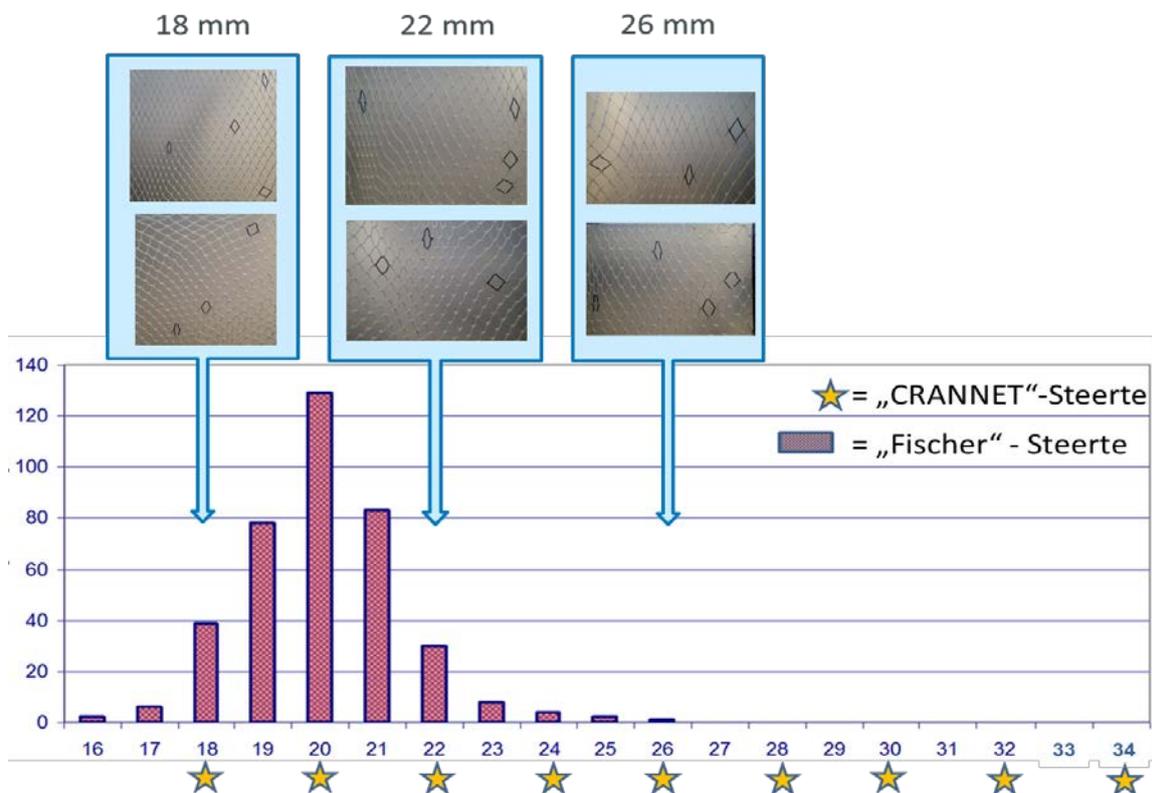
Die Maschenöffnung (m) ergibt sich dabei entsprechend Gleichung 1 (siehe auch Abbildung 54)

$$m = 2 \cdot B + K \tag{1}$$

**Abbildung 54:** Hexagonale Maschenform mit den Parametern Öffnungswinkel (OA) und den Schenkellängen B und K. Die reale Maschenöffnung ergibt sich entsprechend  $m = 2 \cdot B + K$ .



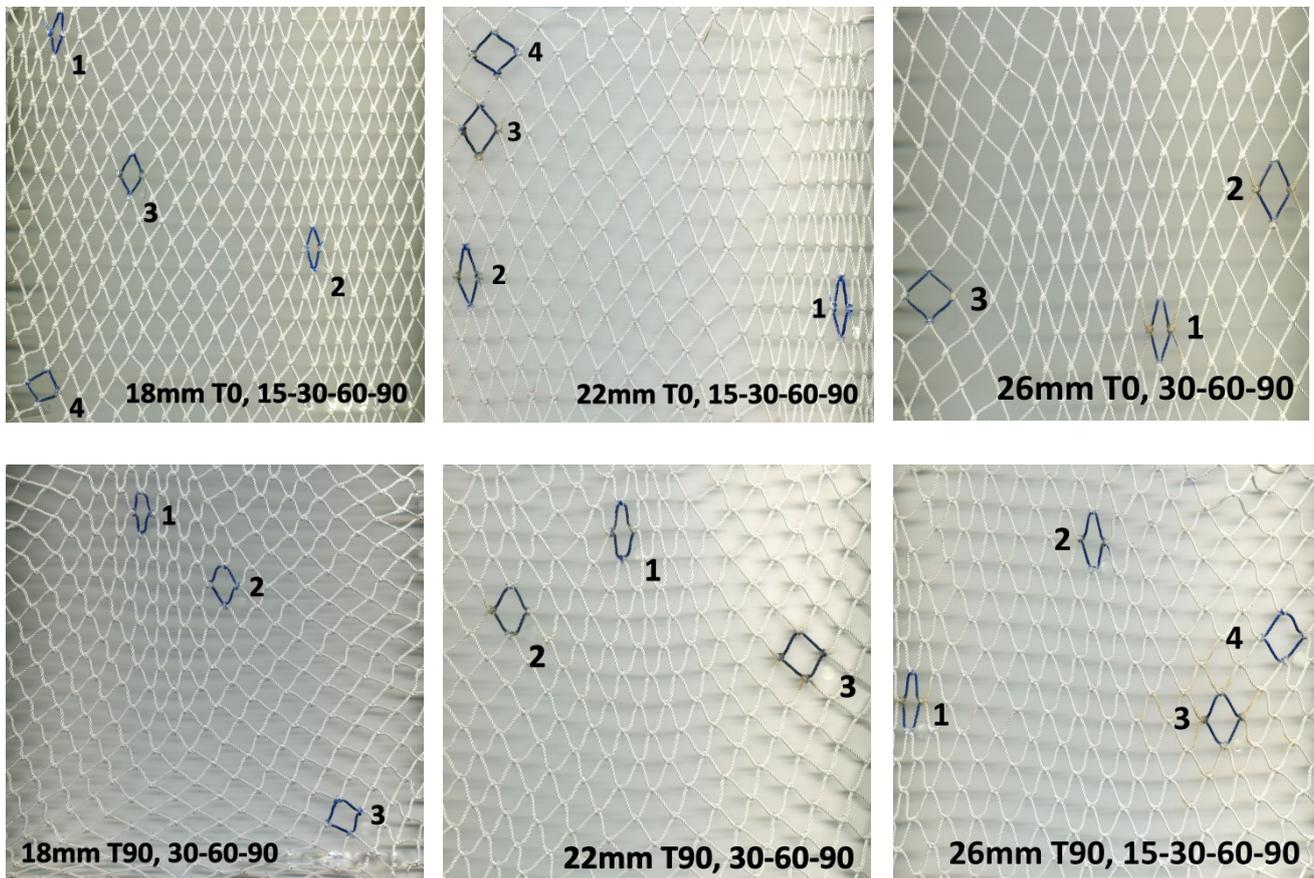
**Abbildung 55:** Bereich der Maschenöffnungen, wie sie a) in der deutschen Krabbenfischerei (Balkendiagramm nach Neudecker); b) während der CRANNET Feldversuche (Sternchen) und c) für die theoretischen Selektionsuntersuchungen (FISH-SELECT; Netzbilder) verwendet wurden.



**Tabelle 33:** Übersicht über die für die Penetrationsexperimente verwendeten Maschen. Die MaschenID entspricht der Nummerierung in Abbildung 56 für die verschiedenen Netztücher. Die angegebene reale Maschenöffnung wurde rechnerisch ermittelt (siehe Abbildung 54)

Maschenöffnung nominal	Maschenöffnung real	Maschentyp	MaschenID	Winkel nominal	Winkel real
18	17.18	T0	1	15	26.4
			2	30	30.6
			3	60	59.7
			4	90	91.0
		T90	1	30	169.8
			2	60	128.0
			3	90	105.0
22	20.54	T0	2	30	33.9
			3	60	69.5
			4	90	94.3
		T90	1	30	163.7
			2	60	140.1
			3	90	103.9
26	24.64	T0	1	30	31.8
			2	60	60.5
			3	90	94.7
		T90	1	15	167.6
			2	30	158.9
			3	60	126.0
			4	90	109.1

**Abbildung 56:** Rahmenkonstruktion mit Netzmaterial für Standardmasche (T0, obere Reihe) und 90° gedrehte Masche (T90, untere Reihe). Von links nach rechts: 18 mm; 22 mm und 26 mm nominale Maschenweite. Die T45-Masche (Quadrat, schenkelgerecht) ist ein Spezialfall der Rautenmasche mit einem Öffnungswinkel von 90°.



## 10.5 Penetrationsexperimente

Im nächsten Schritt ist das Ziel für jede der Kombination aus Kontakt-Modus (14 Modi, siehe Kapitel 10.3), Maschentyp (T0 und T90), Maschenöffnung (18mm, 22mm, 26mm, siehe Kapitel 10.4) und Maschenöffnungswinkel (siehe Kapitel 10.4) die Größenselektion von *C. crangon* zu beschreiben. Dazu werden so genannte Penetrationsexperimente (Durchsteckversuche) durchgeführt, mit denen getestet wird, ob die Garnelen aufgrund der Schwerkraft durch die jeweilige Masche im Netzrahmen (Abbildung 56) passen oder nicht. Mit der Hand werden dabei für jede individuelle Garnele die 14 Kontakt-Modi simuliert.

Die Penetrationsexperimente wurden an Bord des Forschungsschiffes FFS „Solea“ durchgeführt, da während der Forschungsfahrten kontinuierlich frische Nordseegarnelen zur Verfügung standen. Dadurch konnte eine Beeinflussung durch zusätzliche Faktoren, wie zum Beispiel Dehydratation, Zersetzung oder Totenstarre (Sistiaga et al. 2011) ausgeschlossen werden. Um einen weiten

Größenbereich für die Selektion abzudecken, wurden Garnelen der Längen 25 mm bis 70 mm für die Versuche ausgewählt und mindestens drei bis fünf Garnelen pro 1mm-Längenklasse für die Versuche verwendet. Insgesamt wurden ~76.000 einzelne Penetrationsereignisse simuliert.

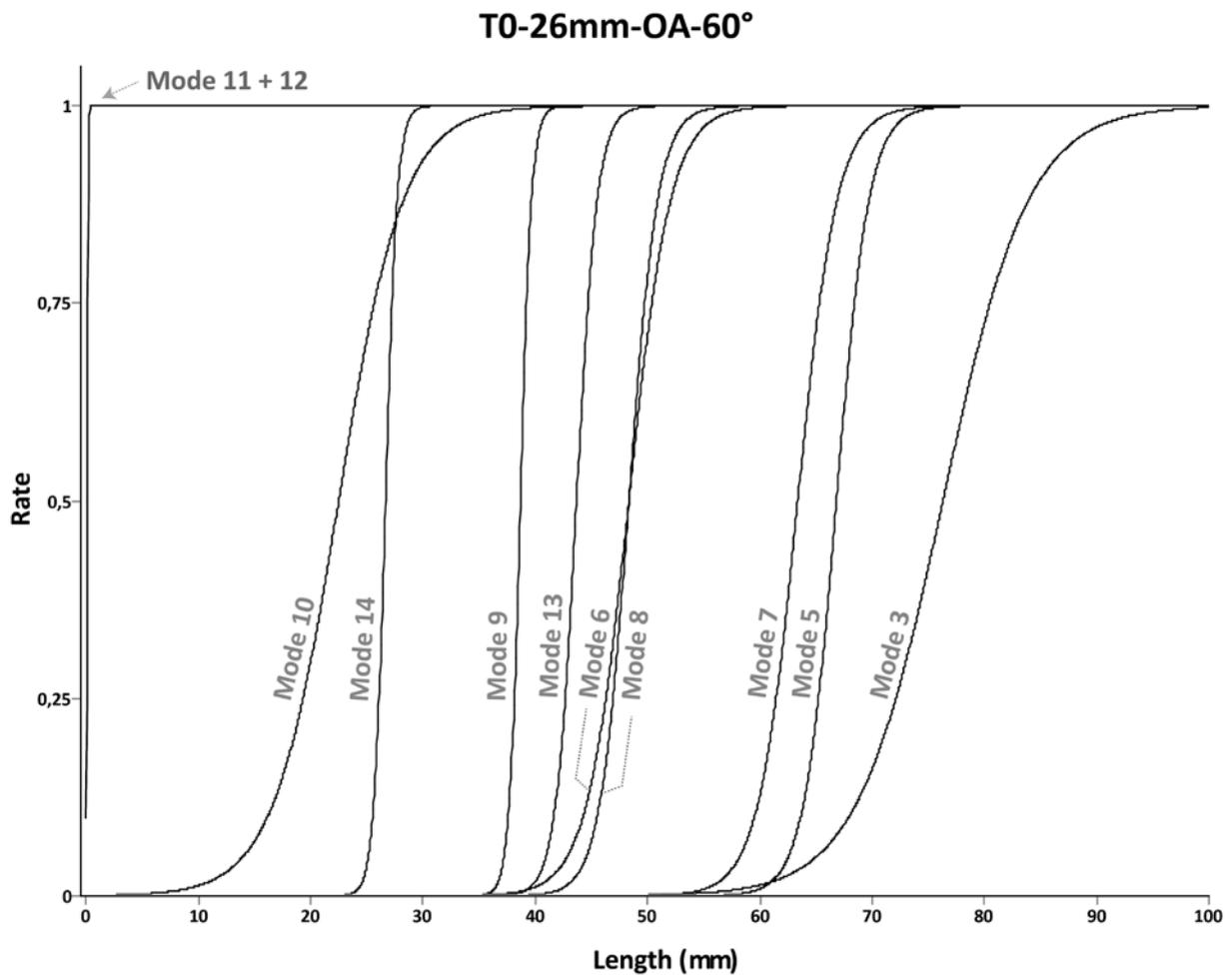
### 10.5.1 Berechnung der Größenselektion für jeden Modus

Basierend auf den Ergebnissen der Penetrationsexperimente, wurde im weiteren Schritt für jede Kombination aus getestetem Kontakt-Modus, Maschenöffnung und Öffnungswinkel die jeweilige Selektionskurve und die entsprechenden L50- und SR-Werte (siehe Kapitel 7.2.1) berechnet.

Beispielhaft sind in Abbildung 57 die Selektionskurven für Modus 1 bis Modus 14 für die Standardmasche (T0) mit nominaler Maschenöffnung 26 mm und mit nominalem Öffnungswinkel 60° dargestellt.

Für beide Maschentypen (Standardmasche und gedrehte Masche) wurden die Selektionsparameter (L50 und SR) in Abhängigkeit von der Maschenöffnung (18 mm, 22 mm und 26 mm) und dem Öffnungswinkel für jeden Modus (1-14) errechnet (schematische Darstellung in Abbildung 58).

**Abbildung 57:** Beispiel für Selektionskurven - basierend auf den Penetrationsexperimenten: Hier dargestellt sind die Selektionskurven für Modus 1 bis Modus 14 für die Standardmasche T0 mit nominaler Maschenöffnung 26 mm und nominalem Maschenöffnungswinkel von 60°. In der o.g. Grafik sind die Modi 1,2,4 nicht enthalten, da die errechneten L50 Werte weit außerhalb des dargestellten Längenbereiches liegen, d.h. alle getesteten Garnelen in diesen Modi durch diese Masche passten (siehe auch im Anhang Kapitel 18). Bei Modus 11 und 12 passte dagegen keine der getesteten Krabben durch die Masche. Dementsprechend liegen die Kurven sehr weit links.



**Abbildung 58:** Ausschnitt aus den Ergebnissen der Penetrationsexperimente (schematische Darstellung). Dargestellt sind die ermittelten Selektionsparameter L50 und SR (Selektionsbereich) für den Kontakt-Modus 1 in Abhängigkeit von Maschenöffnung (M) und Maschenöffnungswinkel (OA). Die Ergebnisse für die Kontaktmodi 2-14 sind nur schematisch dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse finden sich im Anhang (Kapitel 18).

M	OA	Mode	L 50	SR	Mode 2	Mode 3	Mode ...	Mode 14
17.18	26.448	1	27.658	1.5316	Mode 2	Mode 3	Mode ...	Mode 14
17.18	30.649	1	33.2775	1.0769				
17.18	59.726	1	60.5455	1.6567				
17.18	91.007	1	144.405	3.6673				
17.18	169.781	1	42.3263	1.1034				
17.18	127.973	1	108.486	0.1				
17.18	104.995	1	179.864	5.7348				
17.18	104.995	1	179.864	5.7348				
20.54	33.877	1	49.5989	1.1174	Mode 2	Mode 3	Mode ...	Mode 14
20.54	69.532	1	136.047	3.235				
20.54	94.336	1	188.782	5.7923				
20.54	163.67	1	48.0005	1.6795				
20.54	140.101	1	200	6.2722				
20.54	103.941	1	96.3458	1.305				
20.54	103.941	1	96.3458	1.305				
20.54	103.941	1	96.3458	1.305				
24.64	158.86	1	60.6974	1.9729	Mode 2	Mode 3	Mode ...	Mode 14
24.64	31.789	1	48.6606	2.4532				
24.64	60.493	1	200	6.3412				
24.64	94.707	1	144.169	3.6134				
24.64	167.622	1	47.1961	8.3894				
24.64	125.967	1	200	6.2923				
24.64	109.1	1	200	6.286				
24.64	109.1	1	200	6.286				

Auf Grundlage der parametrischen Maschenbeschreibungen (Tabelle 33) und den entsprechenden Selektionsparametern ergibt sich für L50 und SR folgendes vollständige Modell für die Abhängigkeit der Größenselektion von Maschengröße und Maschenöffnung für jeden Kontaktmode:

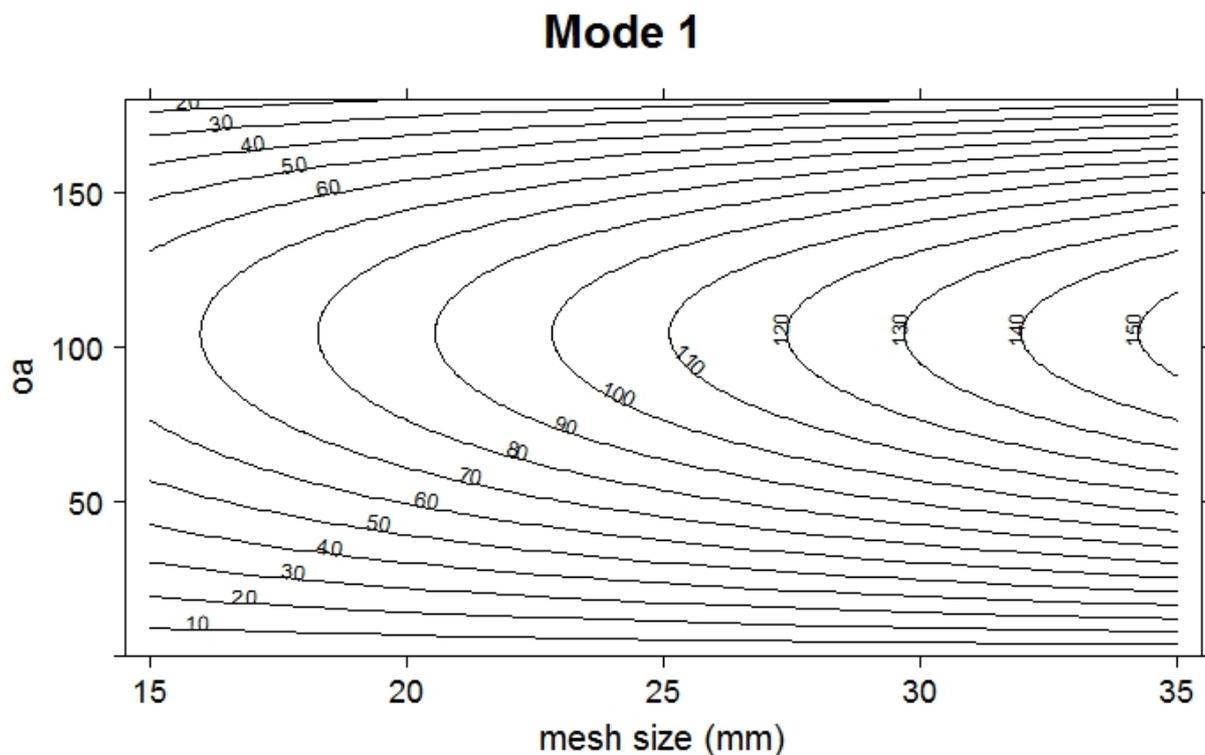
$$L50_i = \beta_1 * m_i + \beta_2(m_i * oa_i) + \beta_2(m_i * oa_i^2) + \beta_3(m_i * oa_i^3)$$

$$SR_i = \beta_4 * m_i$$

Die Modellberechnungen wurden mit der Software SELNET durchgeführt (Herrmann et al. 2013, Näheres siehe Anhang, Kapitel 18.2.1).

Auf Grundlage dieser Modellberechnung lässt sich die Selektivität für *C. crangon* für verschiedene Maschenkonfigurationen (Maschenöffnung und Maschenöffnungswinkel) und die verschiedenen Kontakt-Modi vorhersagen (siehe z.B. Abbildung 59, beispielhaft für Modus 1 dargestellt).

**Abbildung 59:** Vorhersage des Modells für Modus 1 (als Beispiel). Hier dargestellt ist die Länge, bei der 50% der Nordseegarnelen entkommen können (L50 als Isolien) in Abhängigkeit von der Maschenöffnung (x-Achse) und der Öffnungswinkel der Masche (y-Achse). Die Ergebnisse für alle 14 Modi finden sich im Anhang (Kapitel 18).



## 10.6 Vergleich der Penetrationsexperimente mit den Selektionen im Feld

Im nächsten Schritt wird die simulierte Größenselektion in Beziehung zu der aus den experimentellen Fängen ermittelten Größenselektion gesetzt. Damit soll überprüft werden, ob die implementierten Modelle in der Lage sind, die experimentellen Daten adäquat zu beschreiben. Vor allem soll durch diesen Vergleich der simulierten mit den experimentellen Daten ermittelt werden, welche Kontaktmodi in der Fischerei eine Rolle spielen:

In den Penetrationsexperimenten konnte für verschiedene Kombinationen von Einflussfaktoren (Maschenöffnung, Öffnungswinkel und Kontakt-Modus) die Größenselektion bestimmt werden. Während die Maschenöffnung für jeden Steert direkt bestimmbar ist, ist jedoch nicht klar, wel-

che Maschenöffnungswinkel und Kontakt-Modi im Feld anzutreffen sind und somit für weitere Berechnungen berücksichtigt werden müssen.

Aus diesem Grund wurde ein zweistufiger Ansatz gewählt:

- der im Feld auftretende Bereich der Maschenöffnungswinkel wurde durch Unterwasserbeobachtung an Krabbensteerten eingegrenzt (Kapitel 10.6.1)
- durch den Vergleich von den Ergebnissen der Penetrationsexperimente (Kapitel 10.5.1) mit ausgewählten Selektionsergebnissen der Forschungsfahrten (Kapitel 10.6.2) wurden die bei der Fischerei relevanten Kontakt-Modi identifiziert.

### 10.6.1 Unterwasserbeobachtungen zur Beschreibung der Maschenform

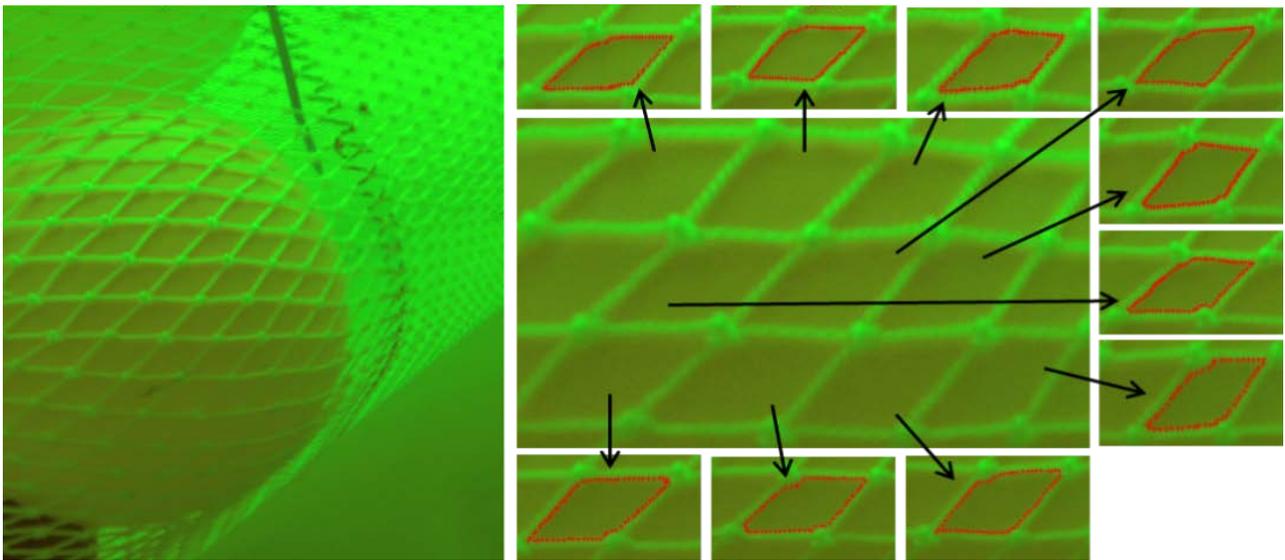
Die Selektion im Endsteert ist abhängig von der Maschenöffnung des Netzes und der Form der Maschen. Die Form der Maschen (im Folgenden wird vor allem der Maschenöffnungswinkel betrachtet) beim aktiven Fischereiprozess ist jedoch nicht konstant und von verschiedenen Faktoren, wie z.B. der Position der Masche im Steert und der Fangmenge im Steert, abhängig. Um einen Eindruck zu bekommen, wie sich die Maschen im Fangprozess verhalten (und somit den Bereich der Maschenöffnungswinkel einzugrenzen), wurden unterschiedliche Steerte mit Hilfe einer Kamera unter Wasser beobachtet.

Ein Versuch, solche Aufnahmen in der Nordsee zu machen, war leider aufgrund der starken Wassertrübung während der Forschungsfahrten mit „FFS Solea“ nicht möglich. Aus diesem Grund wurden die Unterwasseraufnahmen in der Ostsee (vor Warnemünde) im August 2013 an Bord des „FFS Clupea“ durchgeführt. Es konnten Unterwasseraufnahmen der drei unterschiedlichen Maschenformen Standardmasche (T0), gedrehte Masche (T90) und Quadratmasche (T45) bei je drei verschiedenen Maschenöffnungen (18 mm, 24 mm und 30 mm) aufgenommen werden. Um das Verhalten der Steerte im Allgemeinen und der Maschenöffnungen im Speziellen beurteilen zu können, wurden unterschiedliche Fangvolumina (25 kg, 50 kg und 75 kg) mit Hilfe von wasserbefüllten Luftballons simuliert (Abbildung 60 und Abbildung 61). Dabei wurde versucht, mit dem Kameraschlitten den gesamten Steert entlangzufahren und Bilder von verschiedenen Positionen des Steertes zu bekommen. Zur besseren Orientierung wurde der Steert alle 50 cm entlang der Seitennaht mit Kabelbindern markiert. Zur weiteren Analyse wurden die Aufnahmen der T0 24 mm und der T90 24 mm Steerte verwendet. Einzelne Maschen dieser Aufnahmen wurden digitalisiert und anschließend in FISHSELECT parametrisiert (Abbildung 60 und Abbildung 61).

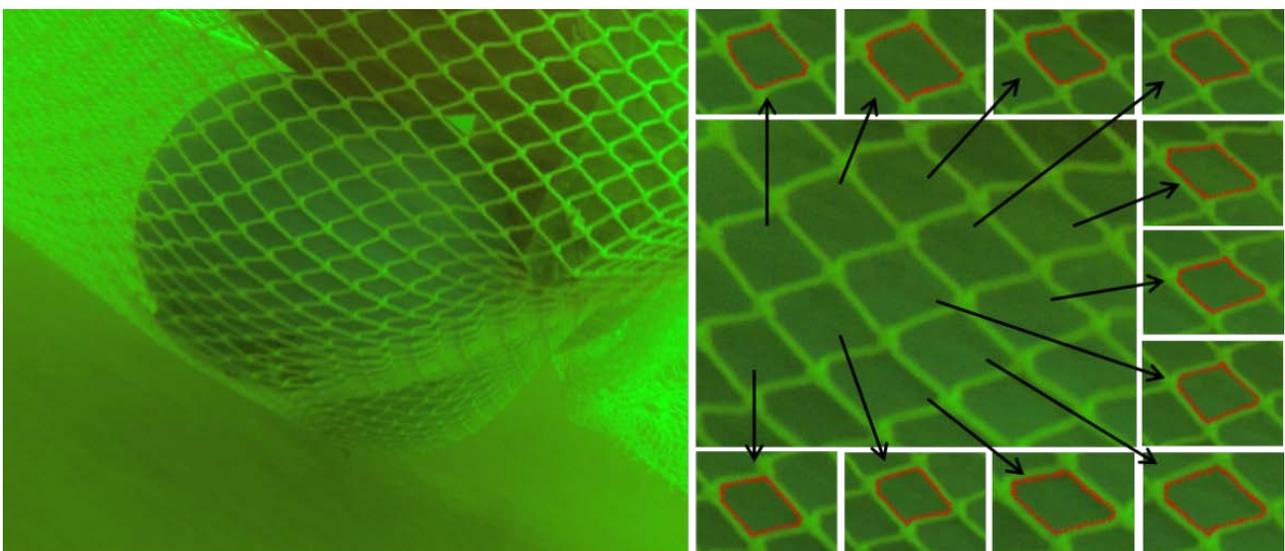
Bei den durchgeführten Hols erschien die Form der 24 mm Maschen relativ stabil (Abbildung 60, Abbildung 61). Aus den Unterwasseraufnahmen wurden insgesamt 149 Maschen an vier verschiedenen Stellen des Netzes (50 cm, 100 cm, 150 cm und 200 cm vor dem Steertknoten) ausgewählt, digitalisiert und parametrisiert. Sowohl für die T0, als auch für die T90-Maschen wurden die Maschen als Hexagonale parametrisiert (siehe Kapitel 10.4).

Unter Berücksichtigung aller vier Positionen entlang des Steertes und der verschiedenen Füllgrade liegen die realistischen Maschenöffnungswinkel für den Standard-Steert T0 zwischen  $15^\circ$  und  $45^\circ$ , wobei keine Maschen über  $50^\circ$  gefunden wurden. Für die gedrehte Masche T90 liegen die Maschenöffnungswinkel zwischen  $120^\circ$  und  $155^\circ$ .

**Abbildung 60.** Bild der Netzwand eines Krabbensteertes (Maschenöffnung 24 mm, Standardmasche T0, 25kg Fanggewicht); aufgenommen während der Tests mit „FFS Clupea“. Links: Übersicht; Rechts: Nahaufnahme einzelner Maschen und mit eingezeichneten, digitalisierten Maschenkonturen.



**Abbildung 61:** Bild der Netzwand eines Krabbensteertes (Maschenöffnung 24 mm, gedrehte Masche T90, 25kg Fanggewicht); aufgenommen während der Tests mit „FFS Clupea“. Links: Übersicht; Rechts: Nahaufnahme einzelner Maschen und mit eingezeichneten digitalisierten Maschenkonturen.

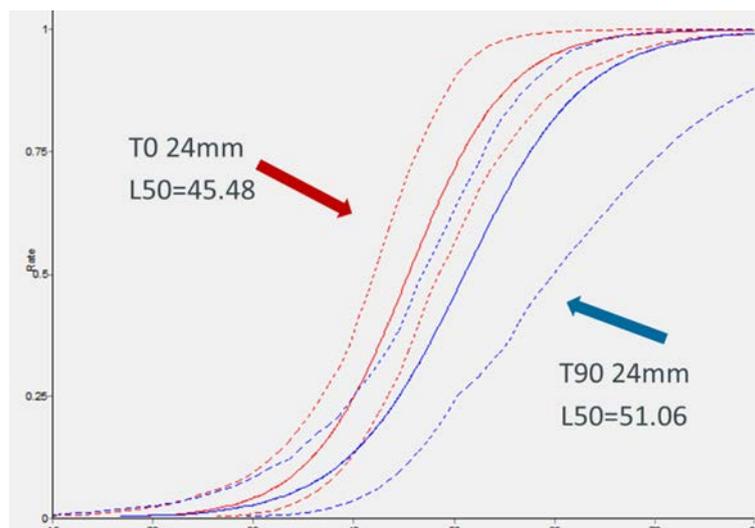


## 10.6.2 Vergleich der experimentellen und simulierten Größenselektion

Wie oben beschrieben, wurden in den Penetrationsexperimenten insgesamt 14 verschiedene Modi identifiziert und getestet, mit denen Krabben auf das Netztuch im Steert treffen können, bzw. die potentiell eine Rolle bei der Größenselektion spielen können. Diese 14 Kontakt-Modi sind jedoch eher hypothetische Überlegungen. Es ist bis heute nicht bekannt, welche Kontakt-Modi in der Fischerei wirklich eine Rolle spielen, d.h. in welchem Umfang die unterschiedlichen Kontakt-Modi zur Größenselektion der Nordseegarnele bei Standardmasche T0 und gedrehter Masche T90 in der Baumkurrenfischerei beitragen. Um diese Frage zu klären, wurden die Selektivitätsergebnisse aus dem Penetrationsexperiment mit Selektivitätsergebnissen aus Fischereifängen verglichen. Die experimentellen Fänge wurden an Bord des Forschungsschiffes FFS „Solea“ in der südlichen Nordsee, westlich von Amrum erhoben (siehe Abbildung 12).

Für den Vergleich von simulierter Selektion und Selektion in den Forschungsfängen wurden die Fänge mit 24 mm Maschenöffnung (T0 und T90) ausgewählt, da für diese Maschenöffnung Unterwasseraufnahmen zur Beschreibung der Maschengometrie zur Verfügung standen (siehe Kapitel 10.6.1 Unterwasserbeobachtungen). In Abbildung 62 sind beide Selektionskurven für die Standardmasche T0 24 mm (rot) und die gedrehte Masche T90 24 mm (blau) mit Konfidenzintervallen im direkten Vergleich dargestellt.

**Abbildung 62:** Selektionskurven für die Standardmasche T0 24 mm (rote, durchgezogene Linie) und 95% Konfidenzgrenzen (rote, gestrichelte Linie) und für die gedrehte Masche T90 24 mm (blaue, durchgezogene Linie) und 95% Konfidenzgrenzen (blaue, gestrichelte Linie). Y-Achse: Rückhaltewahrscheinlichkeit, X-Achse: Länge von *C. crangon* in mm.

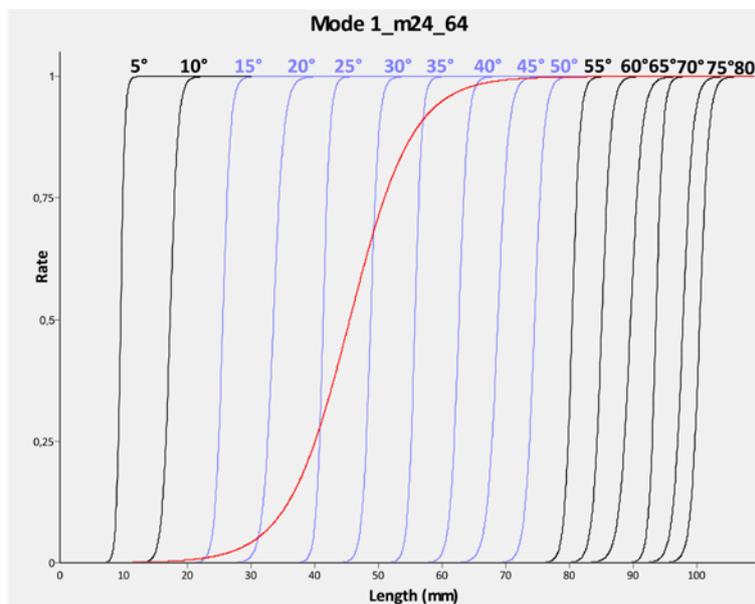


Die in der Fischerei relevanten Kontakt-Modi wurden indirekt ermittelt, indem die in den Penetrationsexperimenten bei verschiedenen Maschentypen/-größen/-formen ermittelte Größense-

lektion mit der bei den Seefahrten ermittelten Größenselektion verglichen wurde. Hierbei wurde untersucht, welche Kombination aus verschiedenen Kontakt-Modi am besten die auf den Seefahrten ermittelte Selektion der beiden Steerte (T0 24 mm und T90 24 mm) beschreiben kann.

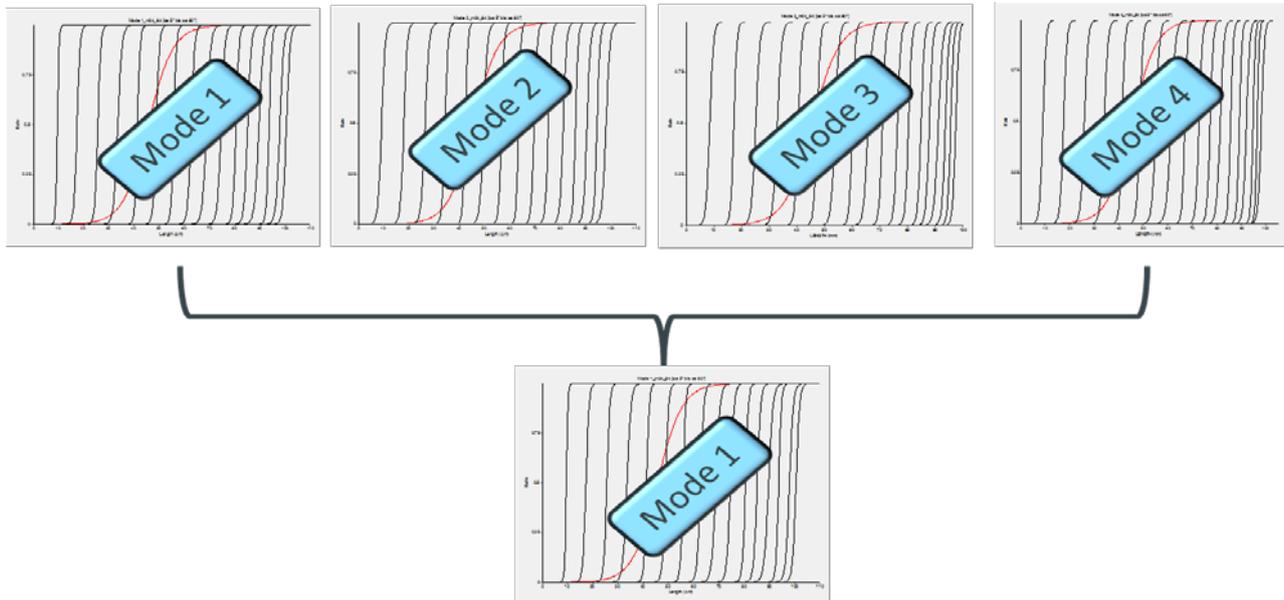
Für jeden Maschenöffnungswinkel ( $5^\circ$  bis  $180^\circ$ ) wurde die Rückhaltewahrscheinlichkeit in Abhängigkeit vom Modus (Modus 1-14) separat bestimmt. Aus den Unterwasserbeobachtungen (Kapitel 10.6.1) ist bekannt, dass für T0 Maschen Öffnungswinkel zwischen  $15^\circ$  und  $45^\circ$  und für T90 Maschen Öffnungswinkel zwischen  $120^\circ$  bis  $145^\circ$  in der Fischerei vorkommen und dementsprechend für die einzelnen Modi berücksichtigt werden müssen (blaue Selektionskurven in Abbildung 63). Öffnungswinkel außerhalb dieser Bereiche sind relativ unwahrscheinlich (schwarze Selektionskurven in Abbildung 63).

**Abbildung 63:** Beispiel für den Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T0 24 mm-Steert, Kontakt-Modus 1): Simulierte Selektionskurven (blaue und schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel. Der Öffnungswinkelbereich zwischen  $15^\circ$  und  $50^\circ$  (blaue Kurven) kommt in der Fischerei am wahrscheinlichsten vor und muss dementsprechend berücksichtigt werden. Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt.



Einige Modi zeigen sehr ähnliche Selektionseigenschaften und können daher zur Vereinfachung der folgenden Berechnungen durch einen kombinierten Modus repräsentiert werden (Beispiel siehe Abbildung 64, Modi 1- 4). Des Weiteren können Modi ausgeschlossen werden, bei denen keine Krabben in den relevanten Maschenöffnungswinkel-Bereichen entkommen können. Dies trifft für die Modi 10, 11, 12 und 14 zu (siehe hierzu auch Abbildung 57).

**Abbildung 64:** Darstellung der Selektionskurven für die Kontakt-Modi 1, 2, 3 und 4 (vergleiche Abbildung 63). Aufgrund der Ähnlichkeit der Kurven können diese Kontakt-Modi zusammengefasst (siehe Tabelle 34).

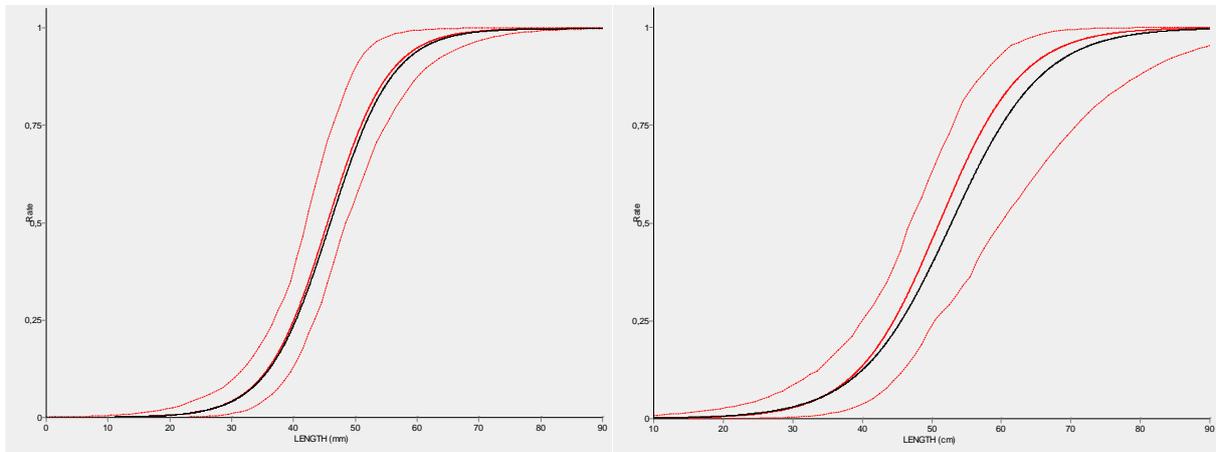


Durch das Zusammenfassen bzw. das Ausschließen bestimmter Modi (Tabelle 34) bleiben von den 14 zu Beginn definierten und getesteten Kontakt-Modi noch 5 Modi erhalten. Durch die Reduzierung der Öffnungswinkel aus den Unterwasserbeobachtungen auf 8 mögliche Öffnungswinkel führt dies zu einer 5 x 8 Matrix (5 Kontakt-Modi und 8 mögliche Öffnungswinkel). Mit den daraus resultierenden 40 Kombinationen wurden für beide Maschentypen Anpassungsmodelle berechnet (Methode siehe Herrmann et al. 2013). Das volle Model unter Berücksichtigung aller 5 (kombinierten) Kontakt-Modi ist in der Lage, die experimentellen Daten gut abzubilden (Abbildung 65), d.h. die experimentell erhaltenen Daten lassen sich sowohl für die Standardmasche (T0), als auch für die gedrehte Masche (T90) mit Hilfe der Durchsteckversuche erklären.

**Tabelle 34.** Übersicht über die in den Anpassungsmodellen genutzten Kontakt-Modi und die berücksichtigten Maschen-Öffnungswinkel.

Kontakt-Modus	Kontakt-Modus (kombiniert)	Maschenöffnungswinkel T0	Maschenöffnungswinkel T90
1,2,3,4	1	15,20,25,30,35,40,45,50	120,125,130,135,140,145,150,155
5,7	5	15,20,25,30,35,40,45,50	120,125,130,135,140,145,150,155
6,8	6	15,20,25,30,35,40,45,50	120,125,130,135,140,145,150,155
9	9	15,20,25,30,35,40,45,50	120,125,130,135,140,145,150,155
13	13	15,20,25,30,35,40,45,50	120,125,130,135,140,145,150,155
10,11,12,14		ausgeschlossen	ausgeschlossen

**Abbildung 65:** Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung aller 5 kombinierten Kontakt-Modi (schwarze Linie).



Nachdem im ersten Schritt alle fünf kombinierten Kontakt-Modi in den Anpassungsmodellen berücksichtigt wurden, wurden im Folgenden zwei Fragen untersucht:

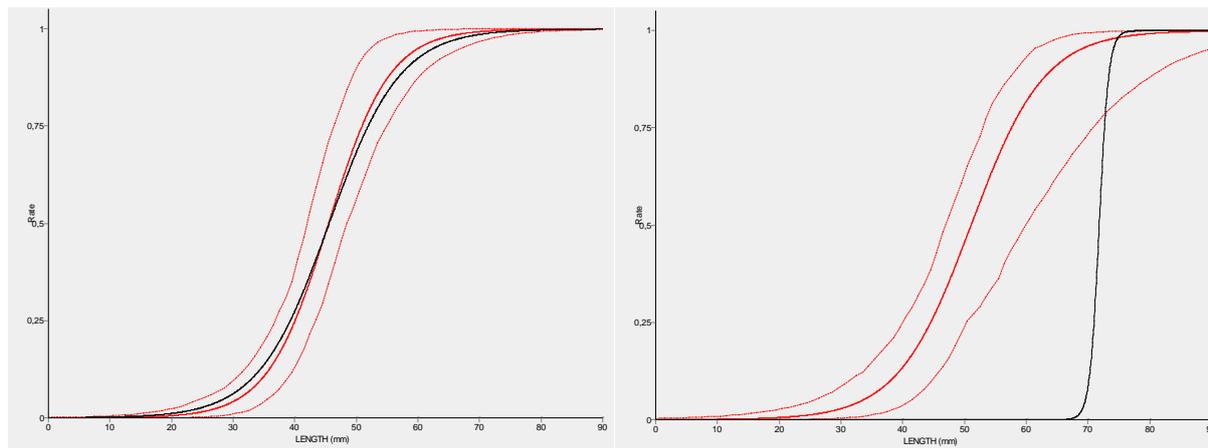
- Ist es möglich die Größenselektion nur mit Hilfe des optimalen Kontakt-Modus (siehe Kapitel 10.3) zu beschreiben. D.h. trifft die Annahme zu, dass die Krabben die Maschen immer optimal treffen?
- Welche Kontakt-Modi sind ausreichend um die Größenselektion von *C. crangon* adäquat zu beschreiben, d.h. welche Kontakt-Modi spielen wahrscheinlich in der Fischerei eine entscheidende Rolle?

Hierzu wurden zwei Szenarien getestet. Bei beiden Szenarien wird die Größenselektion von T0 und T90-Maschen gemeinsam simuliert, da davon ausgegangen werden kann, dass die Krabben sich in beiden Steerten ähnlich verhalten.

Im ersten Szenario wird angenommen, dass alle Nordseegarnelen in der Lage sind die Maschen optimal zu treffen (kombinierter Kontakt-Modus 1, siehe Kapitel 10.3 und Tabelle 34). Die Modelsergebnisse sind in Abbildung 66 dargestellt. Für die Standardmasche T0 ist es gut möglich, die in den Forschungsfängen ermittelte Größenselektion nur mit Hilfe des optimalen Kontakt-Modus zu simulieren. Für die gedrehte Masche T90 hingegen ist es nicht möglich, nur mit Hilfe des optimalen Kontakt-Modus, die in den Forschungsfängen ermittelte Größenselektionskurve nachzubilden. Vielmehr liegt die simulierte Kurve für T90-Steerte weit rechts von der experimentell ermittelten Selektionskurve. Das ist damit zu erklären, dass bei den weiter offen stehenden T90-Maschen mehr Nordseegarnelen im optimalen Kontakt-Modus entkommen können. Obwohl Kontakt-Modus 1 die Möglichkeit bietet, sehr große Tiere entkommen zu lassen, spielt gerade bei diesem Kontakt-Modus der Maschenöffnungswinkel eine bedeutende Rolle. Da davon ausgegangen werden kann, dass sich die Krabben in T0- und T90 Steerten in Bezug auf den Kontakt mit dem Netztuch gleich verhalten, kann angenommen werden, dass es zwar möglich ist die Größenselektion

ßenselektion im T0-Steert mittels optimalem Kontakt-Modus zu simulieren, das in der Praxis aber kaum eine Rolle spielen dürfte. Ansonsten wäre die Simulation auch für die T90-Masche erfolgreich gewesen.

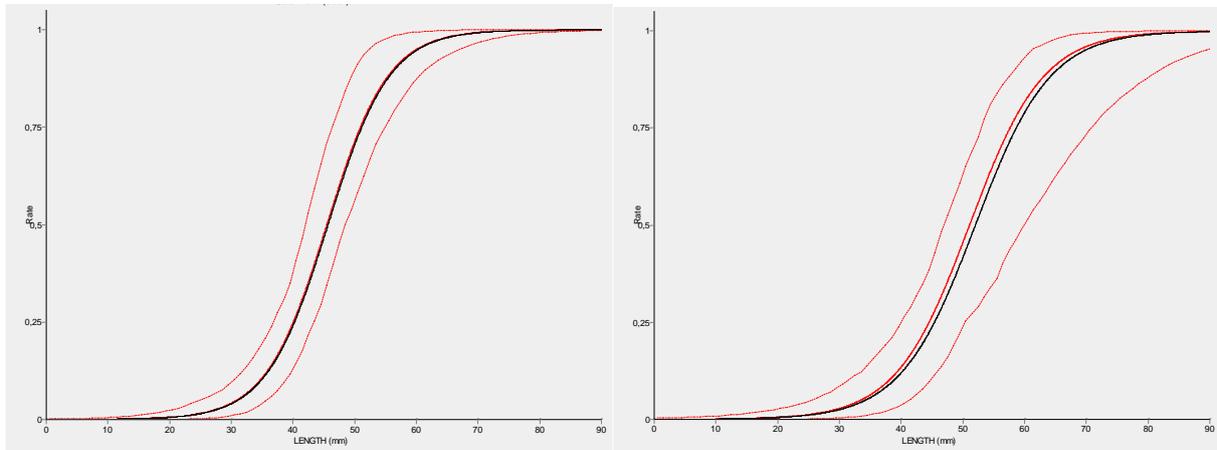
**Abbildung 66:** Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung des optimalen Kontakt-Modus (kombinierten Kontakt-Modus 1) (schwarze Linie).



Im zweiten Szenario wird davon ausgegangen, dass die stärkste Selektionswirkung in der Zone im Netz stattfindet, in der sich der Fang akkumuliert. Hier sind die Maschen am stärksten geöffnet (wie aus den UW-Beobachtungen bekannt). Der Maschenöffnungswinkel lag hierbei für die Standardmasche T0 zwischen 25° und 50° und für die gedrehte Masche zwischen 120° und 145°.

Durch sukzessive Reduktion des Gesamt-Modells mit den 5 kombinierten Kontakt-Modi wurden die relevanten Modi identifiziert. Die im Fang beobachtete Größenselektion bei Nordseegarnelen konnte am besten unter Berücksichtigung der Kontakt-Modi 5 (und 7), 9 und 13 (siehe Kapitel 10.3 und Tabelle 34) beschrieben werden (Abbildung 67).

**Abbildung 67:** Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung der kombinierten Kontakt-Modi 5, 9 und 13 (schwarze Linie).



## 10.7 Gesamtbetrachtung der Größenselektion im Steert

Die meisten der bisher durchgeführten, theoretischen Untersuchungen zur Größenselektion in Steerten wurden an verschiedenen Fischarten durchgeführt (z.B. Herrmann et al. 2009, Sistiaga et al. 2011, Herrmann et al. 2013). Hierbei konnte jeweils gezeigt werden, dass sich die Größenselektion der jeweiligen Fischerarten sehr gut theoretisch beschreiben lässt, wenn davon ausgegangen wird, dass der Fisch versucht in einer optimalen Ausrichtung (optimaler Kontakt-Modus = Kopf voran) durch die Masche zu entkommen. Dadurch ist es relativ einfach möglich, die Größenselektion der jeweiligen Art in Abhängigkeit von Maschenöffnung und Maschenöffnungswinkel vorherzusagen. Die daraus erstellten Desingguides (L50 in Abhängigkeit von Maschenöffnung und Maschenöffnungswinkel) können für diese Arten eine wichtige Entscheidungsgrundlage für das Fischereimanagement liefern.

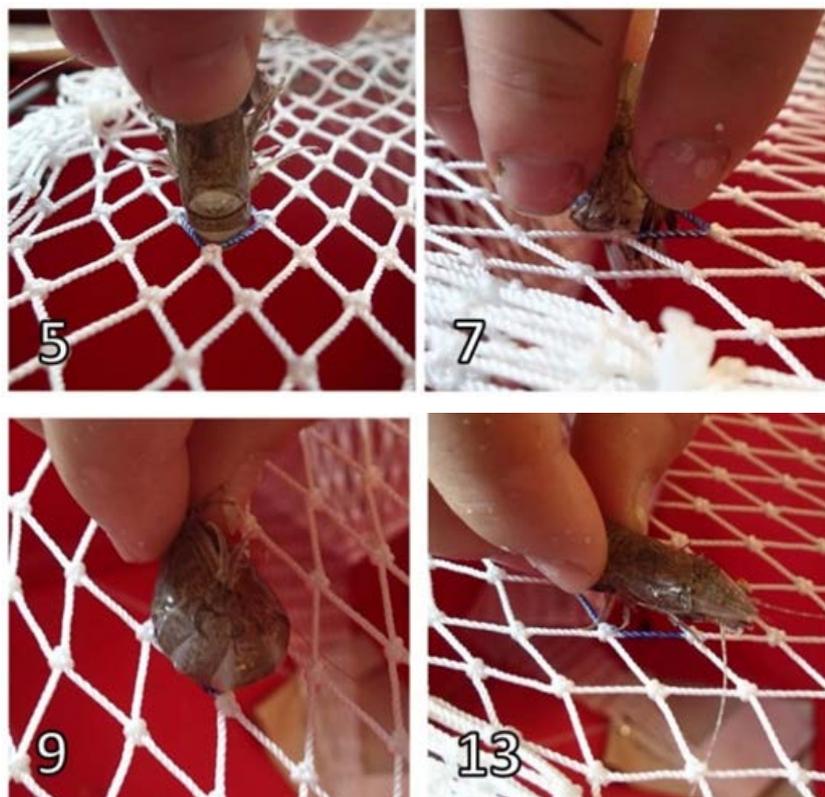
Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden solche Desingguides für *C. crangon* für jeden der 14 möglichen Kontakt-Modi erstellt (siehe Kapitel 10.5.1, Abbildung 59). Im Gegensatz zu den bisher untersuchten Fischarten, spielt bei *C. crangon* jedoch nicht nur ein Modus (der optimale Modus) für das Entkommen eine Rolle, sondern mehrere Kontakt-Modi (Kapitel 10.6.2). Die Relevanz dieser verschiedenen Kontaktmodi ist jedoch nicht über alle Maschenöffnungswinkel konstant. Aus diesem Grund konnte ein Gesamt-Desingguide, der die als praxis-relevant identifizierten Kontakt-Modi zusammenfasst, nicht erstellt werden. Da jedoch nur bestimmte Maschenöffnungswinkel in den Steerten in der Fischerei vorkommen (siehe Kapitel 10.6.2), ist es ausreichend, die Selektionsparameter für die entsprechenden Maschenöffnungswinkel-Bereiche in Abhängigkeit der Maschenöffnung zu ermitteln (Abbildung 69, Abbildung 70, Tabelle 35).

Im Rahmen der hier dargestellten Untersuchungen wurden indirekte Methoden genutzt, um besser zu verstehen, wie *Crangon crangon* im Selektionsprozess auf die Maschen im Steert trifft und

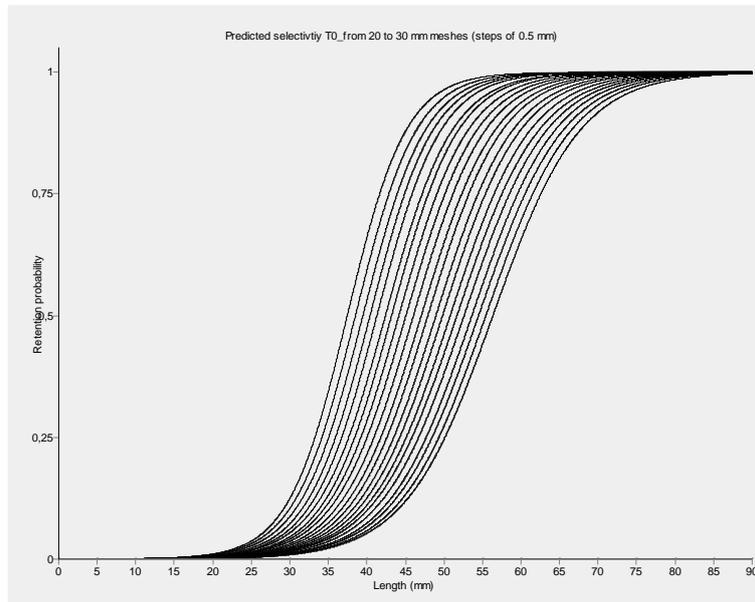
welchen Einfluss die verschiedenen Kontakt-Modi und Maschenöffnungswinkel auf die Größenselektion haben. Das hat vor Allem zu einem besseren Verständnis der Mechanismen beigetragen, die bei der Größenselektion von *Crangon crangon* von Bedeutung sind:

- Krabben treffen nicht zufällig während des Selektionsprozesses auf die Maschen. Vielmehr sind einige wenige Kontakt-Modi für die Größenselektion von *C. crangon* relevant. Diese konnten identifiziert und für die Simulation der Größenselektion verwendet werden. Diese sind (siehe auch
- Abbildung 68):
  - (5) Konkav, Abdomen voran, vertikal
  - (7) Konkav, Cephalothorax voran, vertikal
  - (9) Konkav, lateral
  - (13) Konkav, horizontal
- Durch die Kombination von verschiedenen Kontakt-Modi, realistischen Maschenöffnungswinkeln und Maschenöffnungen ist es möglich, die Selektivität für *C. crangon* für verschiedene Maschenöffnungen theoretisch vorherzusagen (Abbildung 69, Abbildung 70, Tabelle 35).

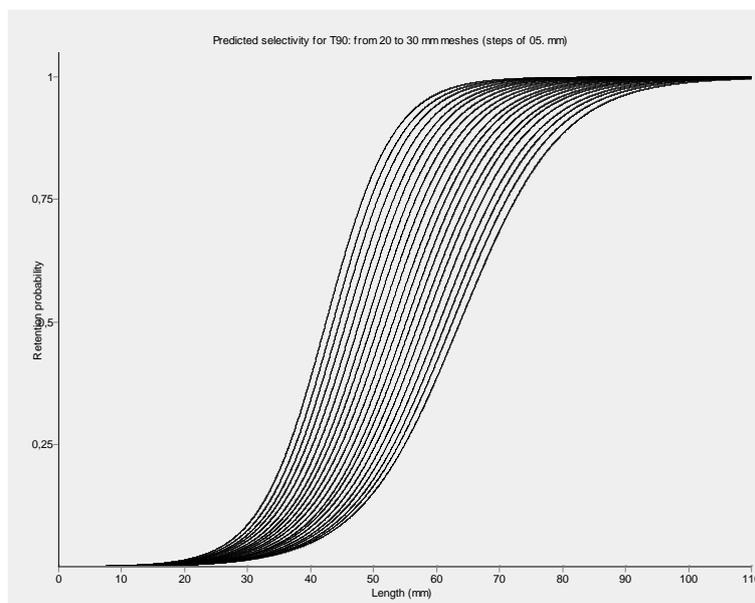
**Abbildung 68:** Übersicht über die 4 Kontakt-Modi, die genügen um die Größenselektion von *Crangon crangon* ausreichend beschreiben zu können.



**Abbildung 69:** Modellierte Größenselektion von *Crangon crangon* in Steerten mit Standardmaschen (T0) für verschiedene Maschenöffnungen; basierend auf gewichteten Beiträgen der verschiedenen Maschenöffnungswinkel. Dargestellt sind Selektionskurven für Maschenöffnung zwischen 20 und 30mm (in 0,5mm-Schritten).



**Abbildung 70:** Modellierte Größenselektion von *Crangon crangon* in Steerten mit um 90° gedrehten Maschen (T90) für verschiedene Maschenöffnungen; basierend auf gewichteten Beiträgen der verschiedenen Maschenöffnungswinkel. Dargestellt sind Selektionskurven für Maschenöffnung zwischen 20 und 30mm (in 0,5mm-Schritten).



**Tabelle 35:** Modellierte Größenselektion von *Crangon crangon*: Selektionsparameter L50 und Selektionsbereich (SR) für T0- und T90-Steerte in Abhängigkeit der Maschenöffnung.

Mesh size (mm)	T0		T90	
	L50 (mm)	SR (mm)	L50 (mm)	SR (mm)
20	37.45	8.39	42.45	11.58
20.5	38.50	8.69	43.57	11.86
21	39.48	8.89	44.60	12.08
21.5	40.40	8.97	45.66	12.48
22	41.30	9.13	46.74	12.79
22.5	42.40	9.53	47.77	12.94
23	43.19	9.54	48.89	13.27
23.5	44.15	9.86	49.86	13.58
24	45.06	10.11	50.95	13.91
24.5	46.04	10.25	51.96	14.13
25	47.05	10.51	53.10	14.52
25.5	47.91	10.64	54.09	14.65
26	48.95	10.94	55.18	14.86
26.5	49.82	11.12	56.12	15.24
27	50.81	11.40	57.22	15.58
27.5	51.68	11.67	58.20	15.68
28	52.61	11.79	59.33	15.98
28.5	53.62	11.85	60.48	16.43
29	54.49	12.06	61.53	16.66
29.5	55.43	12.18	62.56	17.07
30	56.35	12.45	63.74	17.57

## 10.8 Literatur

- Frandsen RP, Herrmann B, Madsen N (2010) A simulation-based attempt to quantify the morphological component of size selection of *Nephrops norvegicus* in trawl codends. *Fisheries Research* 101 (3) 156-167
- Fonteyne R, M'Rabet R (1992) Selectivity experiments on sole with diamond and square mesh codends in the Belgian coastal beam trawl fishery. *Fisheries Research*, 13: 221-233
- Guijarro B, Massutí E (2006) Selectivity of diamond- and square-mesh codends in the deepwater crustacean trawl fishery off the Balearic Islands (western Mediterranean). *ICES Journal of Marine Science*, 63(1): 52-67
- Herrmann B, Krag LA, Frandsen RP, Madsen N, Lundgren B, Stæhr K-J (2009) Prediction of selectivity from morphological conditions: Methodology and a case study on cod (*Gadus morhua*). *Fisheries Research* 97 (1-2) 59-71
- Herrmann B, Sistiaga M, Nielsen KN, Larsen RB (2012) Understanding the size selectivity of redfish (*Sebastes* spp.) in North Atlantic trawl codends. *Journal of Northwest Atlantic Fishery Science* 44: 1–13. doi: 10.2960/j.v44.m680

- Herrmann B, Sistiaga M, Larsen RB, Nielsen KN, Grimaldo E (2013) Understanding sorting grid and codend size selectivity of Greenland halibut (*Reinhardtius hippoglossoides*). *Fisheries Research* 146: 59-73
- Krag LA, Herrmann B, Madsen N, Frandsen RP (2011) Size selection of haddock (*Melanogrammus aeglefinus*) in square mesh codends: A study based on assessment of decisive morphology for mesh penetration. *Fisheries Research* 110, 225-235
- Krag LA, Herrmann B, Iversen SA, Engås A, Nordrum S, Krafft BA (2014) Size Selection of Antarctic Krill (*Euphausia superba*) in Trawls. *Plos One*, DOI: 10.1371/journal.pone.0102168
- Lochhead JH (1961) Locomotion. In: Waterman, TH (Ed) *The physiology of the Crustacea*. Academic Press, New York, 313-356
- Newland PL, Chapman CJ (1989) The swimming and orientation behaviour of the Norway lobster, *Nephrops norvegicus* (L), in relation to trawling. *Fisheries Research* 8, 63-80
- Polet H, Coenjaerts J, Verschoore R (2004) Evaluation of the sieve net as a selectivity-improving device in the Belgian brown shrimp (*Crangon crangon*) fishery. *Fisheries Research* 69, 35-48
- Polet H (2000) Cod-end and whole trawl selectivity of a shrimp beam trawl used in the North Sea. *Fisheries Research*, 48 (2000), 167-183
- Polet H, Redant (1999) Effect of population structure, sampling strategy and sample size on the estimates of selection parameters for shrimp (*Crangon crangon*) trawls. *Fisheries Research* 40, 213-225
- Rauk G, Wienbeck H (1991) Quadratmaschen in der Krabbenfischerei – eine Lösung des Steckerproblems bei Jungseezungen. *Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung* 38 (4)
- Rehme W (1999) Flexibles Gitter für die Größenselektion von Ostseehering. *Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung*, 46(2), 23-26
- Robertson JHB, Stewart PAM (1988) A comparison of size selection of haddock and whiting by square and diamond mesh codends. *ICES Journal of Marine Science*, 44, 148-161
- Sistiaga M, Herrmann B, Nielsen KN, Larsen RB (2011) Understanding limits to cod and haddock separation using size selectivity in a multispecies trawl fishery: an application of FISHSELECT. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 68 (5), 927-940
- Wardle CS (1993) Fish behaviour and fishing gear. In: *Behaviour of teleost fishes*, 2 nd Edition. Pitcher TJ (ed). Chapman and Hall, London. 609-644
- Wienbeck H, Rauk G (1992) Quadratmaschen im Steert - ein zusätzlicher Schoneffekt für den Garnelenbestand? *Informationen für die Fischwirtschaft aus der Fischereiforschung*, 39(2), 76-79

## 11 Populationsdynamik

### 11.1 Beschreibung des Populationsmodells

Veränderungen in komplexen Systemen zu analysieren, die zudem noch natürlichen Schwankungen unterliegen, ist durch Beobachtungen alleine oft nicht möglich. Zudem können die Auswirkungen bestimmter Maßnahmen oder Veränderungen nur selten auf einfache Weise vorhergesagt werden. Mathematische Modelle, die zum einen die wichtigsten Prozesse abbilden, zum anderen aber einfach genug sind, dass sie schnell und effizient berechnet werden können, bilden daher oft, und so auch im Projekt CRANNET, eine wichtige Grundlage in der Datenanalyse, der Prognose und der Interpretation.

Das hier verwendete Simulationsmodell ist ein Yield-per-Recruit-Modell (YR), das speziell an den Lebenszyklus der Nordseegarnelen (*Crangon crangon*) angepasst wurde. YR-Modelle berechnen den zu erwartenden fischereilichen Ertrag (Yield) in Relation zu einem startenden Individuum (Rekrut). Da in vielen Fällen die Jahrgangsstärke (oder auch „Recruitment“) variabel oder unbekannt ist, kann man durch die Normierung auf einen Rekruten die Entwicklung einer Population in Abhängigkeit von anderen Faktoren wie zum Beispiel fischerei-bedingten Faktoren analysieren (z.B. Änderungen der Umweltbedingungen wie Temperaturerhöhung oder Aufwandsänderungen in der Fischerei). Um trotz unbekannter Biomasse der Garnelenpopulation Veränderungen im Vergleich zu den realen Fischereiertrag abbilden zu können, wurde in dem hier verwendeten Modell die Anzahl der Rekruten (in diesem Fall die Anzahl der Eier) basierend auf den Analysen von Temming & Damm (2002) eingestellt.

Das YR-Populationsmodell, welches im Projekt CRANNET verwendet wurde, ist momentan das detaillierteste Nordseegarnelenmodell und wurde bereits in verschiedenen Studien verwendet (Temming & Damm 2002, Lütke 2002, ICES 2003, Rückert 2011 und Temming & Hufnagl 2014). In CRANNET wurde die Parametrisierung des Modells weiter verbessert. Grundlegend unterscheidet es sich aber nicht von der Version, die von Rückert (2011) und Temming & Hufnagl (2014) verwendet wurde. Zunächst wird kurz die Funktion des Modells erklärt, dann werden ausgewählte Aspekte des Modells genauer erläutert.

#### 11.1.1 Funktionsweise

Im Modell starten jeden Tag mehrere Kohorten (in der Regel 30), deren Individuenanzahl, wie im letzten Abschnitt erwähnt, proportional zu einem Laichindex ist, welcher die saisonale Verteilung von befruchteten Eiern im Feld abbildet. Die täglich startenden Eier entwickeln sich zu Larven, die Larven zu juvenilen und die juvenilen zu adulten Garnelen, die dann befischt werden. Wachstum und Entwicklung sind abhängig von der Temperatur, der Größe der Garnelen und ihrem Geschlecht. Die Reproduktionsraten adulter Weibchen basieren auf dem Anteil Eitragender Weibchen je Längensklasse und der Eientwicklungszeit. Nordseegarnelen tragen ihre Eier angeheftet an

das Abdomen. Damit bei einer Häutung des adulten Tieres die Eier nicht sterben bzw. das Weibchen nicht mit den zurückgelassenen Eihüllen belastet wird ist die Eientwicklungszeit mit dem Häutungsintervall der Weibchen synchronisiert. Die von den adulten weiblichen Garnelen produzierten Eier werden daher in Abhängigkeit von ihrer Größe gemäß der Häutungsrate freigesetzt, die wiederum von der Größe der Garnele und der Temperatur abhängt.

Parallel zum Größenwachstum der Individuen wird die Anzahl der Individuen in den Kohorten durch eine längenabhängige Sterblichkeit reduziert. Die natürliche Sterblichkeit ( $M$ ) ist dabei in frühen Lebensstadien am stärksten und nimmt mit zunehmender Länge ab. Ab einer bestimmten Länge, welche in der CRANNET-Version des Modells durch eine Selektionsfunktion definiert wird (s.u.), wirkt zusätzlich zur natürlichen Sterblichkeit ( $M$ ) die fischereiliche Sterblichkeit ( $F$ ). Beide Sterblichkeiten,  $F$  und  $M$ , unterliegen saisonalen Schwankungen (s.u.). Basierend auf den aktuellen Parametrisierungen umfasst der Lebenszyklus der Nordseegarnele ca. 2 Jahre und kann wie folgt grob skizziert werden. Aus den Wintereiern (Dez-Apr) schlüpfen Zoenen, die ungefähr im Juni, bedingt durch die zunächst geringen Temperaturen und den starken Temperaturanstieg im Mai, synchronisiert als eine Welle von juvenilen Tieren in das Wattenmeer einwandern. Mit zunehmender Größe wandern sie in tiefere Gebiete, wo sie im September für einen Anstieg in den Garnelenfängen sorgen. Im Winter sind die Garnelen dann geschlechtsreif und produzieren, mit einer Länge von ca. 50-70 mm, die nächste Generation. Tiere über 70 mm sind vermutlich älter ( $> 1$  Jahr), werden aber nur selten gefangen. Um einen Gleichgewichtszustand des Modells zu erreichen, wird daher eine Simulationszeit von mindestens zwei Jahren benötigt, um alle Altersklassen abzubilden.

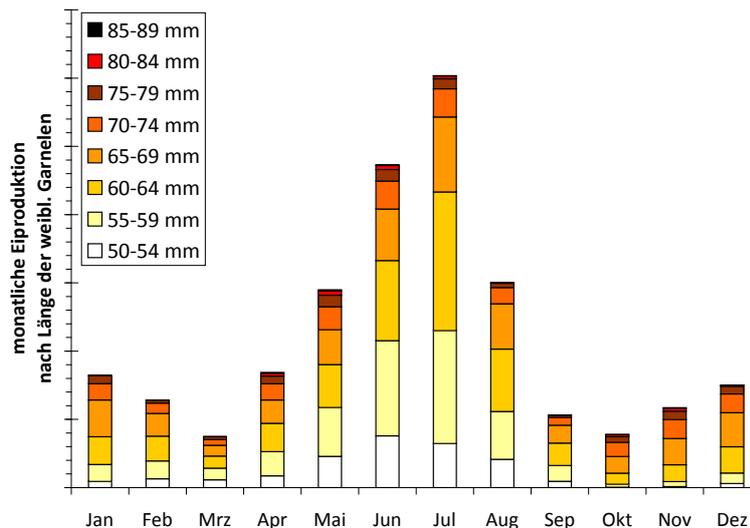
Zur Modellvalidierung dienen drei Größen/Maßstäbe, die jeweils basierend auf den Ergebnissen des letzten Modell-Simulationsjahrs berechnet werden: (1) Der saisonale Verlauf der Anlandungen (im Folgenden auch als Fang bezeichnet), (2) das zeitliche Auftreten der 15 mm Rekruten (Einwanderung) und (3) die Saisonalität der Eiproduktion. Der saisonale Verlauf der Anlandungen basiert auf den offiziellen deutschen Anlandestatistiken (WGCRAN 2014) der letzten 10 Jahre, das zeitliche Auftreten der Rekruten und der Eiproduktion auf der Literaturrecherche und den Berechnungen von Temming & Damm (2002).

### 11.1.2 Laichindex und Häutung

Der im Modell verwendete Laichindex, der als zentraler Eingangs-Parameter verwendet wird und die saisonale Verteilung von befruchteten Eiern im Feld wiedergibt, basiert auf Berechnungen von Temming und Damm (2002), wurde durch Berechnungen von Rückert (2011) ergänzt und innerhalb des Projektes CRANNET weiter aktualisiert. Zunächst ermittelten Temming und Damm 2002 die saisonale Größenzusammensetzung in der Garnelenpopulation. Mit Hilfe der Anzahl eiträger Weibchen von Tiews (1990) und der Anzahl der Eier pro Weibchen (Havinga 1930) wurde die Gesamtanzahl der Eier in der Population abgeschätzt. Über die Häutungsrate der eit-

ragenden Weibchen, welche abhängig von Temperatur und Länge ist, wurde schließlich ermittelt, wie viele Eier zu welcher Jahreszeit freigesetzt werden (gesamt Höhe der Balken in Abbildung 71).

**Abbildung 71:** Eiproduktion je Länge der Weibchen basieren auf der Anzahl weiblicher Garnelen je Längenklasse, Anzahl der Eier je Weibchen, Anteil der eitragenden Weibchen je Monat und Länge und Eientwicklungszeit nach Temming und Damm (2002) und Rückert (2011).



### 11.1.3 Wachstum

In der Natur unterliegt das Wachstum der Nordseegarnele einer hohen individuellen Variabilität (Hufnagl et al. 2011b). Allerdings konnten Hufnagl und Temming (2011b) zeigen, dass Garnelen mit einer höheren Wachstumsrate einen Überlebensvorteil gegenüber ihren langsam wachsenden Artgenossen besitzen. Dies ist vorwiegend dadurch bedingt, dass die Sterblichkeitsrate für kleinere Tiere höher ist, als für größere Tiere. Somit sind schneller wachsende Tiere für kürzere Zeit dem hohen Predationsdruck früherer Lebensstadien ausgesetzt. Die schnellerwachsenden Tiere beeinflussen daher maßgeblich die Populationsdynamik und dominieren in den Fängen. Aus diesem Grund ist es auch nicht möglich, die Beobachtungen in der Natur mit einer mittleren Wachstumsrate abzubilden. Um der hohen Wachstums-Variabilität im Modell gerecht zu werden und um auch die Dynamik der langsam wachsenden Tiere mit abzubilden, starten im Modell täglich mehrere Kohorten, welche sich durch eine Kohorten-spezifische Wachstumsrate auszeichnen. Diese Kohorten-spezifische Wachstumsrate errechnet sich aus dem mittleren Wachstum und der normalverteilten Zufallszahl  $cvGR$  ( $\mu=1$ ,  $\sigma^2=0.09$ ). Um das Auftreten unrealistisch großer Nordseegarnelen zu vermeiden, wurde die Normalverteilung auf einen Bereich beschränkt, der durch die dreifache Standardabweichung begrenzt wird.

Da eine Altersbestimmung bei Nordseegarnelen bisher nicht möglich ist, können Wachstumsraten nur über indirekte Methoden (z.B. Kohortenverfolgung) oder Laborversuche bestimmt werden. Feldmethoden werden oft durch selektive Sterblichkeit (z. B. höhere Sterblichkeit langsamwachsender Garnelen) oder durch längen- und altersbedingtes Wanderverhalten beeinflusst und sind daher nur im Fall hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung aussagekräftig. Bei Laborversuchen ergibt sich oft das Problem der Interpretation und der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf die Feldsituation (siehe auch Hufnagl & Temming 2011 a, b). Perger & Temming (2012) haben daher eine Methode entwickelt, mit der basierend auf dem Trockengewicht der Tiere die Wachstumsrate direkt im Feld abgeschätzt werden kann. Neue Kalibrierversuche und neue Auswertungen bereits bestehender Datensätze wurden innerhalb des Projekts CRANNET durchgeführt, um die verwendeten Wachstumsmodelle weiter zu verbessern und zu validieren.

## 11.2 Verbesserung und Erweiterung des Populationsmodells

Es wurden bisher unterschiedliche Versionen des Krabben-Populationsmodells veröffentlicht (Temming & Damm 2002, Lütke 2002, ICES 2003, Rückert 2011, Hufnagl et al. 2010 und Temming & Hufnagl 2014). Das ursprüngliche Modell war in der Programmiersprache Pascal verfasst und wurde von Rückert (2011) in Delphi überführt. Die Version von Rückert (2011) wurde von Temming & Hufnagl 2014 in eine matrizenbasierte Version umgeschrieben, was die Anwendbarkeit und Rechenzeit des Modells wesentlich verbesserte. Mit Beginn des CRANNET-Projekts wurde diese matrizenbasierte Version an die frei verfügbare „R“ Umgebung angepasst. Diese orientiert sich wesentlich an der Temming & Hufnagl (2014) Version. Diese neue Version erlaubt eine einfachere Verwendung des Modells durch andere Arbeitsgruppen und die Projektpartner und trägt wesentlich zur „open-source“ und „open access“ Philosophie bei. Zudem erlaubt es die Kopplung mit anderen existierenden Modellen, die z.B. die Ökonomie berücksichtigen.

Zur Qualitätssicherung war eines der ersten Ziele, mit der neuen, in R überführten Modell-Version, Ergebnisse des ursprünglichen Pascal- (Lütke 2002) und Delphi-Modells (Rückert 2011) zu reproduzieren. Die Angleichung der neuen Modellversion an die alte (Rückert 2011) sowie die Reparametrisierung einzelner Teile (Wachstum, Häutung, Einführen der Selektionsfunktion) nahm daher auf Grund der Komplexität des Modells einen erheblichen Anteil der Projektdauer in Anspruch. Alle vorherigen Modell-Versionen und die damit erzeugten Basisparameter (saisonales Anlandungsmuster, zeitliches Auftreten der Rekruten, saisonales Muster der Eiproduktion) können mit der neuen R-Version erfolgreich reproduziert werden.

Ausgehend von der neuen R-Version des Populationsmodells und der Basisparametrisierung nach Rückert (2011) wurden folgende Analysen durchgeführt und Änderungen vorgenommen:

- (1) Sensitivitätsanalyse entscheidender Modellparameter
- (2) Untersuchung der Wachstumsvariabilität
- (3) Untersuchung der Häutungsrate
- (4) Implementierung der Steert- und Siebselektion

### 11.2.1 Sensitivitätsanalyse entscheidender Modellparameter

Das Populationsmodell wurde einer Sensitivitätsanalyse unterzogen. Sensitivitätsanalysen bilden einen Grundstein der Modellvalidierung, da sie zeigen, welche Parameter den größten Einfluss haben, wie stark einzelne Parameter schwanken dürfen (wie groß die Unsicherheit sein darf), um das Ergebnis nicht maßgeblich zu verfälschen und um herauszufinden, auf welche Parameter in der zukünftigen Forschung besonderes Augenmerk gesetzt werden muss.

Insgesamt wurden für die Analyse 79 Parameter des Modells und deren Einflüsse getestet (Anhang, Tabelle 72). Die Temperatur für die Analyse wurde mit einer Sinusfunktion beschrieben. Auf diese Weise kann auch der Temperatureffekt untersucht werden. Für die Sensitivitätsanalyse wurde die mittlere fischereiliche Sterblichkeit konstant gehalten ( $F = 2.2 \text{ a}^{-1}$ ).

Diese Analyse orientierte sich an dem Protokoll von Megrey and Hinckley (2001). Basierend auf den 79 Parametern der Basis-Parametereinstellung wurden insgesamt 1000 unterschiedliche Parametersets (mit jeweils 79 Parametern) gebildet und jeder Parameter wurde zufällig in 0,1%-Schritten bis zu 50% über und unter seinen Ursprungswert variiert.

Mit saisonalen Indizes (Relativwerten), wie Fischereiaufwand und natürlichen Sterblichkeiten, wurde anders verfahren, um ein Ungleichgewicht zu vermeiden. Z.B. unterliegt die natürliche Sterblichkeit ( $M$ ) einem saisonalen Zyklus, da im Herbst wesentlich mehr Prädatoren (juveniler Kabeljau und Wittling) vorhanden sind als im Frühjahr. Würde man den Herbstwert um 50% variieren, wäre die Größenordnung der Variation des Absolutwerts wesentlich höher als z.B. im Februar. Ungleichgewichte entstehen also, da der August, welcher einen hohen Indexwert hat, bei einer 50 %-Variation einen stärkeren Effekt hat als die 50%-Variationen des Indexwertes im Februar mit geringem Ursprungswert. Für die saisonalen Indizes wurde deshalb nicht die prozentuale Änderung ( $\% \text{Variation} \times \text{Index}$ ), sondern der absolute prozentuale Wert verwendet ( $\text{Index} + \% \text{Variation}$ ). Die Variation aller Parameter wurde auf 0.01 beschränkt, um negative Werte und Null zu vermeiden. Schließlich wurden die so variierten Parameter zufällig kombiniert und zu den 1000 neuen Parametersets zusammengefasst.

Im zweiten Schritt wurden die Parametersets im Simulationsmodell verwendet. Dadurch wurden 1000 Sets von Ergebnisvariablen errechnet, darunter das saisonale Muster der Anlandungen, der 15 mm Rekruten und der Eiproduktion. Für diese drei Ergebnisvariablen wurden die Summen der Abweichungsquadrate von den Beobachtungswerten errechnet. Zuletzt wurden die Abweichungsquadrate der Ergebnisvariablen mit den jeweiligen Parametervariationen für jeden einzelnen Parameter korreliert. Parameter, welche bei dieser Analyse eine hohe erklärte Varianz aufweisen, haben starken Einfluss auf das Model und gelten als sensitiv.

**Tabelle 36:** Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse. Aufgelistet sind Parameter deren 50 %Variation einen signifikanten Einfluss ( $p < 0.001$ ) auf die Ergebnisvariablen „Saisonales Muster der Anlandungen“ und „Saisonales Auftreten 15 mm Rekruten“ hat. Kein Parameter zeigte einen signifikanten Effekt auf das saisonale Muster der Eiproduktion. Je weiter der Pearsons-Korrelationskoeffizient ( $r^2$ ) von Null abweicht, desto größer ist der Einfluss des Parameters auf die Modellergebnisse.

Saisonales Muster der Anlandungen		
$r^2$	Parameter	Funktion und Beschreibung
-0.415	$T_1$	Offset-Parameter Temperaturfunktion (verschiebt T-Kurve nach oben/unten) $T=T_1+7.3877*\sin(0.01756*(\text{Kalendertag}-131.1761))$
-0.277	$GR_{Female1}$	Wachstum Weibchen $GR_f=GR_{Female1}*T-0.00177*e^{0.0951*T}*Length$
-0.207	$GR_{larvae2}$	Larvalentwicklung $GR_l=(5.5/0.0584)*T-GR_{larvae2}$
0.198	$GR_{Female2}$	Wachstum Weibchen $GR_f = 0.03946 * T - GR_{Female2} * e^{0.0951 * T} * Length$
-0.195	$T_3$	Zeitpunkt des Temperaturmaximums $T=9.8933+7.3877*\sin(0.01756*(\text{Kalendertag}-T_3))$
-0.167	$GR_{Male1}$	Wachstum Männchen $GR_m=GR_{Male1}*T-0.00187*e^{0.0951*T}*Length$
-0.144	$T_2$	Amplitude der Temperaturkurve $T=9.8933+T_2*\sin(0.01756*(\text{Kalendertag}-131.1761))$
Saisonales Auftreten 15 mm Rekruten		
$r^2$	Parameter	Funktion
0.266	$T_1$	Offset-Parameter Temperaturfunktion (verschiebt T-Kurve nach oben/unten) $T=T_1+7.3877*\sin(0.01756*(\text{Kalendertag}-131.1761))$
0.228	$T_3$	Zeitpunkt des Temperaturmaximums $T=9.8933+7.3877*\sin(0.01756*(\text{Kalendertag}-T_3))$
0.196	$GR_{Female1}$	Wachstum Weibchen $GR_f=GR_{Female1}*T-0.00177*e^{0.0951*T}*Length$

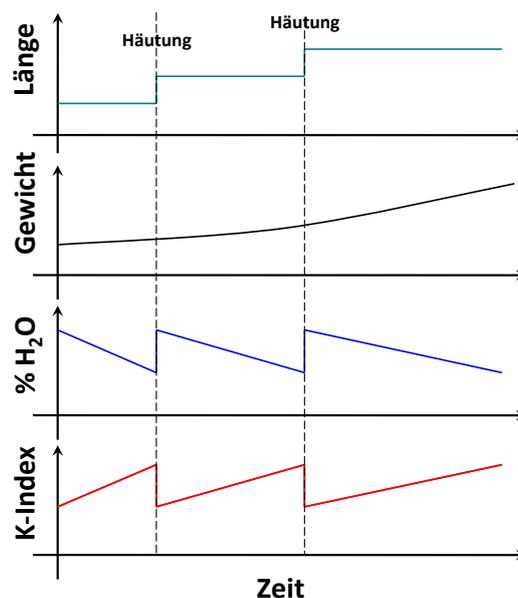
Die Ergebnisse der Analyse sind in Tabelle 36 aufgeführt. Betrachtet werden hierbei nur Parameter, deren Einfluss auf die Modellergebnisse hochsignifikant sind ( $p < 0.001$ ). Keiner der getesteten Parameter zeigte einen bedeutenden Einfluss auf das saisonale Muster der Eiproduktion. Das saisonale Muster der Anlandungen und der 15 mm Rekruten wird maßgeblich durch die Temperatur und das Wachstum der Garnelen bestimmt. Hinsichtlich der Temperatur werden die Anlandungen sowohl von der absoluten mittleren Jahrestemperatur als auch von der Amplitude und dem Zeitpunkt des Temperaturmaximums bestimmt. Das Auftreten der 15 mm Rekruten unterliegt hingegen nur dem Einfluss der mittleren Temperatur und dem Zeitpunkt des Temperaturmaximums. Das Wachstum der Weibchen hat einen Effekt auf das saisonale Muster der Anlandungen und der 15 mm Rekruten. Ferner wird das Muster der Anlandungen von der Larvalentwicklung und dem Wachstum der Männchen beeinflusst. Sowohl die Temperatur als auch die Wachstumsraten der Garnelen wurden im Projekt CRANNET aktualisiert und eingehend untersucht.

## 11.3 Validierung und Verbesserung der Wachstums- und Häutungsraten-Parametrisierungen

### 11.3.1 Grundlagen des Häutungszyklusses und Wachstums

Krebstiere (Crustaceen) und somit auch die Nordseegarnele sind von einem starren Chitinpanzer umgeben, wodurch ein kontinuierliches Längenwachstum nicht möglich ist. Crustaceen bauen daher kontinuierlich nur Biomasse (also Gewicht) auf und ersetzen im gleichen Maße Wasser. Dadurch nehmen zwischen den Häutungen der Wassergehalt ab und das Trockengewicht zu, die Länge bleibt aber gleich. Wenn das alte Exoskelett abgestreift wurde, ist das Tier für wenige Stunden bis Tage in der Lage, in die Länge zu wachsen. Dies geschieht durch Wasseraufnahme, wodurch der Wassergehalt wieder steigt, die Länge zunimmt, das Trockengewicht jedoch gleich bleibt (siehe Abbildung 72).

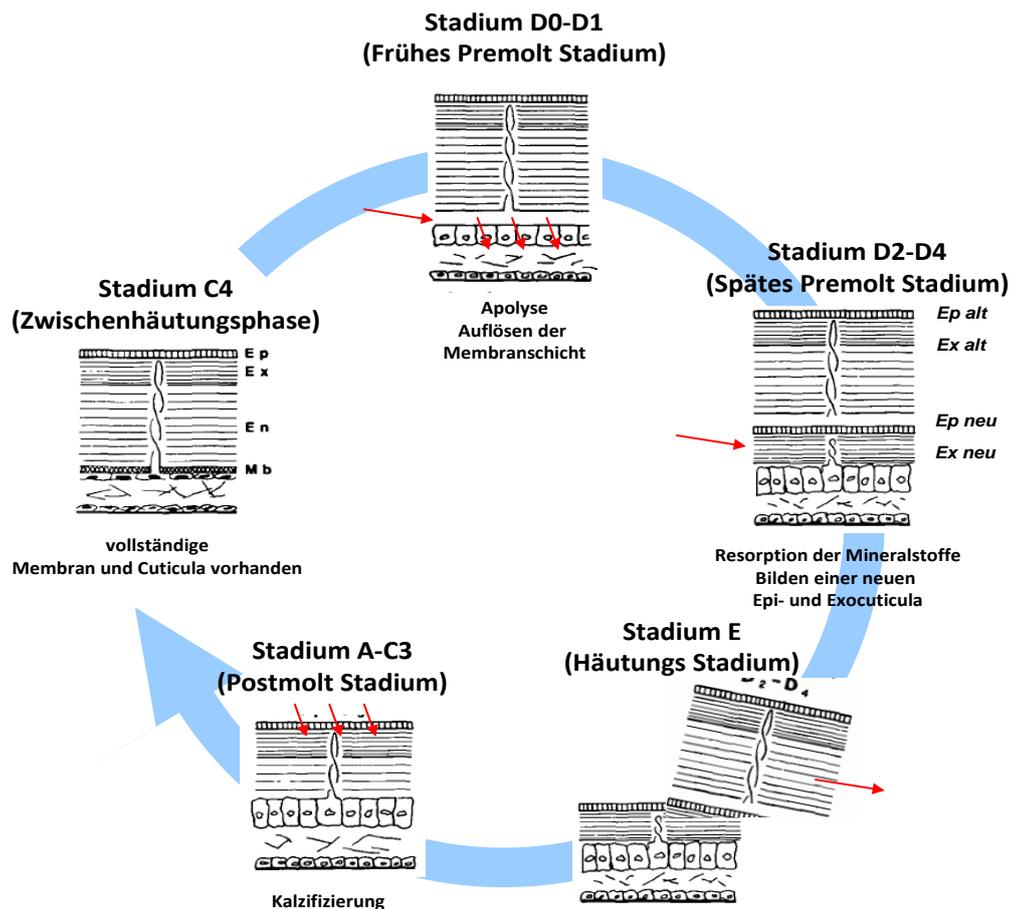
**Abbildung 72:** Schematischer zeitlicher Verlauf des Längen- und Gewichtswachstums sowie des Wassergehalts und des Konditionsindex (Trockengewicht/ Länge<sup>3</sup>) der Nordseegarnele.



Der Häutungszyklus wird in verschiedene Stadien aufgeteilt (Abbildung 73). Stadium A ist das Stadium direkt nach der Häutung. Das Tier ist noch weich und nimmt Wasser auf, um sich zu vergrößern. Die Mundwerkzeuge härten bereits aus oder sind schon ausgehärtet, um eine Nahrungsaufnahme zu ermöglichen. Die Mineralisierung der Exocuticula beginnt. Stadium B-C, Aushärtung der gesamten Endo- Exo- und Epicuticula. Zwischen Endocuticula und Gewebe beginnt sich eine Membran zu bilden. Das 4. und letzte Unterstadium von Stadium C bildet die Zwischenhäutungsphase, in der sowohl Membran, Endo- Exo- und Epicuticula vorhanden sind. Stadium D ist charakterisiert durch die Vorbereitung des Tieres auf die Häutung. Die Membran wird aufge-

löst, Mineralstoffe aus der Endocuticula resorbiert und eine neue Exo- und Epicuticula aufbaut. Stadium E ist dann das Häutungsstadium, in der sich das Tier durch Wasseraufnahme vergrößert, die alte Exuvie abstreift und in der Länge wächst.

**Abbildung 73:** Schematischer zeitlicher Verlauf der Prozesse während des Häutungszyklus (modifiziert von Roer & Dillaman 1984)



Auf Grund dieser Prozesse verliert die Garnele bei jeder Häutung jegliche Hartstruktur und somit auch jegliche nutzbare Altersinformation, wodurch eine Bestimmung der Wachstumsraten erschwert wird. Die einzige Möglichkeit die Population zu untersuchen, das Alter oder die Sterblichkeit zu bestimmen, führt daher über eine genaue Bestimmung der Wachstumsraten.

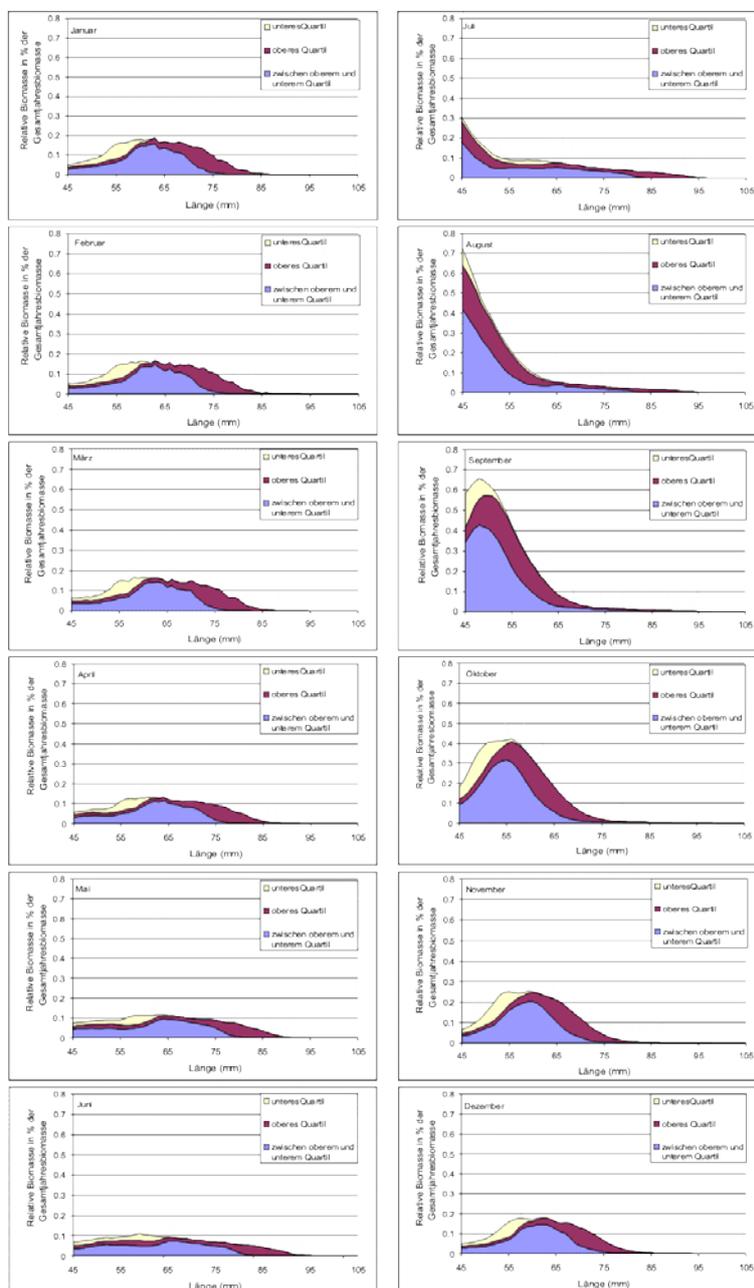
Hufnagl und Temming (2011a, b) haben im Labor Wachstumsversuche durchgeführt, um eine Längen- und Temperaturabhängige Wachstumsfunktion zu parametrisieren, die dann in dem Garnelen Populationsmodell verwendet werden kann. Die im Labor gewonnenen Daten wurden in einer Metanalyse durch Wachstumsraten aus der verfügbaren Literatur ergänzt.

Basierend auf diesem Datensatz wurde folgendes Wachstumsmodell, welches auf der von Bertalanffy Wachstumsgleichung basiert, für die gesamte Population parameterisiert:

$$GR = 0.02421 \cdot T - 0.00115 e^{0.08492 \cdot T} \cdot L \quad (\text{mittlere Wachstumsrate der Population})$$

Die Studie von Hufnagl & Temming (2011 b) zeigte aber auch, dass eine mittlere Wachstumsrate nicht ausreicht, um den Lebenszyklus der Nordseegarnele zu schließen und mit Beobachtungen in Einklang zu bekommen. Das liegt an einer Mischung aus hoher Wachstumsvariabilität und hoher Sterblichkeit, wodurch insbesondere die schnell wachsenden Tiere dominieren. Dies konnte von Rückert (2011) auch mit Hilfe des Populationsmodells gezeigt werden (Abbildung 74).

**Abbildung 74:** Aus Rückert (2011). Monatlich getrennt angegebene, längenspezifische (ab 45mm) Beiträge zur Biomasseproduktion der 25% schnellstwachsenden (oberes Quartil), 50% durchschnittlich wachsenden (zwischen den Quartilen) und 25% langsamstwachsenden Tiere (unteres Quartil).

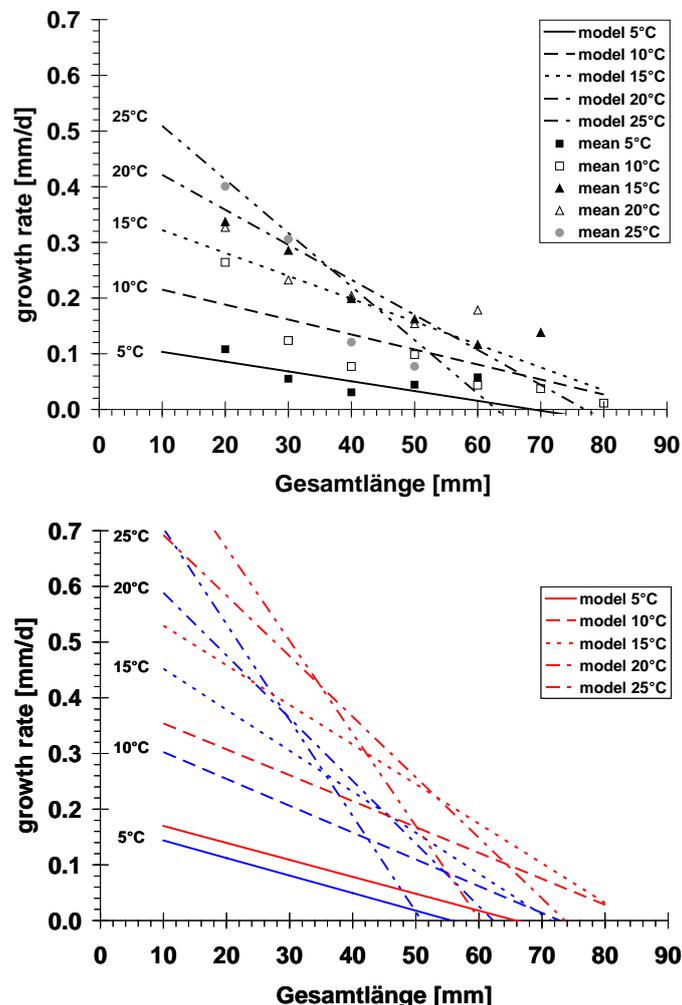


Da Männchen und Weibchen in verschiedenen Studien getrennt erfasst wurden, konnte in der Studie von Hufnagl und Temming (2011b) zudem ein Männchen und ein Weibchenwachstumsmodell erstellt werden (Abbildung 75):

$$GR = 0.03505 \cdot T - 0.00206 e^{0.08492 \cdot T} \cdot L \quad (\text{Wachstumsrate Männchen})$$

$$GR = 0.04004 \cdot T - 0.00199 e^{0.08492 \cdot T} \cdot L \quad (\text{Wachstumsrate Weibchen})$$

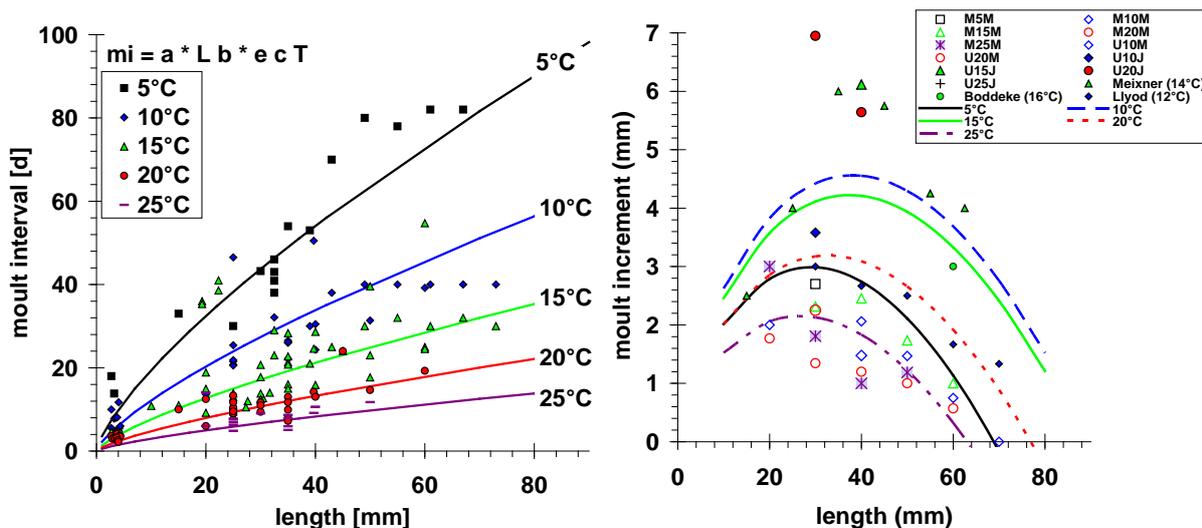
**Abbildung 75:** Wachstumsraten der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere nach Hufnagl & Temming (2011b). Obere Grafik: Mittlere Wachstumsraten der gesamten Population. Untere Grafik: Wachstumsraten von weiblichen (rot) und männlichen (blau) Garnelen.



Zusätzlich zu den Wachstumsraten wurden in Laborversuchen auch die Häutungsraten bzw. die Länge der Zwischenhäutungsintervalle bestimmt (Abbildung 76). Bei adulten Weibchen entspricht die Häutungsrate ziemlich genau der Eientwicklungszeit. Daher wird im Y/R Populationsmodell die in Hufnagl und Temming (2011b) bestimmte Häutungsrate sowohl für die Berechnung des Laichindex, als auch für die Berechnung der Eiproduktion verwendet. Basierend auf der

Wachstumsrate [mm/Tag] und dem Häutungsratenmodell [Tage] kann man dann die Inkremente berechnen, die theoretisch nötig wären, um die Wachstumrate zu erzeugen (Abbildung 75).

**Abbildung 76:** Zwischenhäutungsintervalle (links) und Häutungsinkremente (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere nach Hufnagl & Temming (2011b). Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten, die Punkte den Werten verschiedener Laborversuche. Für die Inkremente wurde kein spezielles Modell angepasst, sondern auf das Wachstums- und das Zwischenhäutungsintervall-Modell zurückgegriffen.



Die in Abbildung 75 gezeigten Wachstumsmodelle basieren vorwiegend auf Laborexperimenten und zum Teil auf Kohortenverfolgungen im Feld. Beide Methoden sind hinreichend genau, bilden aber evtl. die tatsächlich Situation im Feld nicht ab. Eine in situ Methode, mit der die aktuellen Wachstumsraten im Feld bestimmt werden können, wäre daher wünschenswert und würde am besten die Feldsituation beschreiben. Im Folgenden werden vier verschiedene Ansätze vorgestellt, die in CRANNET verwendet wurden, um die im Modell verwendeten Häutungsraten „in situ“ zu validieren.

**Labor-Inkremente**

Dieser Ansatz basiert auf der Tatsache, dass Nordseegarnelen einen Tag vor der Häutung (am Ende von Häutungsstadium D) die Nahrungsaufnahme einstellen. Fängt man also eine Garnele im Feld, hält sie im Labor bei der Temperatur, die beim Fang beobachtet wurde und notiert die Inkremente der Tiere, die sich innerhalb des ersten oder zweiten Tages häuten, so sollten die Inkremente dieser Garnelen annähernd der Feldsituation entsprechen. Der Zuwachs wäre nur durch die Nahrungsbedingungen im Feld und die Temperaturen, die das Tier erfahren hat, bestimmt. Der Vorteil dieser Methode ist, dass man das Wachstum im Feld abbilden kann, der Nachteil ist, dass man, auf Grund der hohen Wachstumsvariabilität und der lange Zwischenhäutungsintervalle, eine große Menge an Tieren ins Labor bringen, einzeln vermessen und täglich kontrollieren muss. Zudem müssen die Tiere einzeln gehalten werden, da Garnelen kannibalis-

tisch sind. Bei Transport und während der Hälterung können die Tiere gestresst werden, was die Wachstumsraten ebenfalls beeinflussen kann.

### **Labor-Häutungsraten**

Da die Wachstumsrate nicht nur von dem Inkrement, sondern auch von der Länge des Zwischenhäutungsintervalls abhängt, muss dieses in den Laborversuchen mitbestimmt werden. Nimmt man den zuvor beschriebenen Ansatz, so kann das Zwischenhäutungsintervall bestimmt werden als: Anzahl der Tiere einer Längengruppe im Versuch geteilt durch die Anzahl der Tiere einer Längengruppe, die sich gehäutet haben. Hat man 10 gleichgroße Tiere und 2 häuten sich, so ist das Zwischenhäutungsintervall 5 Tage, da sich in 5 Tagen alle Tiere einmal gehäutet hätten, bzw. sich täglich 20% der Population häuten.

### **Feld-Häutungsraten**

Basierend auf der gleichen Logik wie im Abschnitt zuvor kann man die Häutungsrate im Feld bestimmen. Nach der Häutung, während der Längenwachstumsphase (Stadium E und A), sind die Garnelen weich und können anhand der Härte des Panzers leicht von Tieren, die sich in der Zwischenhäutungsphase (Stadium B-D) befinden, unterschieden werden (siehe Abbildung 73). Für die vollständige Aushärtung benötigt die Nordseegarnele ungefähr einen Tag (Perger und Temming, 2012). Fängt man eine repräsentative Menge an Garnelen einer Größe, so kann man, ähnlich wie in der Labor-Häutungsrate Methode aus der Rate aller Tiere einer Größe/ weiche Tiere einer Größe, das Zwischenhäutungsintervall berechnen. Sollten die Tiere länger benötigen, um auszuhärten, also z.B. 2 Tage, so würde sich das berechnete Häutungsintervall verdoppeln. Um den Aushärtungsvorgang genau zu beschreiben, muss man genau den Zeitpunkt der Häutung bestimmen können. Dies ist nur mit permanenter Videoüberwachung der Tiere in den Versuchen möglich.

### **Trockengewichts-Inkrementvorhersage**

Eine weitere Möglichkeit der Wachstumsbestimmung besteht darin sich die spezielle Physiologie des Wachstums (siehe Abbildung 72) bei Krebstieren zunutze zu machen. So konnten Perger & Temming (2012) in Versuchen - die auf der Labor-Inkrement und Labor-Häutungsrate Methode basierten - zeigen, dass das Inkrement einer Garnele mit dem Trockengewicht vor der Häutung korreliert ist. Kennt man also die Längen und die Trockengewichte einer repräsentativen Menge an Tieren, kann man das mögliche Wachstum vorhersagen. Diese Methode ist eine neu entwickelte Methode, die bisher nur für einzelne Längeklassen, Geschlechter und Temperaturen geprüft wurde. Da die Wachstumsrate basierend auf dem Trockengewicht bestimmt wird, spielen Faktoren wie Reifung der Gonaden der Weibchen eine Rolle.

### **Datengrundlage**

Eine Reihe von bestehenden Daten und die Resultate neuer Versuche und Felduntersuchungen wurden in CRANNET zusammengetragen und werden im Folgenden mit der bestehenden Modell-Parametrisierung verglichen.

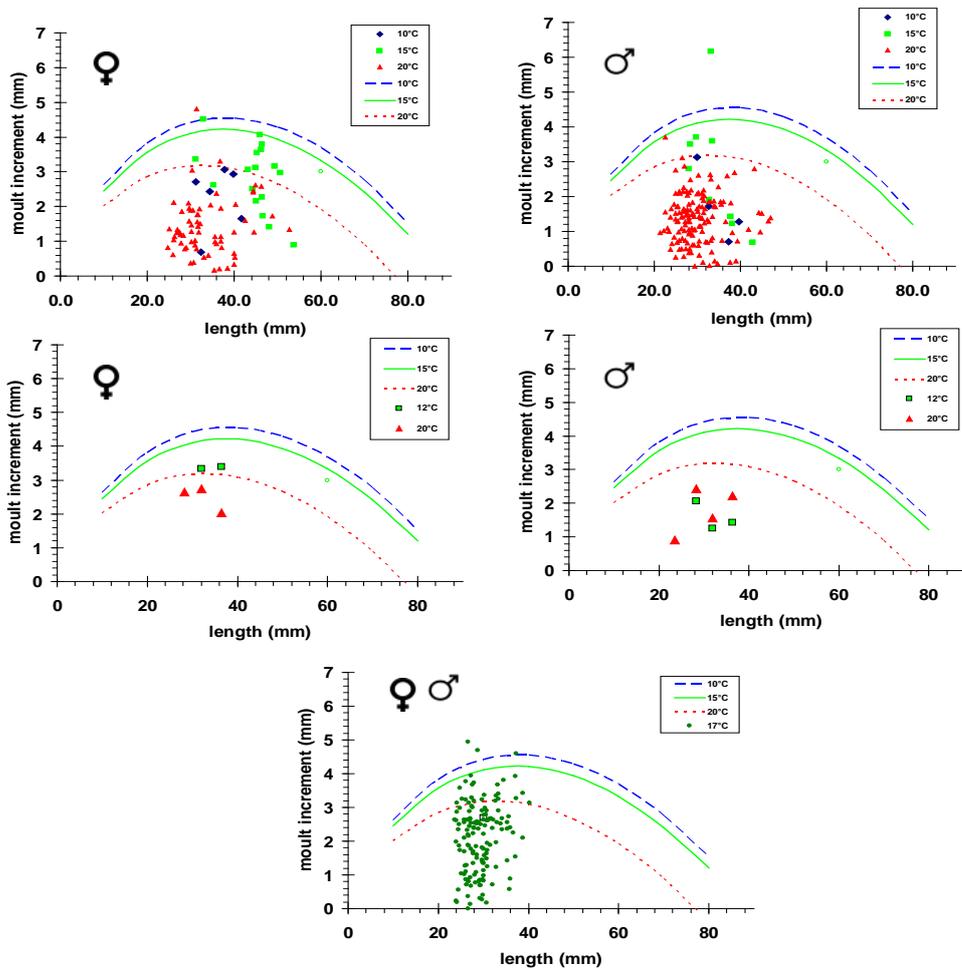
Für die oben genannten Analysen wurden folgende Versuchsreihen verwendet:

- Versuchsreihe 1: Inkremente, Intervalle und Wachstumsraten basierend auf einer Reanalyse der Daten von Sharawy (2012)
- Versuchsreihe 2: Inkremente, Intervalle und Wachstumsraten basierend auf einer Reanalyse der Daten von Kaschner (2012)
- Versuchsreihe 3: Inkremente, Intervalle und Wachstumsraten basierend auf einer Reanalyse der Daten von Perger & Temming (2012)
- Versuchsreihe 4: Inkremente, Wachstumsraten basierend auf einer Reanalyse der Daten von Funder (2014)
- Versuchsreihe 5: Intervalle basierend auf Feldanalysen durchgeführt Juli 2013 in Büsum
- Versuchsreihe 6: Intervalle basierend auf Feldanalysen durchgeführt Juli 2014 in Büsum
- Versuchsreihe 7: Inkremente und Wachstumsraten basierend auf einer Reanalyse der Daten von Hufnagl et al. (2010)

### **Ergebnisse Labor-Inkremente**

Drei Versuchsreihen wurden durchgeführt bei unterschiedlichen Temperaturen, mit Tieren unterschiedlicher Länge und unterschiedlichem Geschlecht. In allen Versuchen wurden nur die Inkremente der Tiere berücksichtigt, die sich bis max. 2 Tage nach dem Fang gehäutet haben. Die Wachstumsrate wurde daher maßgeblich durch die Bedingungen im Feld bestimmt. In Abbildung 77 sind die Messwerte im Vergleich zum berechneten Inkrement dargestellt (siehe auch Abbildung 76). Hier muss beachtet werden, dass die vorhergesagten Modellinkremente (Linien in Abbildung 76) über das Wachstumsraten und Zwischenhäutungsintervall-Modell berechnet wurden und somit die Variabilität beider Modelle integrieren. Durch die Nichtlinearität der beiden Modelle sowie die unterschiedlichen Temperatur- und Längeneffekte ergeben sich die größten zu erwartenden Inkremente bei 10°C, die geringsten bei 20 bis 25°C. Dieser Trend wurde durch die Versuche bestätigt. Zudem ist eine hohe Variabilität in den beobachteten Werten erkennbar. Wie zuvor beschrieben, tragen vorwiegend die schnell-wachsenden Tiere zur Populationsdynamik bei. Daher ist der Anteil der hohen Wachstumsraten im Vergleich zum Modell wichtig. Die Daten aus Versuchsreihe 1 und 4 stellen die individuelle Variabilität dar. Es wurden Inkremente zwischen 0 und den vorhergesagten Inkrementen beobachtet, was zum einen die Wachstumsvariabilität widerspiegelt, zum anderen aber auch zeigt, dass die hohen Wachstumsraten, die bisher nur im Labor beobachtet wurden, auch mit der in situ Methode bestätigt werden.

**Abbildung 77:** Häutungszunahmen (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1 (oben) 2 (Mitte) und 4 (unten). Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten, die Punkte den Werten der verschiedenen Laborversuche. In den Versuchsreihen 1 und 2 wurden Männchen und Weibchen getrennt betrachtet, in Versuchsreihe 4 alle Tiere gemeinsam.



**Tabelle 37:** Inkremente weiblicher Nordseegarnelen basierend auf Versuchsreihe 1. Die Inkremente wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.

Temp.[°C]	T Klasse[°C]	Länge[mm]	Inkr.(mm)	Temp.[°C]	T Klasse[°C]	Länge[mm]	Inkr[mm]
9.4	10	34.4	2.4	19.4	20	44.4	2.5
9.4	10	39.8	2.9	19.4	20	44.5	1.3
9.4	10	41.7	1.7	19.4	20	45.0	2.6
11.9	10	31.2	2.7	19.4	20	46.3	2.6
11.9	10	32.3	0.7	19.4	20	52.6	1.3
11.9	10	37.7	3.1	19.8	20	29.6	1.9
14.7	15	35.3	2.6	19.8	20	29.7	1.6
14.7	15	45.3	3.5	19.8	20	30.0	1.9
14.7	15	46.0	4.1	19.8	20	31.0	0.9
14.7	15	46.3	3.6	19.8	20	31.1	1.0
14.7	15	46.4	3.8	20.2	20	26.2	2.1
14.7	15	46.5	2.3	20.2	20	27.9	1.9
14.7	15	48.1	1.4	20.2	20	29.0	0.8
14.7	15	53.6	0.9	20.2	20	33.1	0.5
15.9	15	31.3	3.4	20.2	20	35.4	0.2
15.9	15	32.8	4.5	20.2	20	36.0	0.9
15.9	15	43.2	3.1	21.3	20	24.7	0.8
15.9	15	44.2	2.5	21.3	20	26.2	1.0
15.9	15	44.8	3.1	21.3	20	26.4	1.1
15.9	15	45.0	2.2	21.3	20	27.4	1.3
15.9	15	46.7	1.7	21.3	20	27.6	1.2
15.9	15	49.3	3.2	21.3	20	28.7	0.8
15.9	15	50.7	3.0	21.3	20	30.1	0.4
18.8	20	25.0	1.4	21.3	20	30.7	0.4
18.8	20	30.2	1.0	21.3	20	31.6	1.8
18.8	20	36.9	1.0	21.3	20	31.6	0.0
18.8	20	40.3	2.1	21.3	20	31.8	1.4
18.8	20	48.7	1.7	21.3	20	31.8	1.3
19.3	20	25.9	0.6	21.3	20	32.1	1.9
19.3	20	26.8	1.2	21.3	20	32.4	0.0
19.3	20	26.9	1.3	21.3	20	34.1	0.6
19.3	20	27.4	-0.3	21.3	20	35.5	1.0
19.3	20	27.7	1.0	21.3	20	35.6	1.1
19.3	20	30.1	1.5	21.3	20	37.2	0.8
19.3	20	30.1	1.3	21.3	20	38.4	0.2
19.3	20	31.7	1.8	21.3	20	40.0	0.3
19.3	20	32.2	1.5	21.3	20	40.1	0.7
19.3	20	34.5	2.0	21.3	20	40.2	0.5
19.3	20	40.0	1.3	22.3	20	29.5	2.1
19.3	20	42.5	1.6	22.3	20	30.4	3.0
19.4	20	28.2	1.2	22.3	20	31.3	4.8
19.4	20	30.5	1.9	22.3	20	31.4	0.8
19.4	20	35.9	2.4	22.3	20	31.5	1.6
19.4	20	36.6	0.2	22.3	20	36.8	3.3
19.4	20	36.9	1.9	22.3	20	36.9	1.1
				22.3	20	44.5	2.4

**Tabelle 38:** Inkremente männlicher Nordseegarnelen basierend auf Versuchsreihe 1. Die Inkremente wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.

Temp. [°C]	T Klasse [°C]	Länge [mm]	Inkr. mm]	Temp. [°C]	T Klasse[°C]	Länge [mm]	Inkr. mm]
9.4	10	29.9	3.1	19.3	20	32.6	-0.7
11.9	10	32.8	1.7	19.3	20	37.6	0.1
11.9	10	37.3	0.7	19.4	20	25.5	1.3
11.9	10	39.7	1.3	19.4	20	25.9	0.7
14.7	15	28.0	2.8	19.4	20	26.4	1.1
14.7	15	28.4	3.5	19.4	20	26.7	1.6
14.7	15	29.8	3.7	19.4	20	26.7	-0.2
14.7	15	32.8	1.9	19.4	20	27.6	2.0
14.7	15	33.3	6.2	19.4	20	28.1	1.4
14.7	15	33.5	3.6	19.4	20	28.9	0.6
14.7	15	37.8	1.4	19.4	20	29.2	1.4
14.7	15	38.2	1.2	19.4	20	29.4	1.1
14.7	15	42.9	0.7	19.4	20	30.0	1.6
18.8	20	25.9	2.1	19.4	20	30.3	2.1
18.8	20	26.9	1.6	19.4	20	30.4	1.7
18.8	20	27.2	1.3	19.4	20	30.5	-0.3
18.8	20	28.1	1.8	19.4	20	31.1	1.4
18.8	20	28.5	2.5	19.4	20	31.7	1.2
18.8	20	28.9	1.8	19.4	20	31.9	1.6
18.8	20	29.3	1.0	19.4	20	33.0	1.9
18.8	20	34.9	2.3	19.4	20	33.3	0.7
19.3	20	21.4	1.0	19.4	20	35.5	1.9
19.3	20	23.5	1.0	19.4	20	36.6	1.3
19.3	20	23.7	1.4	19.4	20	37.8	1.8
19.3	20	24.2	0.6	19.4	20	38.7	2.7
19.3	20	24.6	1.8	19.4	20	43.3	2.8
19.3	20	25.0	1.5	19.8	20	24.9	2.1
19.3	20	25.0	1.4	19.8	20	28.3	1.6
19.3	20	25.5	1.7	19.8	20	30.3	2.6
19.3	20	25.9	2.1	19.8	20	33.1	2.6
19.3	20	26.3	1.4	20.2	20	22.6	3.7
19.3	20	26.3	0.5	20.2	20	23.0	1.1
19.3	20	26.9	0.3	20.2	20	24.0	1.6
19.3	20	27.2	1.2	20.2	20	25.4	1.7
19.3	20	27.2	-0.1	20.2	20	28.7	2.2
19.3	20	27.3	1.6	20.2	20	31.7	2.0
19.3	20	27.9	1.3	20.2	20	33.1	2.5
19.3	20	28.2	0.5	20.2	20	25.3	1.3
19.3	20	28.3	1.3	20.2	20	25.3	0.7
19.3	20	30.5	1.4	20.2	20	26.5	0.8
19.3	20	30.7	1.2	20.2	20	27.0	1.0
19.3	20	31.1	2.0	20.2	20	27.4	1.5
19.3	20	31.2	2.1	20.2	20	28.0	1.0
19.3	20	31.4	2.2	20.2	20	28.8	1.5
19.3	20	32.3	1.3	20.2	20	28.9	0.9

**Tabelle 38:** Fortsetzung

Temp. [°C]	T Klasse[°C]	Länge [mm]	Inkr. mm]	Temp. [°C]	T Klasse[°C]	Länge [mm]	Inkr. mm]
20.2	20	30.8	1.4	21.3	20	32.9	0.0
20.2	20	31.2	1.7	21.3	20	33.3	0.4
20.2	20	33.6	1.4	21.3	20	33.5	0.8
20.2	20	35.8	0.7	21.3	20	33.9	1.7
21.3	20	22.2	1.0	21.3	20	34.0	0.1
21.3	20	24.6	0.8	21.3	20	36.1	1.8
21.3	20	25.8	1.0	21.3	20	38.2	1.0
21.3	20	25.9	0.5	21.3	20	39.0	0.2
21.3	20	26.4	1.4	21.3	20	39.4	0.7
21.3	20	26.7	2.1	21.3	20	41.9	1.0
21.3	20	27.1	0.7	21.3	20	46.6	1.3
21.3	20	27.3	0.5	21.3	20	47.0	1.4
21.3	20	27.5	2.1	22.3	20	24.9	2.8
21.3	20	27.7	1.6	22.3	20	25.9	1.5
21.3	20	27.7	1.5	22.3	20	26.6	3.1
21.3	20	28.1	0.9	22.3	20	26.9	2.3
21.3	20	28.2	1.0	22.3	20	27.0	2.9
21.3	20	28.8	1.1	22.3	20	28.0	2.1
21.3	20	29.1	1.5	22.3	20	29.9	2.1
21.3	20	29.2	0.6	22.3	20	31.4	1.9
21.3	20	30.0	1.7	22.3	20	32.6	1.3
21.3	20	30.5	1.1	22.3	20	33.9	1.9
21.3	20	31.1	1.0	22.3	20	35.6	1.8
21.3	20	31.5	1.5				
21.3	20	34.3	1.7				
21.3	20	34.7	0.1				
21.3	20	37.0	2.6				
21.3	20	44.2	1.5				
21.3	20	44.7	1.0				
21.3	20	44.9	1.5				
21.3	20	22.6	1.6				
21.3	20	23.7	0.5				
21.3	20	25.0	0.3				
21.3	20	27.7	0.7				
21.3	20	28.0	0.4				
21.3	20	28.3	1.0				
21.3	20	28.6	0.4				
21.3	20	29.5	0.0				
21.3	20	30.2	0.6				
21.3	20	30.4	0.7				
21.3	20	30.4	0.3				
21.3	20	31.4	0.1				
21.3	20	31.9	0.7				
21.3	20	32.4	0.7				
21.3	20	32.7	1.9				

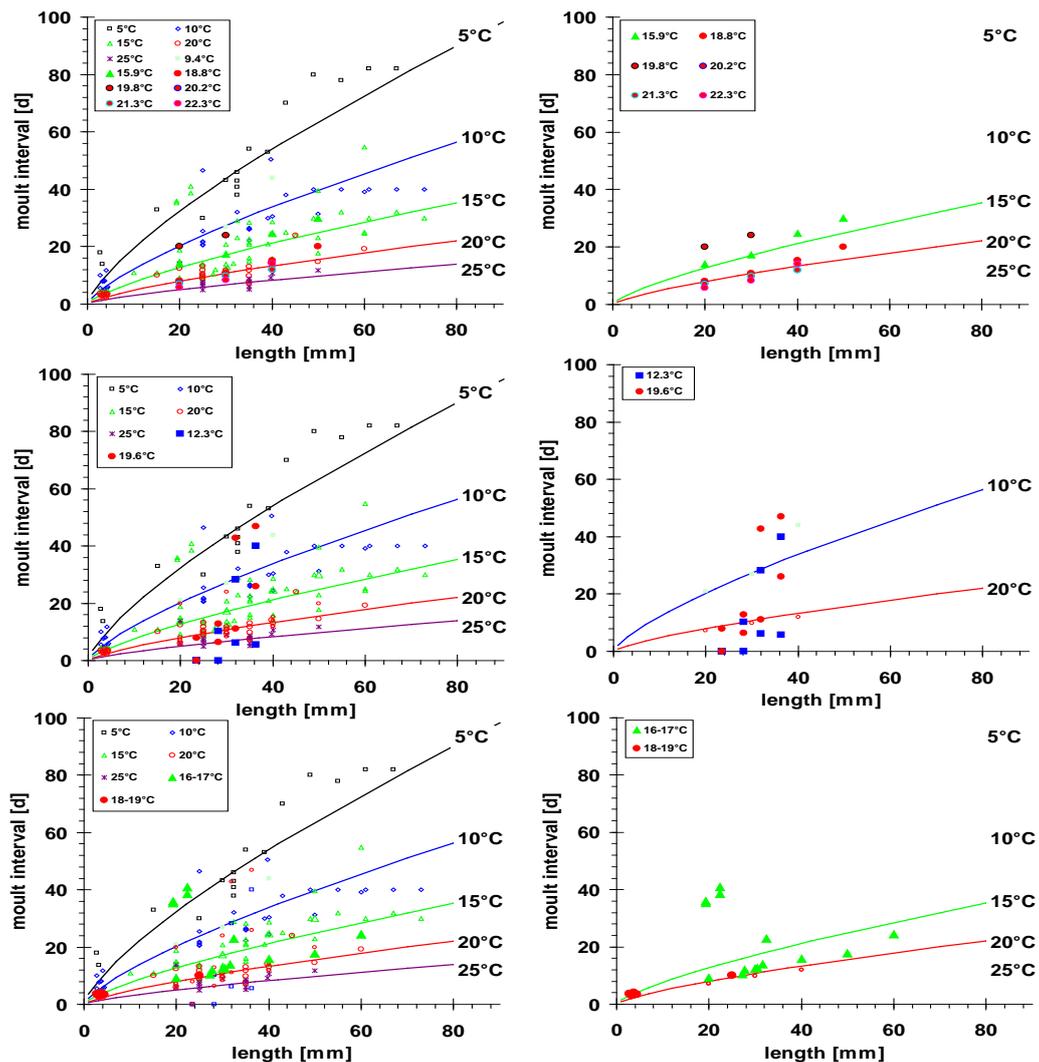
**Tabelle 39:** Häutungsintervalle, Inkremente und Wachstumsraten der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 2. Die Raten und Inkremente wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.

Tem. [°C]	Längenklasse [mm]	mittlere Länge [mm]	Geschlecht	Anzahl aller eingesetzter Tiere	Anzahl der gehäuteten Tiere	mittleres Inkrement [mm]	Zwischenhäutungsintervall [d]	Wachstumsrate [mm/d]	Wachstum Modell Weib.	Wachstum Modell Männ.	Zw Häut. interv.
12.3	20-24,99	23.5	♂	3							
12.3	25-29,99	28.22	♂	57	11	2.06	10.36	0.2	0.33	0.27	21.11
12.3	30-34,99	31.98	♂	169	12	1.25	28.17	0.04	0.31	0.24	23.14
12.3	35-39,99	36.38	♂	100	5	1.43	40	0.04	0.29	0.22	25.45
12.3	40-44,99		♂	8							
12.3	25-29,99	23.5	♀	0					0.36	0.29	18.44
12.3	30-34,99	28.22	♀	4					0.33	0.27	21.11
12.3	35-39,99	31.98	♀	22	7	3.33	6.29	0.53	0.31	0.24	23.14
12.3	40-44,99	36.38	♀	17	6	3.39	5.67	0.6	0.29	0.22	25.45
12.3	45-49,99		♀	5	1	1.32	10	0.13			
19.6	20-24,99	23.5	♂	4	1	0.91	8	0.11	0.54	0.43	9.31
19.6	25-29,99	28.22	♂	32	5	2.43	12.8	0.19	0.49	0.38	10.66
19.6	30-34,99	31.98	♂	107	5	1.56	42.8	0.04	0.45	0.34	11.68
19.6	35-39,99	36.38	♂	47	2	2.21	47	0.05	0.40	0.29	12.85
19.6	40-44,99		♂	1							
19.6	25-29,99	23.5	♀	1					0.54	0.43	9.31
19.6	30-34,99	28.22	♀	29	9	2.64	6.4	0.41	0.49	0.38	10.66
19.6	35-39,99	31.98	♀	84	15	2.75	11.2	0.25	0.45	0.34	11.68
19.6	40-44,99	36.38	♀	26	2	2.04	26	0.08	0.40	0.29	12.85
19.6	45-49,99		♀	4							

### Ergebnisse Labor-Häutungsraten

Die Häutungsraten nehmen mit der Länge der Tiere zu und mit steigender Temperatur ab. Basierend auf der hier angewandten Methode (Quotient aus Anzahl der gehäutet Tiere und der Gesamtanzahl der Tiere im Versuch) ist für eine Ermittlung der Häutungsraten eine große Anzahl von Tieren nötig, um einen möglichst genauen Wert zu bekommen. Zudem liefert jeder Versuch immer nur einen Wert, da die Anzahl aller Tiere in die Berechnung einfließt. Die Ergebnisse sind von den Laborbedingungen weitestgehend unabhängig und sollten daher eine genauere Beschreibung der Häutungsraten der Garnelen im Feld abgeben.

**Abbildung 78:** Häutungsintervalle (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1, 2 und 3 . Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die offenen Symbole den Werten verschiedener Labor- und Feldversuche, die gefüllten Symbole den neuen Daten. Die Grafiken links zeigen die neuen Messwerte im Vergleich zu den vorher verwendeten Daten, die Grafiken rechts nur die neuen Ergebnisse im Vergleich zur Modellfunktion.



In Versuchsreihe 1 (Tabelle 40 und Abbildung 78) wurden Tiere bei Temperaturen zwischen 15°C und 20°C gefangen und gehalten. Die Häutungsraten sind mit den im Modell verwendeten Raten vergleichbar. Lediglich bei 20.2°C wurden längere Häutungsintervalle von 20 Tagen im Vergleich zu den vom Modell angenommenen 10 Tagen beobachtet. In Versuchsreihe 2 wurden Tiere zwischen 10°C und 20°C gefangen und gehalten. Auf Grund der geringeren Anzahl an Tieren, die im Versuch verwendet wurden, sind die Ergebnisse sehr viel variabler. Bei 10°C variieren die berechneten Häutungsraten zwischen 0 und 40 Tagen und bei 20°C zwischen 0 und 45 Tagen. In Versuchsreihe 3 wurden auch kleinere Tiere betrachtet, die gut mit der 20°C Kurve korrelieren. Die Häutungsraten, die bei 16-17°C beobachtet wurden, lagen in der Regel unterhalb der 15°C Kurve. Nur bei Gesamtlängen um 20 mm wurden längere Häutungsintervall beobachtet.

**Tabelle 40:** Häutungsintervalle der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 1. Die Raten wurden anhand der Tiere bestimmt die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuche gehäutet haben.

Häutungsintervall in Tagen	20 mm	30 mm	40 mm	50 mm
9.4°C	21	27	44	
15.9°C	14	17	25	30
18.8°C	8	11	15	20
19.8°C	20	24		
20.2°C	7	10	12	
21.3°C	7	10	12	
22.3°C	6	8	14	

**Tabelle 41:** Häutungsintervalle der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 4.

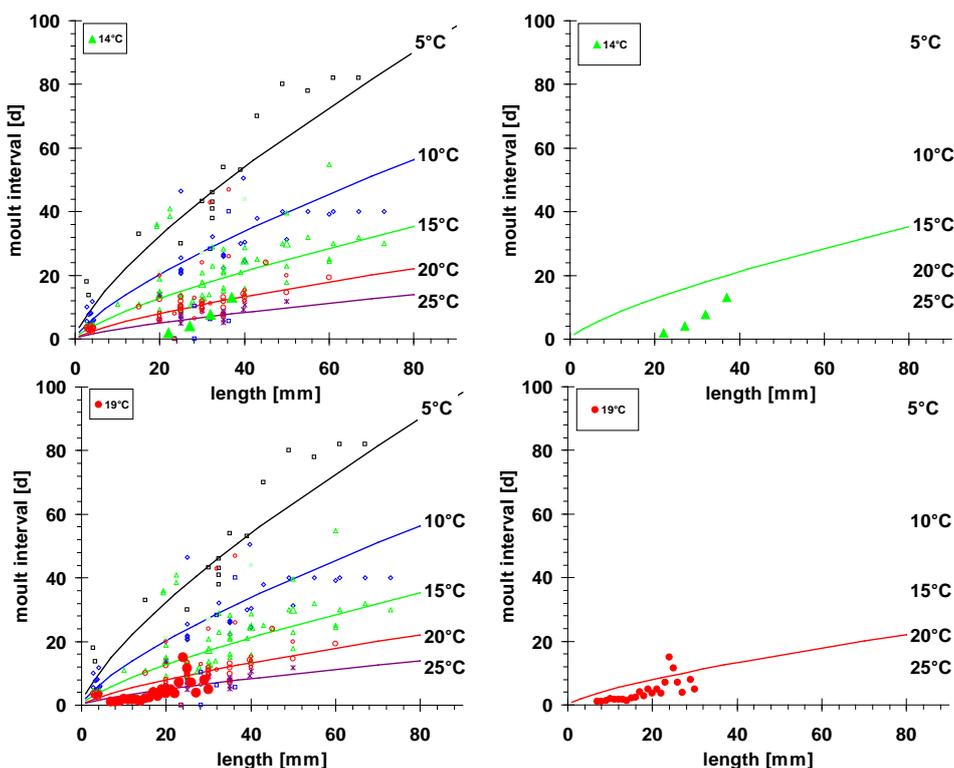
Temp [°C]	Länge [mm]	Zwisch. Häut. interv.
15.94	32.5	23
16.2	19.3	36
16.2	19.3	35.3
16.2	22.3	38.6
16.2	22.3	41
16.2	27.3	10.5
16.2	27.65	12
16.2	30.45	12.7
16.2	31.65	14
17	20	9.18549804
17	30	12.445322
17	40	15.8658913
17	50	17.6770833
17	60	24.5
18	2.72988	3.6
18	3.22994	3
18	3.5027	3.2
18	3.77546	4.1
18	4.04822	3.5
18	4.1846	3.5
18	4.36644	3.5
19	25	10

### Ergebnisse Feld-Häutungsraten

Zur Bestimmung der Häutungsrate im Feld wurden zwei Messreihen durchgeführt. Einmal im Juli 2013 bei 14°C Wassertemperatur und einmal im Juli 2014 bei 19°C Wassertemperatur. Die Ergebnisse sind in Abbildung 79 dargestellt. Die Häutungsintervalle basieren auf dem Quotient aller Tiere einer Längensklasse dividiert durch die Anzahl der weichen Tiere. Diese Intervalle waren generell niedriger als die im Modell (Hufnagl und Temming 2011b) verwendeten Intervalle.

Wie bereits erwähnt wird der im Feld bestimmte Wert beeinflusst durch die Dauer, die ein Tier braucht, um nach der Häutung auszuhärten. Momentan wird von einer Dauer von einem Tag ausgegangen, basierend auf Beobachtungen von Perger und Temming (2012) bei Temperaturen > 18°C. Dauert der Aushärtungsprozess länger als einen Tag, müsste das in die Berechnung mit einfließen. Bei einer Aushärtungszeit von 2 Tagen würden sich die im Feld bestimmten Häutungsraten entsprechend verdoppeln. Daher kann es sein, dass die in Versuchsreihe 5 bei 14°C gemessenen Werte die Häutungsraten evt. unterschätzen, da eine längere Aushärtungszeit als bei 20°C angenommen werden muss.

**Abbildung 79:** Häutungsintervalle (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 5 und 6. Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die offenen Symbole den Werten verschiedener Labor- und Feldversuche, die gefüllten Symbole den neuen Daten. Die Grafiken links zeigen die neuen Messwerte im Vergleich zu den vorher verwendeten Daten, die Grafiken rechts nur die neuen Ergebnisse im Vergleich zur Modellfunktion.



### Ergebnisse Trockengewichts-Inkrementvorhersage

Basierend auf der Methode von Perger und Temming (2012) kann die tatsächliche Wachstumsrate der Population über das Trockengewicht der Individuen berechnet werden. Dies basiert auf der Annahme, dass nach der Häutung alle Tiere dasselbe Gewicht bei gleicher Länge haben und das Inkrement mit dem Trockengewicht vor der Häutung korreliert. Zudem muss das Gewicht des Exhuvie berücksichtigt werden. Sind diese Faktoren bekannt, so können die Inkremente vorhergesagt werden, die ein Tier wachsen würde, wenn es sich just häuten würde. Diese berechneten Inkremente werden nach ihrer Größe sortiert. Es wird angenommen, dass die Tiere mit dem größten möglichen Inkrement kurz vor der Häutung stehen, die mit dem kleinsten Inkrement sich gerade gehäutet haben. Nun muss der Anteil der Population bestimmt werden, der in die Berechnung mit einfließt. Zwei verschiedene Ansätze wurden hier verwendet.

- (1) Berücksichtigung des Häutungsintervalls,
- (2) Multiplikation des Mittelwertes aller positiven Inkremente mit zwei.

Im ersten Ansatz wird angenommen, dass sich bei einem Häutungsintervall von 20 Tagen jeden Tag 5% der Tiere häuten. Das heißt, von den sortierten Inkrementen würden nur die obersten 5% verwendet. Die Wachstumsrate wird dann über die vorhergesagten Inkremente und die im Modell verwendete Zwischenhäutungsintervallfunktion berechnet.

Die Herleitung des zweiten Ansatzes ist in Perger & Temming beschrieben und bezieht alle Tiere mit einem positiven Inkrement mit ein.

In Versuchsreihen 1 und 6 wurden männliche und weibliche Tiere getrennt untersucht, in Versuchsreihe 4 wurden die Geschlechter nicht unterschieden.

In Versuchsreihe 1 nimmt die Wachstumsrate der Männchen mit zunehmender Größe ab. Mit beiden Berechnungsmethoden liegen die Wachstumsraten unter der im Modell verwendeten Funktion.

Die Wachstumsraten der Versuchsreihe 2 überschätzen die Wachstumsraten bei 20°C und unterschätzen die Wachstumsraten bei 15°C.

In Versuchsreihe 6 waren die Wachstumsraten juveniler Tiere im Feld geringer als im Modell, die Wachstumsraten der Männchen lagen teilweise unter, teilweise über den angenommenen Werten und die der Weibchen lagen insbesondere für die großen Tiere über den berechneten Werten. Sowohl in Versuchsreihe 1 und Versuchsreihe 6 nahm die Wachstumsrate der Weibchen mit der Größe zu. Das ist entgegen der Erwartung, gegen das von Bertalanffy Prinzip und aus physiologischer Sicht auch eher unwahrscheinlich. Die Unterschiede zum verwendeten Wachstumsmodell liegen vermutlich in der Basisparametrisierung der Feld-Inkrementmethode. Diese bezieht sich bisher vorwiegend auf Weibchen einer Größenklasse gemessen in einem engen Temperaturbereich. Zudem sind die Umwelteinflüsse wie Salzgehalt und Jahreszeit noch nicht ausreichend ver-

standen. Wie zuvor erwähnt spielt vermutlich auch der Reifegrad, also das Gonadengewicht, eine Rolle.

In Bezug auf die „in situ“ Methoden besteht daher noch weiterer Grundlagen-Forschungsbedarf, bevor eine ausführliche Reparametrisierung der Wachstums- und Häutungsraten vorgenommen werden kann. Dies bezieht sich bei den Häutungsraten auf

- (1) Die Aushärtungszeit bei verschiedenen Temperaturen und Größen
- (2) die Bestimmung weiterer Häutungsraten mit der Feldmethode bei verschiedenen Temperaturen und zu verschiedenen Jahreszeiten.

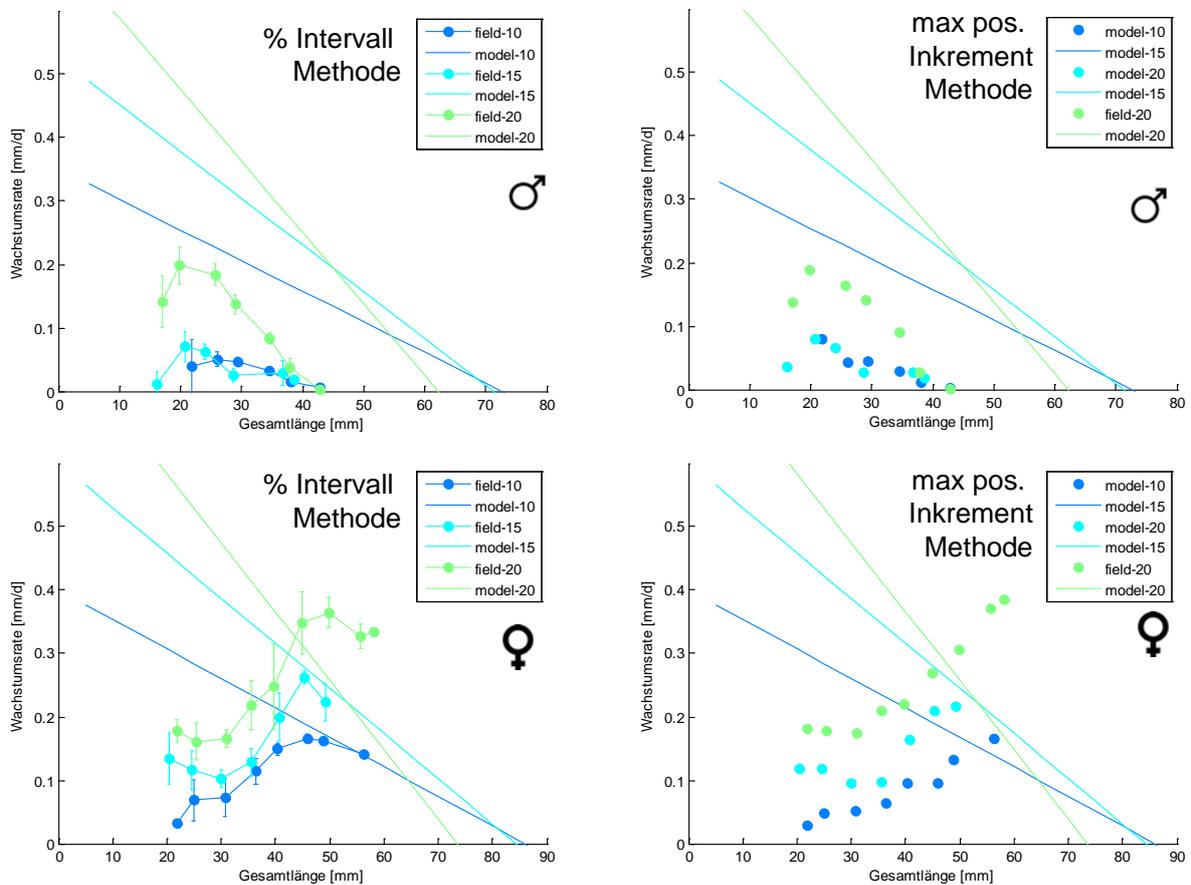
In Bezug auf die Wachstumsraten sollten

- (1) die Längen-Gewichtsbeziehungen nach der Häutung für verschiedene Salzgehalte, Temperaturen und Geschlechter,
- (2) die Längen Exhuviengewichtsbeziehungen geschlechtsspezifisch bei verschiedenen Salzgehalten und Temperaturen,
- (3) der Einfluss der Gonadenentwicklung auf die Längen-Gewichtsbeziehung und das Wachstum

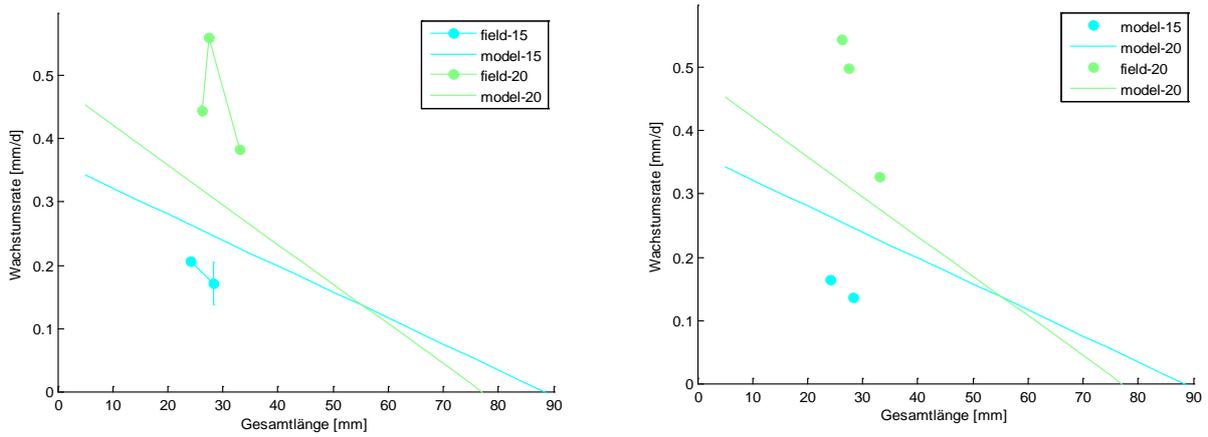
bestimmt werden.

**Abbildung 80:** Wachstumsraten der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1. Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die Symbole den Werten der auf den Trockengewichten der Tiere basierenden Wachstumsraten. Die oberen Grafiken zeigen die Ergebnisse für die weiblichen Tiere im Vergleich zum Weibchenwachstumsmodell, die unteren Grafiken die für die Männchen. Bei der Berechnung in der Grafiken links wurde die Auswahl der maximalen Inkremente auf Basis der Häutungsintervalle getroffen. In den Grafiken links wurde der Mittelwert aller positiven Inkremente  $\times 2$  verwendet.

### Versuchsreihe 1

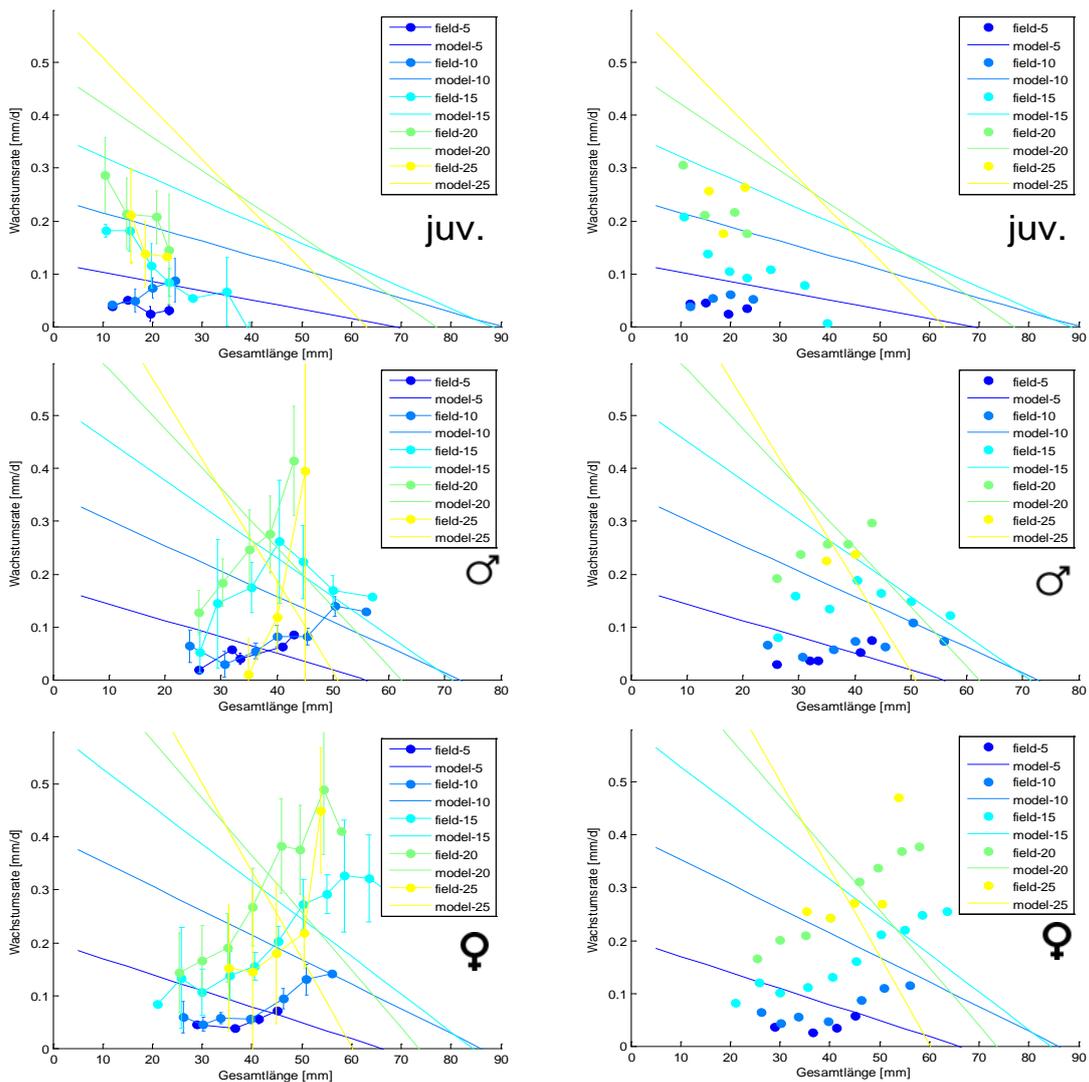


**Abbildung 81:** Wie Abbildung 80 aber für Versuchsreihe 4.



**Abbildung 82:** Wie Abbildung 80 aber für Versuchsreihe 7.

**Versuchsreihe 6**



### 11.3.2 Implementierung der Steert- und Siebselektion

Insgesamt wurden zwei Selektionsfunktionen in das Populationsmodell eingebaut, wobei eine die Selektion im Steert simuliert und die andere die Selektion der ersten Siebung an Bord. Bei der Siebung an Bord ist die Siebung vor dem Kochen gemeint, in der untermaßige Garnelen mit einem Trommel- oder Rüttelsieb aussortiert werden und zurück ins Meer gelangen. Bei beiden Selektionsfunktionen handelt es sich um logistische Funktionen, welche mit den Parametern  $L_{50}$  (Länge bei der die Wahrscheinlichkeit dass eine Garnele gefangen wird bei 50% liegt) und  $SR$  (Selektionsbereich) die Längenzusammensetzung des Fangs definieren und so Fangmenge und die Populationsdynamik maßgeblich beeinflussen.

Auf die Selektionsfunktion des Steertes und dessen Parametrisierung wird in den folgenden Kapiteln sehr ausführlich eingegangen. Im Modell wurde die Steert-Selektion so integriert, dass alle Garnelen, welche nicht gefangen werden (also nicht im Steert selektiert werden) und durch die Maschen ent schlüpfen, keine Mortalität erfahren und zu 100% überleben.

Die Untersuchung der Selektion der ersten Siebung an Bord und der Rückwurf lebender Garnelen sowie deren Überlebensrate waren nicht Schwerpunkt des CRANNET-Projektes. Im CRANNET-Populationsmodell wurde deshalb der Siebungseffekt konstant gehalten und mit einer Selektionsfunktion gerechnet ( $L_{50}=38,5\text{mm}$ ;  $SR=20,6\text{mm}$ ), welche während der Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ mit einem Rüttelsieb erstellt wurde. Der Vorgang der „Lebensiebung“ ist allerdings von großer Bedeutung für die Populationsentwicklung der Nordseegarnele, da ausgesiebte, untermaßige Garnelen, die den Siebvorgang überleben, weiter heranwachsen können und zur Populationsentwicklung beitragen.

Bei der Siebselektion an Bord ist ungewiss, wie viele Tiere letztendlich den Selektionsprozess überleben. Neudecker et al. (2006) basierend auf Lancaster & Frid (2002) berichten von Überlebensraten von 87 und 92% bei untermaßigen Garnelen innerhalb 24h nach dem Siebprozeß. Jedoch gibt es keine Untersuchungen, die einen längeren Überlebenszeitraum betrachten. Die reale Sterblichkeit nach der Siebung könnte also durchaus höher liegen. Sie ist zudem abhängig von der Verweildauer außerhalb des Wassers, den Außentemperaturen und mechanischer Beanspruchung der Garnelen an Deck. Während des Rückwurfprozesses sind die Garnelen außerdem einer erhöhten Predation durch Seevögel ausgesetzt. So veröffentlichen Lancaster & Frid (2002) eine 77 bis 80%ige Überlebensrate, je nach Stärke der Seevogelpredation. In den CRANNET-Simulationen wurden unterschiedliche Szenarien mit drei verschiedenen Überlebensraten (0%, 50% und 80%) untermaßiger, ausgesiebter Garnelen gerechnet.

## 11.4 Anwendung des Modells im CRANNET-Projekt

### 11.4.1 Auswahl der Test-Steerte

Im Juni 2014 wurden anhand von verschiedenen Kriterien drei Steerte ausgewählt, welche dann eingehender im Praxistest („Kutterfahrten“) untersucht wurden. Die Auswahl der Steerte basierte auf Simulationsergebnissen des Populationsmodells und der statistischen Modellierung der Selektionsparameter, welche im Wesentlichen im Zwischenbericht des CRANNET-Projektes aufgeführt sind. Die Selektionsparameter der 21 getesteten Steerte wurden nacheinander in das Simulationsmodell eingesetzt. Die Ergebnisse aus diesen Modellläufen wurden anschließend als Entscheidungskriterien herangezogen, welche Steerte eingehender untersucht werden sollten (Tabelle 42). Die besten Bewertungen erhielten dabei diejenigen Steerte, welche u.a. die höchsten Fänge erzielen und eine hohe Eiproduktion der Garnelenpopulation zur Folge haben. Neben den Ergebnissen aus dem Populationsmodell wurden Beifangdaten der Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ als Auswahlkriterium verwendet (Tabelle 42). Hierbei erzielten die Steerte die besten Bewertungen, welche die stärkste Reduktion des Gesamtbeifangs im Vergleich zum Referenz-Steert aufwiesen.

Mit Hilfe von Tabelle 42 wurde basierend auf einer Gleichgewichtung aller Kriterien eine finale Reihenfolge erstellt (Tabelle 43), welche die Steerte gemäß ihrer Performance sortiert. Basierend auf dieser Reihenfolge und den folgenden zusätzlichen Auskriterien wurden die drei Test-Steerte ausgewählt:

- Die Netze sollen eine nominale Maschenöffnung kleiner als 28 mm aufweisen, um im Rahmen einer realistischen Anwendbarkeit zu sein.
- Es sollen nur Netze gewählt werden, für die alle Daten/Kriterien erfasst wurden
- Es soll jede verfügbare Maschengometrie bei den Test-Steerten vertreten sein.

Aus diesem Grund wurden die Steerte T0 26 (Masche 0° gedreht = Rautenmasche, nominale Maschenweite 14 mm, nominale Maschenöffnung 26 mm), T45 24 (Masche 45° gedreht = Quadratmasche, nominale Maschenweite 13 mm, nominale Maschenöffnung 24 mm) und T90 26 (Masche 90° gedreht = T90-Masche, nominale Maschenweite 14 mm, nominale Maschenöffnung 26 mm) ausgewählt. Diese drei Netze werden im Folgenden als Test-Steerte bezeichnet.

**Tabelle 42:** Entscheidungskriterien zur Auswahl der Test-Steerte. Neben den modellbasierten Kriterien wurden Beifangdaten aus den CRANNET-Forschungsfahrten (FFS „Solea“) verwendet. Aufgeführt ist die Größe eines Kriteriums, die durch einen Steert erzielt wird; Die einzelnen Kriterien sind entsprechend der Performance der Steerte von oben nach unten sortiert.

Beifangdaten			Modellergebnisse															
Rang	Beifang gesamt Jan-April		Beifang gesamt Sep-Nov		Fang / Jahr (> 6.8mm)		Fang / Jahr (> 8.5mm)		Biomasse		Fang Apr/Fang Sep		Erlös / Jahr		Anteil große Garnelen (> 8 mm) im Fang		Eiproduktion	
	%-Reduktion	Steert	%-Reduktion	Steert	[t]	Steert	[t]	Steert	[t]	Steert	Anteil	Steert	Index	Steert	%	Steert	Anzahl	Steert
1	68	T9034	57	T034	13856	T026	11792	T030	90632	T9034	1.01	T9034	19429	T030	87.1	T030	1.05E+13	T9034
2	60	T030	47	T9034	13856	T9026	11567	T9034	88210	T030	1.00	T030	19378	T028	86.9	T9034	9.85E+12	T030
3	57	T9026	47	T030	13830	T4524	11373	T4526	81053	T4526	0.95	T4526	19378	T9030	83.3	T4526	8.72E+12	T4526
4	56	T4524	42	T4526	13830	T9028	11132	T028	74964	T028	0.91	T028	19333	T4526	80.6	T028	7.69E+12	T028
5	55	T4522	38	T9026	13812	T028	11132	T9030	74964	T9030	0.91	T9030	19161	T9028	80.6	T9030	7.69E+12	T9030
6	54	T9028	37	T028	13812	T9030	10662	T4524	69263	T4524	0.87	T4524	19098	T9034	77.1	T4524	6.85E+12	T4524
7	48	T028	32	T4522	13809	T9024	10662	T9028	69263	T9028	0.87	T9028	19016	T4524	77.1	T9028	6.85E+12	T9028
8	45	T9022	30	T9024	13735	T4522	10199	T026	63864	T026	0.82	T026	18956	T026	73.6	T9026	6.08E+12	T026
9	41	T024	23	T022	13684	T9022	10199	T9026	63864	T9026	0.82	T9026	18956	T9026	71.9	T026	6.08E+12	T9026
10	29	T022	22	T9022	13647	T4526	9650	T9024	59334	T4522	0.79	T4522	18634	T9024	70.2	T4522	5.51E+12	T4522
11	27	T9018	22	T4524	13559	T024	9646	T4522	58870	T9024	0.78	T9024	18558	T4522	69.9	T9024	5.42E+12	T9024
12	26	T026	19	T026	13533	T030	9098	T024	54932	T024	0.75	T024	18215	T9022	66.8	T024	4.96E+12	T024
13	13	T9020	19	T9030	13481	T9020	9061	T9022	54396	T9022	0.74	T9022	18170	T024	66.2	T9022	4.88E+12	T9022
14	13	T018	17	T020	13388	T4520	8610	T4520	51646	T4520	0.72	T4520	17725	T9020	64.3	T4520	4.59E+12	T4520
15	7	T9024	15	T4520	13315	T9034	8489	T9020	50546	T9020	0.71	T9020	17693	T4520	63.0	T9020	4.45E+12	T9020
16	3	T4520	9	T4528	13153	T022	8127	T022	48409	T022	0.69	T022	17216	T022	61.8	T022	4.23E+12	T022
17	-5	T020	8	T9018	13019	T9018	7874	T9018	46772	T9018	0.68	T9018	16956	T9018	60.5	T9018	4.06E+12	T9018
18	no data	T034	4	T018	12559	T020	7434	T020	44114	T020	0.66	T020	16276	T020	59.2	T020	3.79E+12	T020
19	no data	T4526	-9	T9028	12041	T018	7042	T018	41759	T018	0.64	T018	15562	T018	58.5	T018	3.56E+12	T018
20	no data	T4528	no data	T024	-	T034	-	T034	-	T034	-	T034	-	T034	-	T034	-	T034
21	no data	T9030	no data	T9020	-	T4528	-	T4528	-	T4528	-	T4528	-	T4528	-	T4528	-	T4528

**Tabelle 43:** Finale Reihenfolge der Performance der getesteten Steerte. Aufgelistet sind nur die Steerte, für die alle Entscheidungskriterien berechnet werden konnten. Die Test-Steerte sind farblich hervorgehoben.

Steert	Rang
T030	1
T9034	2
T028	3
T4524	5
T9026	6
T9028	8
T026	9
T4522	10
T9024	11
T9022	12
T4520	14
T022	15
T9018	17
T020	18
T018	20

### 11.4.2 Finale Modelleinstellungen, Standardläufe und Szenarien

Im CRANNET-Projekt wurde mit zwei Einstellungen des Populationsmodells gerechnet (Tabelle 44).

Modelleinstellung 1 entspricht der Parametrisierung von Rückert (2011). Es wird für alle Lebensstadien nur eine Temperatur angenommen, die in etwa die Situation der 1980er Jahre widerspiegelt und durch eine Sinuskurve beschrieben ist. Diese Temperaturfunktion wurde auch zur Berechnung des Ei-Index verwendet. Die Saisonalität der Fischerei wurde der Modellversion von

Rückert (2011) entnommen; zwischen März und November ist der Aufwand konstant und hoch, wohingegen in Dezember, Januar und Februar ein geringer Aufwand angenommen wird. Auch das Verhältnis von natürlicher und fischereilicher Sterblichkeit in Modelleinstellung 1 spiegelt in etwa die Situation der 1980er wider (Temming & Hufnagl 2014).

Modelleinstellung 2 basiert auf neueren Beobachtungsdaten (Mittelwerte von 2002 bis 2012). Neben aktuellen Daten zum Fischereiaufwand und M/F-Verhältnis wurde die Temperatur im Modell geändert: Die Larven erfahren Oberflächentemperaturen, welche an der BSH Messstation „Deutsche Bucht“, also einer eher küstenfernen Station, gemessen wurden. Die anderen Lebensstadien (Eier, Adulte und Juvenile) erfahren eine Temperaturkurve, welche sich aus den Messungen der BSH Messstation „Deutsche Bucht“ in 30 m Tiefe und Messungen im Hafen Büsum zusammensetzt. Die Garnelen im Modell erfahren immer die wärmere Temperatur an diesen beiden Standorten, was dem Verhalten und der saisonalen Wanderung der Garnelen geschuldet ist. Auch in Modelleinstellung 2 wurde die Temperatur (hier: adulte Lebensphase) zur Berechnung des Ei-Index verwendet. Die Modelleinstellung 2 stellt im Wesentlichen die jetzige Situation der Garnelenpopulation dar.

**Tabelle 44:** Unterschiede in der Parametrisierung der in CRANNET verwendeten Modelleinstellungen. Modelleinstellung 1 spiegelt in etwa die Situation in den 1980er Jahren wider, Modelleinstellung 2 die aktuelle Situation. In allen folgenden Abbildungen wird Modelleinstellung 1 mit einem großen Fisch und einem kleinen Kutter symbolisiert, was die, im Vergleich zur fischereilichen Sterblichkeit, hohe natürliche Sterblichkeit darstellen soll. Die hohe fischereiliche Sterblichkeit in Modelleinstellung 2 wird hingegen mit einem großen Kutter und einem kleinen Fisch symbolisiert.

	<b>Funktion/Auswirkung</b>	<b>Modelleinstellung 1</b>	<b>Modelleinstellung 2</b>
<b>Ei - Index</b>	Saisonalität der täglich im Modell startenden Kohorten	Berechnet mit mittleren Temperaturen (Sinusfunktion) aus <i>Temming und Damm 2002</i>	Berechnet mit Temperaturen BSH Messstation (2002-2012)
<b>Temperatur</b>	Maßgeblicher Einfluss auf Wachstum und somit auf Sterblichkeit	Mittlere Temperatur (Sinusfunktion) aus <i>Temming &amp; Damm 2002</i> ; eine Temperatur für alle Lebensstadien	Larven: BSH Messstation/Oberfläche (2002-2012) ; Eier, Adulte und Juvenile: Büsum und BSH Messstation/Tief (2002-2012)
<b>Saisonalität der Fischerei</b>	Ein Maß für den Fischereiaufwand in der Saison	aus <i>Rückert 2011</i>	aus ICES WGCAN 2013 (2002-2012)
<b>M/F - Verhältnis</b>	Verhältnis natürliche (M) zu fischereilicher Sterblichkeit (F)	aus <i>Rückert 2011</i> ; M/F = 3.3/2.2	<i>Temming &amp; Hufnagl 2014</i> ; M/F = 1.5/3.8
<b>Symbol</b>			

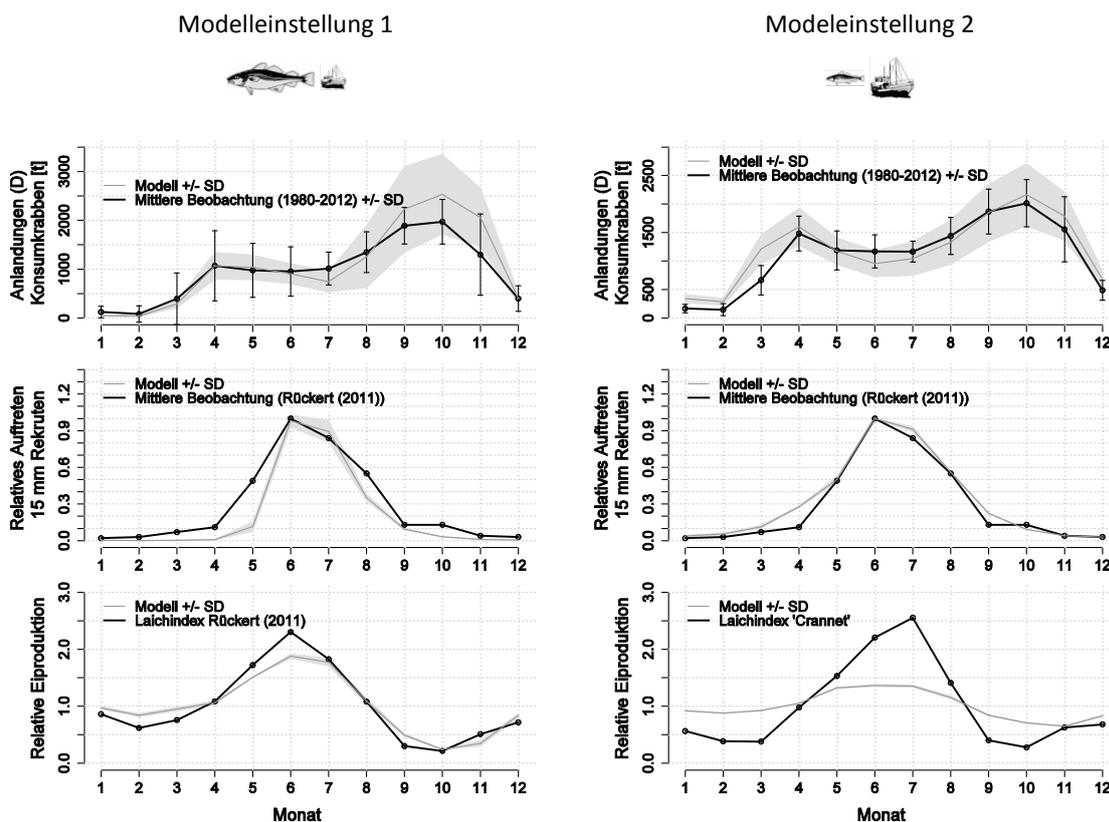
Für den Standardlauf wurden beide Modelleinstellungen auf die jährliche Summe der Fangmengen der deutschen Flotte kalibriert. Technisch wird hierbei die Anzahl der Eier, die jeden Tag im Modell starten, so eingestellt, dass die Mengen der modellierten Fänge den Beobachtungsdaten entsprechen. Die Selektionsfunktion des Steertes wurde so eingestellt, dass sie das mittlere Fischernetz der deutschen Flotte simuliert. Gemäß den Kontrollmessungen der Wasserschutzpolizei von 2012 und 2011 (Aviat et al. 2011) wird hierbei von einem Netz mit 20 mm nominaler Maschenöffnung ausgegangen ( $L_{50} = 37$ ,  $SR = 7$ ). Bei der Überlebensrate der Lebendsiebung an Bord wird in Anlehnung an die Studie von Lancaster & Frid (2002) von 80% ausgegangen. Um die Modellläufe reproduzierbar und vergleichbar zu machen, wurden die Zufallszahlen  $cvGR$ , welche die Variabilität des Wachstums zwischen den Kohorten definieren, basierend auf einer Normalverteilung ( $\mu=1$  und  $\sigma^2=0.09$ ) vorgegeben und konstant gehalten. Die Anzahl der Kohorten, welche jeden Tag im Model starten, wurde auf 30 festgelegt. Zur Visualisierung des Einflusses der Zufallszahl, für eine grundsätzliche Beschreibung der Standardläufe und für einen Vergleich der Modellversionen mit den beobachteten Werten wurden zudem 100 Läufe mit variablen Zufallszahlen durchgeführt. Somit wurden für den Standardlauf beider Modelleinstellungen Standardabweichungen für die saisonalen Anlandungen, relative Rekrutierung und Eiproduktion berechnet (Abbildung 83) basierend auf 100 Läufen, in denen die Zufallszahl, welche das Wachstum der Kohorten variiert, neu gezogen wurde.

Modelleinstellung 1 wurde mit den mittleren Fängen der deutschen Flotte von 1980-2010 kalibriert, für Modelleinstellung 2 wurde ein Mittelwert von 2002-2012 (ICES 2013) verwendet (Abbildung 83). Die Startanzahlen beider Modelleinstellungen unterscheiden sich um einen Faktor von 6, wobei Modelleinstellung 2 einen höheren Ertrag pro Ei errechnet.

Wie bereits in den Vorgänger-Versionen des Modells gezeigt wurde, kann die Simulation die Beobachtungsdaten gut abbilden, unabhängig von der jeweiligen Modelleinstellung. Bezogen auf die Anlandungen werden mit Modelleinstellung 1 die Fänge im Juli leicht unterschätzt und im Herbst dagegen leicht überschätzt. Die saisonalen Maxima der Rekruten und der Eiproduktion werden mit dieser Einstellung gut abgebildet. Modelleinstellung 2 führt zu einer leichten Überschätzung der Fänge im Februar und Unterschätzung im Juni. Allerdings wird das Maximum in der Fangsaison im Herbst sehr gut reproduziert, genauso wie das saisonale Maximum der Rekruten. Lediglich der Sommer-Peak in der Eiproduktion fällt in der Modelleinstellung 2 geringer aus als der Laichindex-Eingangswert. Das kann mit der Erhöhung der fischereilichen Sterblichkeit im Vergleich zur natürlichen erklärt werden: Die Gesamtsterblichkeit im Frühjahr ist in dieser Modelleinstellung höher, was zur Folge hat, dass mehr laichende Tiere gefangen werden, welche sonst zur Eiproduktion in den Sommermonaten beigetragen hätten. Es kann also sein, dass sich die Situation so verändert hat, dass die Beobachtungsdaten, welche in den Laichindex einfließen, nicht mehr die aktuellen sind und somit ein falsches Bild abliefern. Alle Laichindizes, sowohl der von Temming & Damm (2002), der von Rückert (2011) und der hier aktualisierte Laichindex, verwenden eine saisonale Längenstruktur der Nordseegarnelenpopulation, die auf der Beifangserie des Thünen-Instituts basieren. Auch die saisonale Veränderung des Anteils der Ei-tragenden Weibchen (siehe Siegel et al. 2006) basiert auf diesen Daten. Diese Beifang-Zeitserie wurde aller-

dings in den 1980ern eingestellt und seitdem sind nur sporadisch (zum Beispiel im Zuge des Data Collection Frameworks; DCF) neue Daten erhoben worden. Eine tatsächliche Veränderung in der Laichaktivität kann daher nicht mit neueren Daten belegt werden.

**Abbildung 83:** Ergebnisse der Standardläufe der Modelleinstellungen 1 und 2. Dargestellt sind die Anlandungen von Garnelen >50mm (oben), das zeitliche Auftreten der Rekruten (Mitte) und die relative Eiproduktion (Unten). Modelleinstellung 1 und 2 sind in Tabelle 44 definiert.



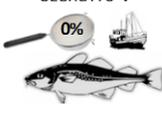
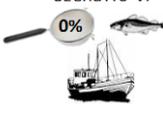
Die beiden Modelleinstellungen dienen als Basis für verschiedene Szenarien, in denen der Einfluss der Überlebensrate bei der Siebung auf die Ergebnisse untersucht wurde. Der Grund dafür ist, dass die Überlebensrate nach der Siebung nur unzureichend untersucht ist (siehe Kapitel 11.3.2), jedoch einen erheblichen Einfluss auf die Fangmenge, die Biomasse und die Eiproduktion hat (Tabelle 45). Wird die Überlebensrate zum Beispiel von 80% auf 50% reduziert (Modelleinstellung 2), verringern sich Fang und Eiproduktion um 10%.

**Tabelle 45:** Prozentuale Änderung des jährlichen Fangs, Biomasse und Eiproduktion unterschiedlicher Überlebensraten bei der Siebung ausgehend von einer Überlebensrate von 80% für beide Modelleinstellungen (siehe Tabelle 44).

		Modelleinstellung 1		Modelleinstellung 2	
%	<b>Überlebensrate Siebung</b>	50	0	50	0
%	<b>Fang (&gt; 50 mm)</b>	-6	-14	-9	-23
%	<b>Biomasse (gesamt)</b>	-4	-10	-7	-17
%	<b>Eiproduktion</b>	-6	-16	-10	-24

Als Szenario wird im Folgenden eine Modifikation des Modells verstanden, bei der eine Modelleinstellung mit einer bestimmten Siebungs-Überlebensrate (80%, 50% und 0%) kombiniert wird. Insgesamt wurden 6 Szenarien gerechnet, welche in Tabelle 46 aufgeführt sind. Für jedes Szenario wurden die Steertselektionsparameter  $L_{50}$  und  $SR$  systematisch variiert: In 1-mm-Schritten wurde ein Bereich von 1-20 mm für den Selektionsbereich abgedeckt und ein Bereich von 30-70 mm für  $L_{50}$  variiert. Ein Szenariolauf umfasst folglich 420 einzelne Modellläufe.

**Tabelle 46:** In CRANNET berechnete Szenarien und ihre Symbole. Hiermit sind die Modellmodifikationen gemeint, welche mit unterschiedlichen Überlebensraten bei der Lebenssiebung kombiniert werden. Modelleinstellung 1 und 2 sind in Tabelle 44 definiert.

	Modelleinstellung 1	Modelleinstellung 2
<b>80% Überlebensrate bei Siebung</b>	Szenario I 	Szenario II 
<b>50% Überlebensrate bei Siebung</b>	Szenario III 	Szenario IV 
<b>0% Überlebensrate bei Siebung</b>	Szenario V 	Szenario VI 

### 11.4.3 Modellergebnisse mit variierten Steertselektionen

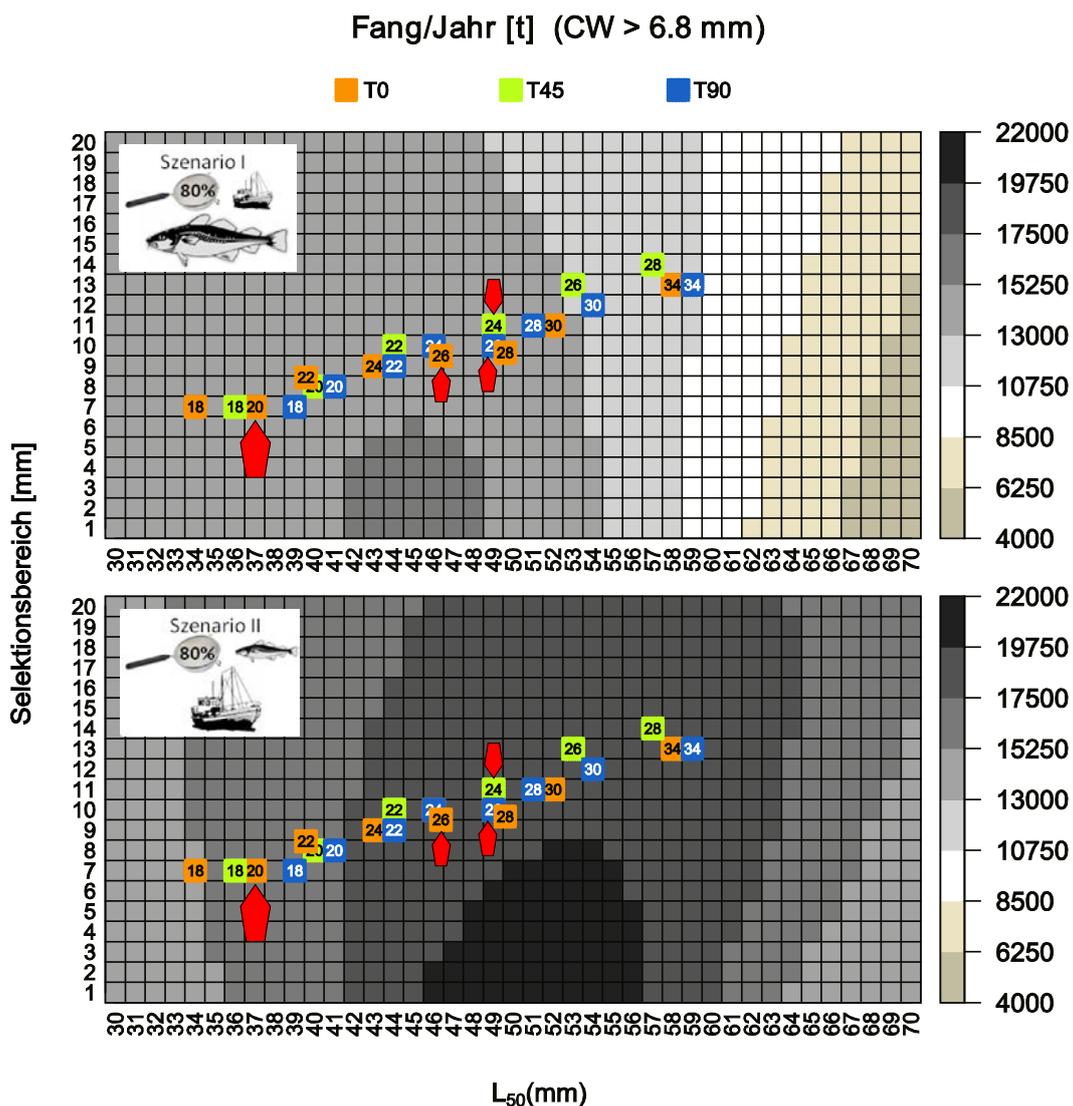
Im Folgenden werden die Ergebnisse von Szenario I und II (80% Überlebensrate nach Siebung) dargestellt. An dieser Stelle sei noch einmal erwähnt, dass Szenario I die Situation der 1980er Jahre widerspiegeln soll und Szenario II die aktuelle Situation mit einer hohen fischereilichen und einer geringen natürlichen Sterblichkeit. Insgesamt sind die Fänge in Szenario II größer als in Szenario I.

Als zentrale ökonomische Größe wurde aus den Szenarienläufen das Gesamtfanggewicht eines Jahres für die deutsche Flotte extrahiert und für jede Parameterkombination (SR,  $L_{50}$ ) der Selektionsfunktion (Steert) berechnet. Betrachtet man die Fangmenge von Garnelen mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 6.8 mm (Abbildung 84) fällt zunächst auf, dass unabhängig vom Szenario die höchsten Fänge bei geringen Selektionsbereichen erzielt werden würden. Umso steiler also die Selektionsfunktion eines Steertes ist, umso größer ist der langfristig erzielte Fang. Bezüglich der Fangmenge und des Parameters  $L_{50}$  unterscheiden sich Szenario I und II wesentlich: Bei einer hohen natürlichen Sterblichkeit (Szenario I, 1980er) werden die höchsten Fänge bei Verwendung eines Netzes mit einem  $L_{50}$  von 42 mm (14254 t) erzielt. Nimmt man die aktuell geringere natürliche Sterblichkeit an (Szenario II, aktuell), werden maximale Fänge erst bei Verwendung eines Netzes mit einem  $L_{50}$  von 52 mm (20375 t) erzielt. In der aktuellen Situation würde also eine größere Maschenöffnung (größeres  $L_{50}$ ) zum maximalen Fang führen. Dies liegt daran, dass auf Grund der geringeren Sterblichkeit durch natürliche Feinde die Garnelen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit ein höheres Alter und damit ein höheres Fanggewicht je Individuum erreichen. Reduziert man den Fischereidruck steigt die Wahrscheinlichkeit noch weiter und größere Tiere werden mit einer höheren Wahrscheinlichkeit gefangen. Die Garnelen haben also die Möglichkeit heranzuwachsen. Sind allerdings viele Räuber im System (Szenario I, 1980er), werden die Garnelen mit einer höheren Wahrscheinlichkeit gefressen und die Wahrscheinlichkeit große Garnelen zu fangen sinkt. In dieser Situation führt ein geringeres  $L_{50}$  zu maximalen Fängen.

Betrachtet man die Selektionsparameter, welche im Projekt für die getesteten Steerte ermittelt wurden, ergibt sich, dass mit keinem der Steerte das theoretisch berechnete Fangmaximum erreicht werden kann, was vorwiegend an den erhöhten Selektionsbereichen aller Netze liegt. Das aktuell in der Fischerei verwendete Netz (T0 20) weist zwar einen geringen Selektionsbereich auf, kann aber mit seinem vergleichsweise niedrigen  $L_{50}$  nicht das Fangoptimum erreichen. Eine Erhöhung des  $L_{50}$  durch eine Erhöhung der Maschenöffnung steigert deshalb den Fangertag - unabhängig von der Netzgeometrie und dem angenommenen Szenario - in allen Fällen. Bei einer hohen natürlichen Sterblichkeit, vergleichbar zur Situation in den 1980ern, würden die größten im Projekt getesteten Maschenöffnungen zu einem geringen Fangverlust führen. In der aktuellen Situation jedoch führen alle Netze mit einer größeren Maschenöffnungen als das momentan von den meisten Fischern verwendete Netz zu einer Steigerung des Fanges.

**Abbildung 84:**

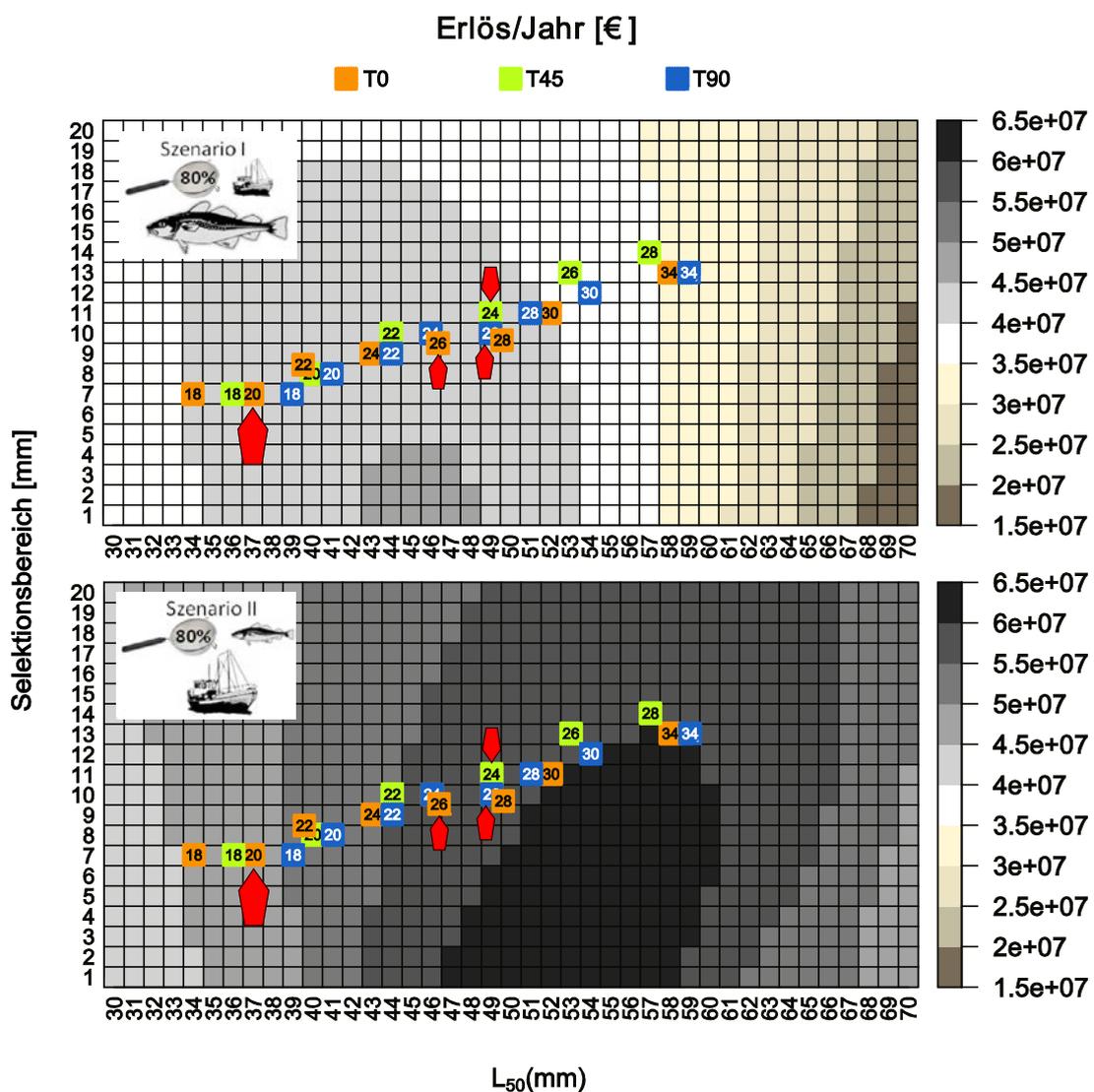
Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 6,8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengemetrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengemetrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



Als zweite ökonomische Größe wurde der jährliche Ertrag in Euro berechnet, den die Fischer bei Abgabe an der Siebstation erhalten. Dieser basiert auf den Fanggewichten und dem mittleren monatlichen Preis (Mittelwert 2002-2012). Dabei wurde berücksichtigt, dass die Fischer für größere Garnelen höhere Preise erzielen (im Mittel: 3,5 €/kg für Garnelen mit Carapaxbreite >9.5 mm; 2,9 €/kg für Garnelen mit Carapaxbreite 6.8-9.5 mm). Bußgelder für untermäßige Garnelen wurden nicht berücksichtigt. Der jährliche Ertrag in Euro (Abbildung 85) ergibt bei unterschiedlichen Parameterkombinationen der Steertselektion ein ähnliches Bild wie der jährliche Gesamtfang.

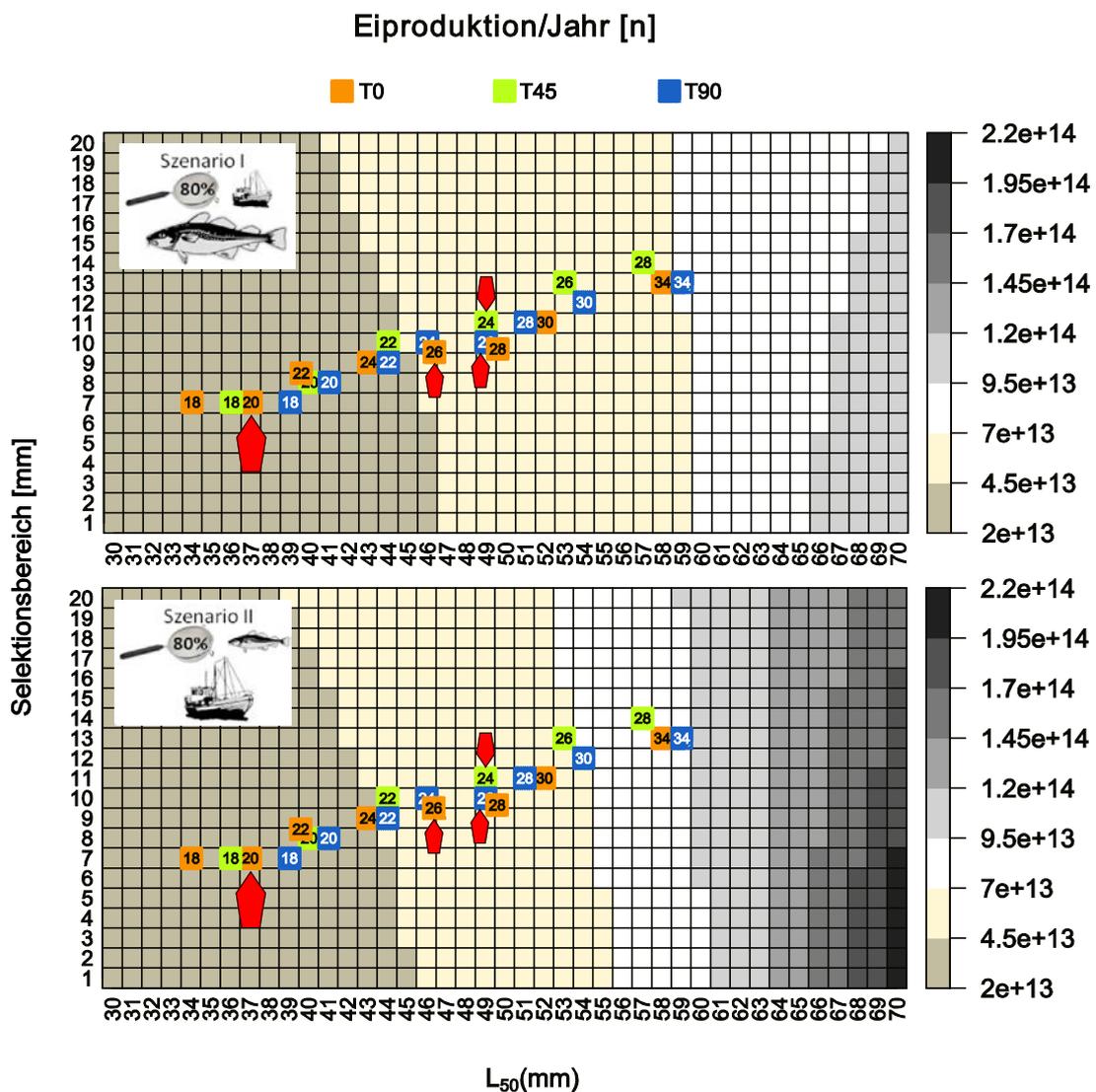
Im Ergebnis würde der maximale Ertrag erneut mit einem Steert erzielt werden, welcher einen geringen Selektionsbereich aufweist. Die Wahl des  $L_{50}$  und der Maschenöffnung des Steertes ist dagegen wieder abhängig von dem Verhältnis der natürlichen zu fischereilichen Sterblichkeit. Der theoretische erzielbare maximale Ertrag (Abbildung 85) würde mit einem  $L_{50}$  von 45 mm (Szenario I, 1980er) bzw. 54 mm (Szenario II, aktuell) erreicht werden. Somit hätte das für den Ertrag optimale Netz einen  $L_{50}$ , der um 3 bzw. 2 mm größer wäre als der optimale  $L_{50}$  für die theoretisch erzielbare maximale Fangmenge (Abbildung 84). Der Grund hierfür ist, dass sich auch der Anteil der großen Garnelen im Fang je nach Selektionseigenschaft des Steertes verändert (Anhang Abbildung 124), was den jährlichen Ertrag beeinflusst.

**Abbildung 85:** Simulierter jährlicher Erlös der deutschen Flotte in Euro bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert den Erlös [€]. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengemetrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengemetrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



Neben den ökonomischen Größen wurden außerdem biologische Kenngrößen untersucht, um auch den Effekt unterschiedlicher Steertselektionen auf die Populationsentwicklung der Nordseegarnelen zu untersuchen. Betrachtet man die jährliche Eiproduktion der Nordseegarnelen bei unterschiedlichen Steertselektionen (Abbildung 86), zeigt sich, dass der Selektionsbereich der Steerte wenig Einfluss auf die Anzahl der produzierten Eier hat. Hier ist alleine der Selektionsparameter  $L_{50}$  von Bedeutung: Jegliche Erhöhung des  $L_{50}$  und somit der Maschenöffnung führt zu einer Erhöhung der produzierten Nachkommenschaft. Auch die Gesamtbiomasse der Population steigt mit einer Erhöhung des  $L_{50}$  und der Maschenöffnung an (Anhang Abbildung 125).

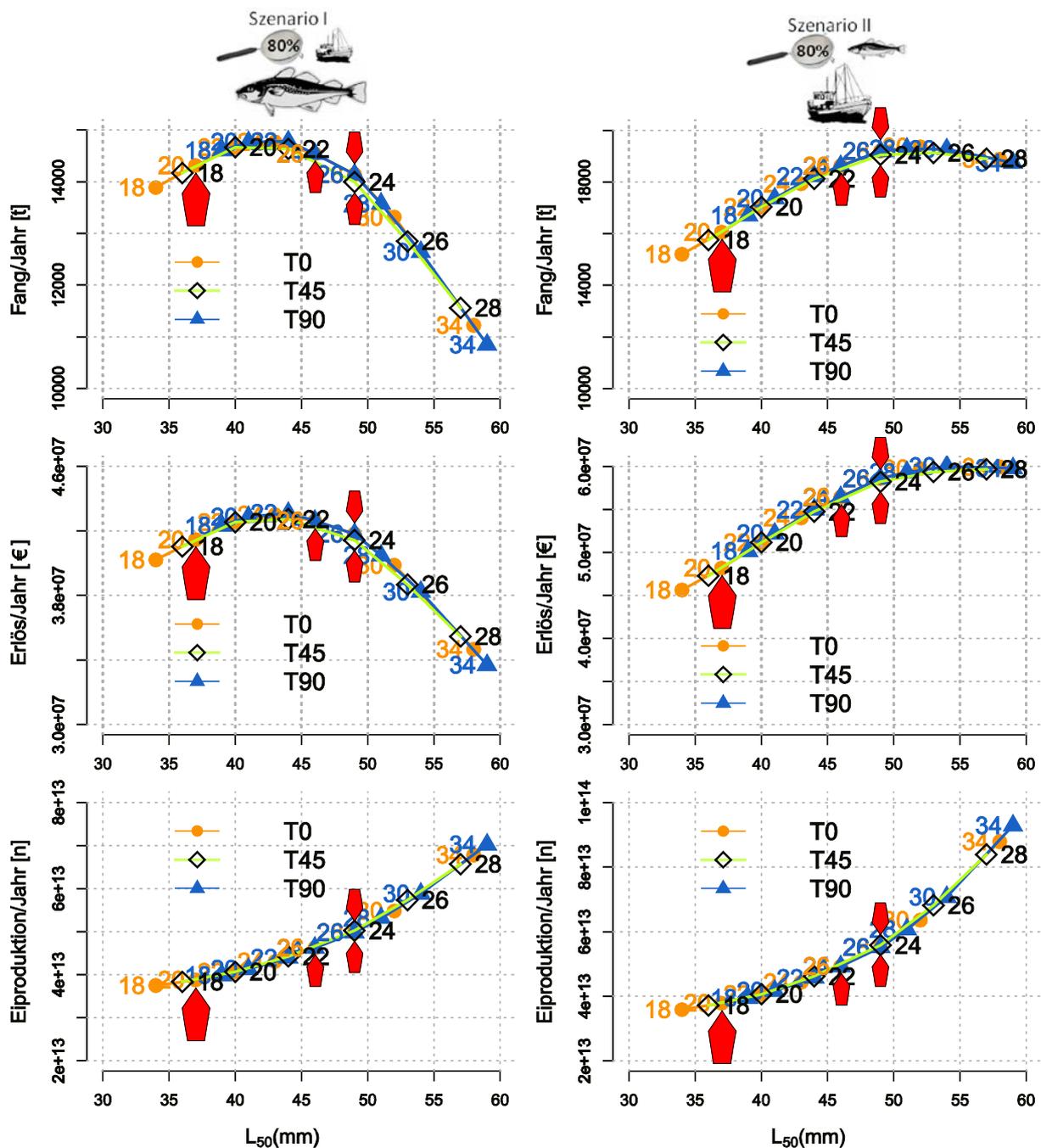
**Abbildung 86:** Simulierte jährliche Eiproduktion der deutschen Nordseegarnelenpopulation bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1. bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von braun über weiß bis schwarz symbolisiert die Anzahl der Eier, die von der Population erzeugt wird. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



#### 11.4.4 Ausgewählte Test-Steerte und CRANNET-Steerte

Die Test-Steerte (T0 26, T45 24 und T90 26) zeigen in der Simulation im Vergleich zum aktuell verwendeten Fischernetz keinen Verlust hinsichtlich des Fanges und des Erlöses (Abbildung 87). Selbst bei einer Situation, in der viele Räuber im System mit den Fischern um die Garnelen konkurrieren, bleiben Fang und Ertrag stabil, wenn die mittlere Maschenöffnung der Flotte - entsprechend der Test-Steerte - erhöht wird. In dieser Situation liegt der Mehrwert der Netze dann besonders darin, dass sie den Beifang verringern und somit die Aufarbeitung des Fangs beschleunigen. Außerdem würde in jedem Fall die Garnelen-Population profitieren, da mehr Eier produziert werden und mehr adulte Tiere im Bestand sind. In der aktuellen Situation wäre der Wechsel von den aktuell verwendeten auf einen der Test-Steerte mit einem Gewinn für die Fischer und die Garnelenpopulation verbunden. Hinsichtlich der Modellergebnisse wäre in der aktuellen Situation sogar eine Erweiterung der Maschenöffnungen über die der Test-Steerte hinaus sinnvoll und würde den Ertrag und die Eiproduktion noch weiter steigern.

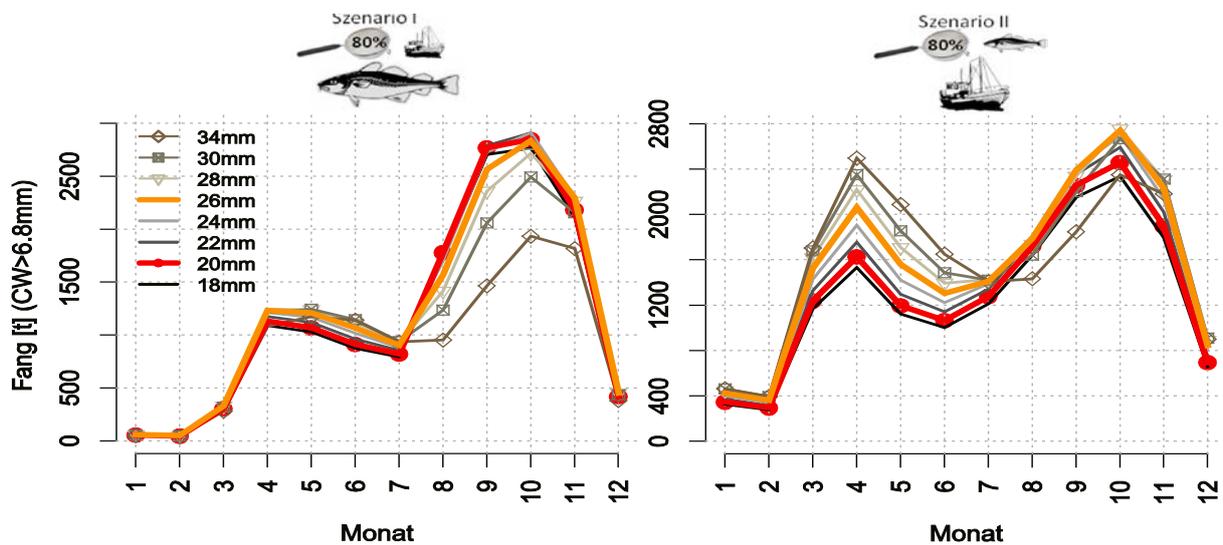
**Abbildung 87:** Simulierter jährlicher Fang (Garnelen > 6.8 mm Carapaxbreite), Erlös und Eiproduktion bei unterschiedlichen  $L_{50}$  (x-Achse) und nominalen Maschenöffnungen in mm (Zahlen). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



Mit einer Vergrößerung der Maschenöffnungen in der Garnelenfischerei würden sich auch die saisonalen Schwankungen der Fänge verändern (Abbildung 88). Diese Änderung ist stärker, wenn die natürliche Sterblichkeit gering ist (Szenario II, aktuell), d.h. wenig Räuber im System sind. Betrachtet man zum Beispiel den Test-Steert T0 26 in dieser Situation (Abbildung 88, rechts), erhöhen sich die Fänge im Herbst im Vergleich zum aktuellen Standard-Steert T0 20 nur gering, während dagegen eine markante Steigerung im Frühjahr (März-Juni) zu verzeichnen wäre. Hier macht sich ein Schoneffekt bemerkbar: Die neue Kohorte, welche mit dem aktuellen Standard-Steert im Sommer in die Fischerei eintritt, wird bei einer größeren Maschenöffnung länger geschont und würde somit erst einen Monat später befischt werden. Das führt zu einer leichten Erhöhung der Fänge im Herbst. Im Frühjahr zeigt der Schoneffekt allerdings sein wirkliches Potential: die untermaßigen Garnelen, welche im Vorjahr durch die größeren Maschen schlüpfen konnten, sind im Laufe des Winters größer geworden und führen zu einer Fangsteigerung und einer gleichmäßigeren saisonalen Verteilung der Fänge. Die Fänge von März-Juni können noch weiter gesteigert werden, wenn die Maschenöffnungen über die der Test-Steerte hinaus vergrößert würden. Ab einer Maschenöffnung von 34 mm sind die Fänge im Frühjahr maximal, jedoch ist ein Rückgang der Fänge im Herbst zu verzeichnen.

Der oben gezeigte Schoneffekt fällt geringer aus, wenn mehr Räuber im System sind (Szenario I, 1980er). In dieser Situation werden die untermaßigen Garnelen, welche von der Fischerei geschont werden, zu einem großen Anteil von Räufern weggefressen. Allerdings kommt es auch in dieser Situation zu einer Erhöhung der Fänge im Frühjahr. Die Änderung der Saisonalität der Fänge mit Steigerung der Maschenöffnungen sieht bei den Netztypen T45 und T90 ähnlich aus wie bei dem hier vorgestellten Netztyp T0 (Anhang, Abbildung 126 und Abbildung 127).

**Abbildung 88:** Saisonalität der Fänge bei unterschiedlichen Maschenöffnungen am Beispiel T0 (Rautenmasche). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20 ist in rot dargestellt, der Steert T0 26 in orange).

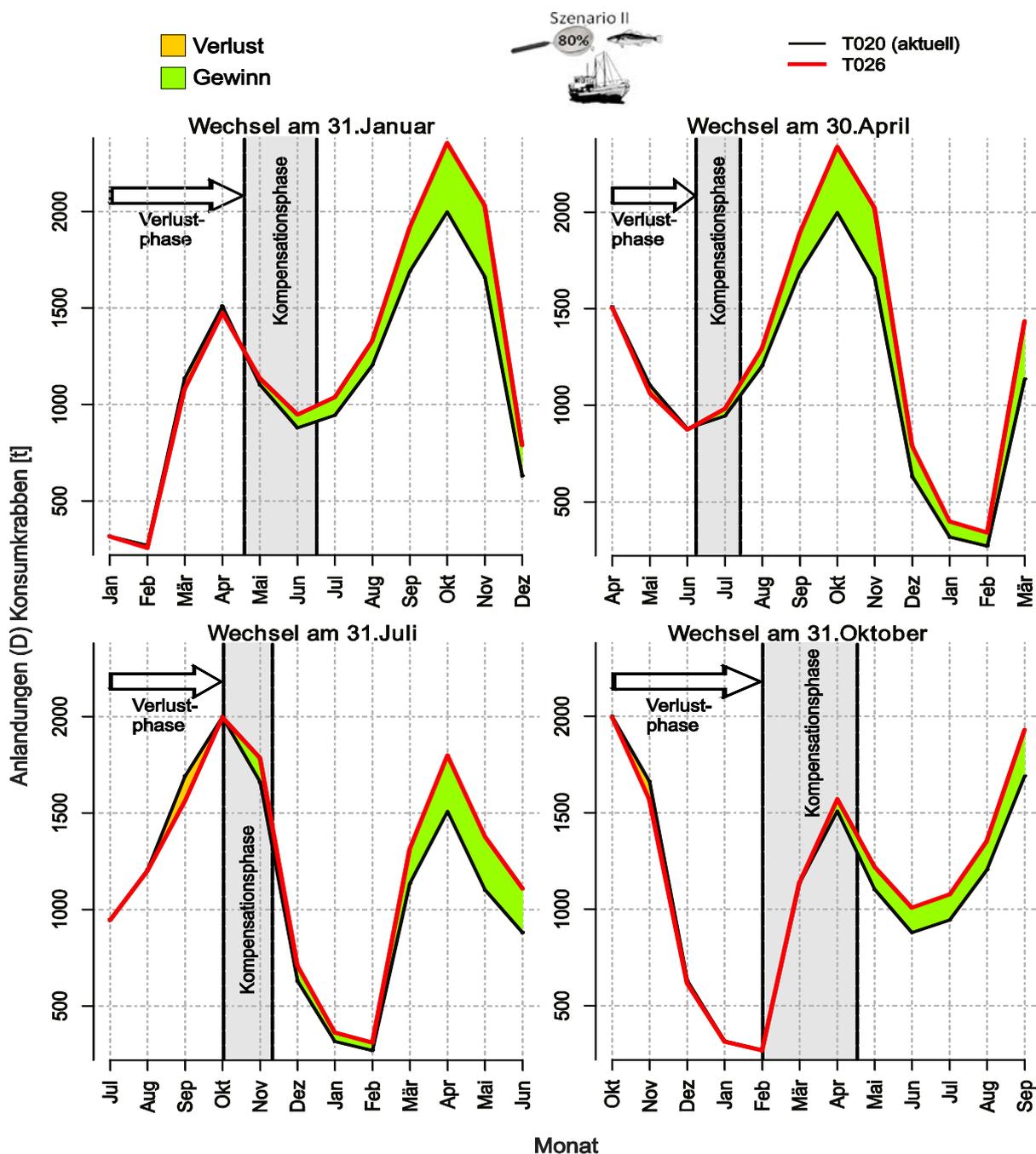


### 11.4.5 Kurzfristige Verluste und Kompensationen bei der Umstellung auf Test-Steerte

Würde die Fischerei auf einen der Test-Steerte umstellen, käme es zu kurzfristigen Verlusten in den Fängen, bis sich der Schoneffekt untermaßiger Garnelen bemerkbar macht und die Fangmenge wieder ansteigt. Wie lange diese anfängliche Verlustphase ist, ist davon abhängig, wann in der Fangsaison ein Steertwechsel durchgeführt wird. Zum Beispiel führt ein Wechsel vom aktuellen Standard-Steert (T0 20) zum Test-Steert T0 26 im ersten Quartal des Jahres (Abbildung 89) zu einer Verlustphase von drei bis vier Monaten. Nach zwei weiteren Monaten ist aber der anfängliche Fangverlust durch den beginnenden Anstieg der Fänge wieder ausgeglichen (Kompensationspunkt). Insgesamt schlägt sich bei einem Steertwechsel im ersten Quartal der Gewinn also erst nach 5-6 Monaten zu Buche. Im zweiten, dritten und vierten Quartal wird dieser Kompensationspunkt, nachdem die anfänglichen Verluste ausgeglichen sind, nach 3-4, 4-5, bzw. 6-7 Monaten erreicht. Am längsten dauert also der Ausgleich der Fänge, wenn im vierten Quartal der Steert gewechselt wird: Während des jahreszeitlichen Fangmaximums im Herbst ist der anfängliche Verlust größer als in anderen Jahreszeiten und kann dann, wegen der geringen Fänge im Winter, erst im nächsten Frühjahr kompensiert werden. Der beste Zeitpunkt für die Umstellung wäre das zweite Quartal, kurz bevor die neue Kohorte von Garnelen in die Fischerei eintritt. Untermaßige kleine Garnelen dieser neuen Kohorte werden von Beginn an geschont und weisen wegen der steigenden Temperaturen ein schnelles Wachstum auf. Diese Umstände führen dazu, dass die anfänglichen Verluste innerhalb von einem Monat ausgeglichen werden können. An dieser Stelle

sei noch einmal darauf hingewiesen, dass der Kompensationspunkt mit Fanggewichten ermittelt wurde. Da der Steertwechsel aber dazu führt, dass der Fang aus größeren Garnelen besteht, die einen höheren Preis erzielen können, besteht die Möglichkeit, dass der finanzielle Kompensationspunkt früher erreicht ist als der des absoluten Fanggewichtes.

**Abbildung 89:** Steertwechsel vom aktuellen Standard-Steeert (T0 20) zum Test-Steeert (T0 26) zu vier verschiedenen Zeitpunkten des Jahres. Dargestellt ist die saisonale Verteilung des Gesamtfangs der deutschen Flotte (Konsumkrabben). Die dünne, schwarze Linie stellt den Fang des Standard-Steeertes (T0 20) dar, die rote Linie den Fang bei einem Wechsel auf den Test-Steeert T0 26.



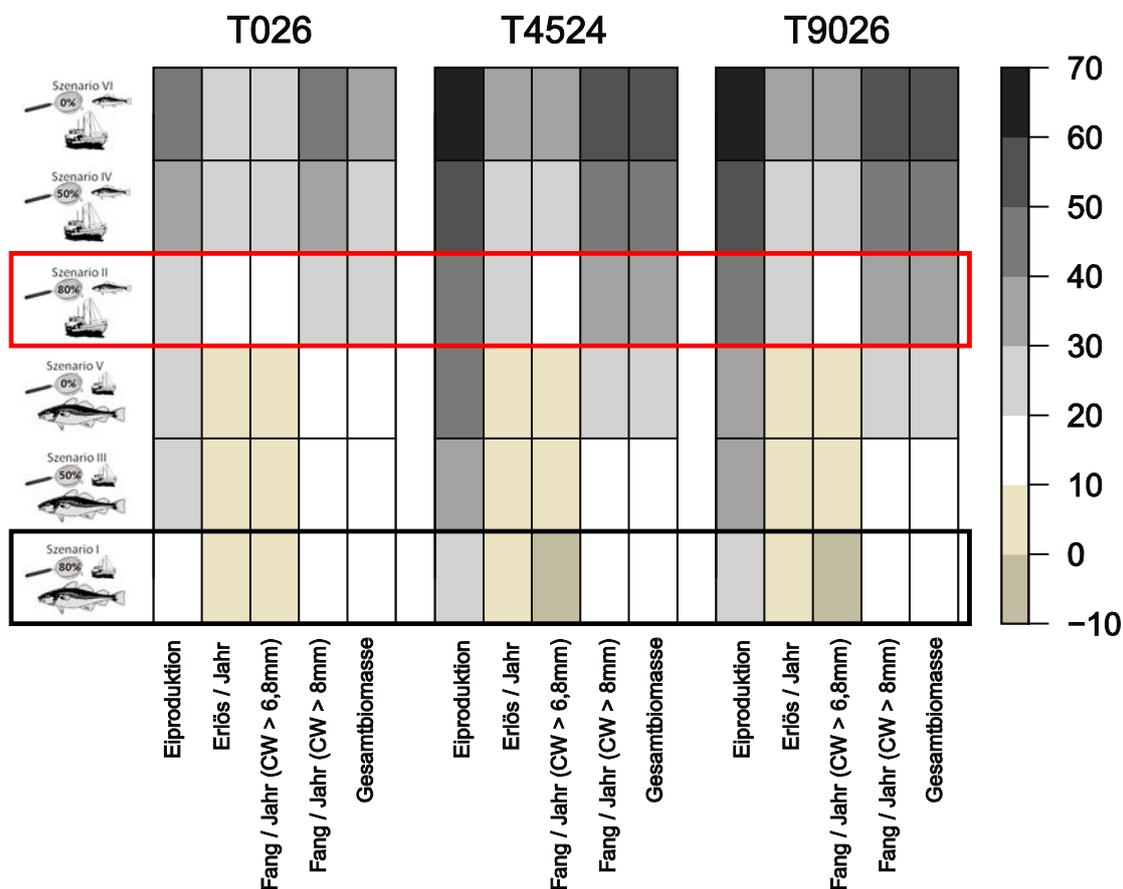
### 11.4.6 Gewinn der Test-Steerte

In keiner der Simulationen, die das jetzige Ökosystem als Basis verwenden, führt die Vergrößerung der Maschen vom aktuellen Standard-Steert (T0 20) auf einen der Test-Steerte (T0 26, T45 24 und T90 26) zu einem Verlust (Abbildung 90). Lediglich für die beiden Netztypen T45 24 und T90 26 wurde eine 2% bzw. 1%ige Verringerung des Fanges berechnet, wenn im Ökosystem viele Räuber vorhanden sind (Szenario I, 1980er). Genaugenommen sind die geringen Fangverluste in dieser Situation auch ein Mehrgewinn: Den Fischern entgehen nur kleinere Krabben und die Zunahme großer Garnelen im Fang führt potentiell zu einer Erhöhung des Ertrages, wenn davon ausgegangen wird, dass größere Krabben höhere Preise erzielen. In der aktuellen Situation, d.h. bei einer geringen natürlichen Sterblichkeit (Szenario II), steigen sowohl Fang und Erlös als auch Biomasse und Eiproduktion um mehr als 10% an, wenn der Standard-Steert (T0 20) durch eine der Test-Steerte ersetzt wird.

Vergleicht man die Test-Steerte (T0 26, T45 24 und T90 26) untereinander, so fällt auf, dass die deutlichsten Änderungen im Vergleich zum Standard-Steert bei T45 24 und T90 26 auftreten, was für die Wahl dieser beiden Maschengometrien spricht. Entsprechend ihrer sehr ähnlichen Selektionsparameter unterscheiden sich diese beiden Steerte nur wenig, wenn man die Effekte auf Eiproduktion, Biomasse, Erlös und Fang vergleicht. An dieser Stelle sei allerdings nochmals darauf hingewiesen, dass der Gewichtseffekt der Maschengometrien T90 und T45 in den Berechnungen nicht berücksichtigt wurde; Stattdessen wurden die Selektionsparameter verwendet, welche für ein mittleres Fanggewicht von 50 kg erhoben wurden.

Wie bereits in Kapitel 11.3.2 angesprochen, hat die Überlebensrate nach der ersten Siebung an Bord einen starken Effekt auf die Höhe der Biomasse, die Eiproduktion und auf die Fangmenge (Tabelle 45). Je geringer die Überlebensrate ist, desto kleiner sind Biomasse und Eiproduktion und desto kleiner sind auch die Fänge der Fischer, unabhängig von der Höhe der natürlichen Sterblichkeit. Bei geringeren Überlebensraten nach der Lebendsiebung an Bord (Szenario III-VI), im Vergleich zu den bisher angenommenen 80% (Szenario I und II), würden die positiven Effekte eines Steertwechsels vom aktuellen Standard-Steert zu einem der Test-Steerte noch verstärkt werden (Abbildung 90). Die Selektion im Steert gewinnt also an Bedeutung, wenn viele Garnelen den Siebprozeß an Bord nicht überleben.

**Abbildung 90:** Prozentuale Änderung biologischer und ökonomischer Größen (Eiproduktion, Erlös, Fang und Gesamtbiomasse) bei Verwendung der Test-Steerte (T0 26, T45 24 und T90 26) im Vergleich zum aktuellen Standard-Steert (T0 20). Die Änderungen sind farbig von braun über weiß nach schwarz dargestellt. In jeder Zeile ist eines der in CRANNET berechneten Szenarien dargestellt. Die oberen drei Reihen zeigen die Szenarien, bei denen eine hohe fischereiliche und einer niedrige natürliche Sterblichkeit angenommen wurde (aktuelle Situation) mit 0% (Szenario VI), 50% (Szenario IV) und 80% Überlebensrate (Szenario II) bei der Lebendsiebung an Bord. Die unteren drei Reihen zeigen die Szenarien bei denen mit einer geringen fischreilichen und einer hohen natürlichen Sterblichkeit gerechnet wurde mit 0% (Szenario V), 50% (Szenario III) und 80% Überlebensrate (Szenario I). Die umrahmten Szenarien (I und II) wurden in Abbildung 84 bis Abbildung 89 dargestellt, das rot umrahmte spiegelt die aktuelle Situation der Fischerei wider (Abbildung 89).



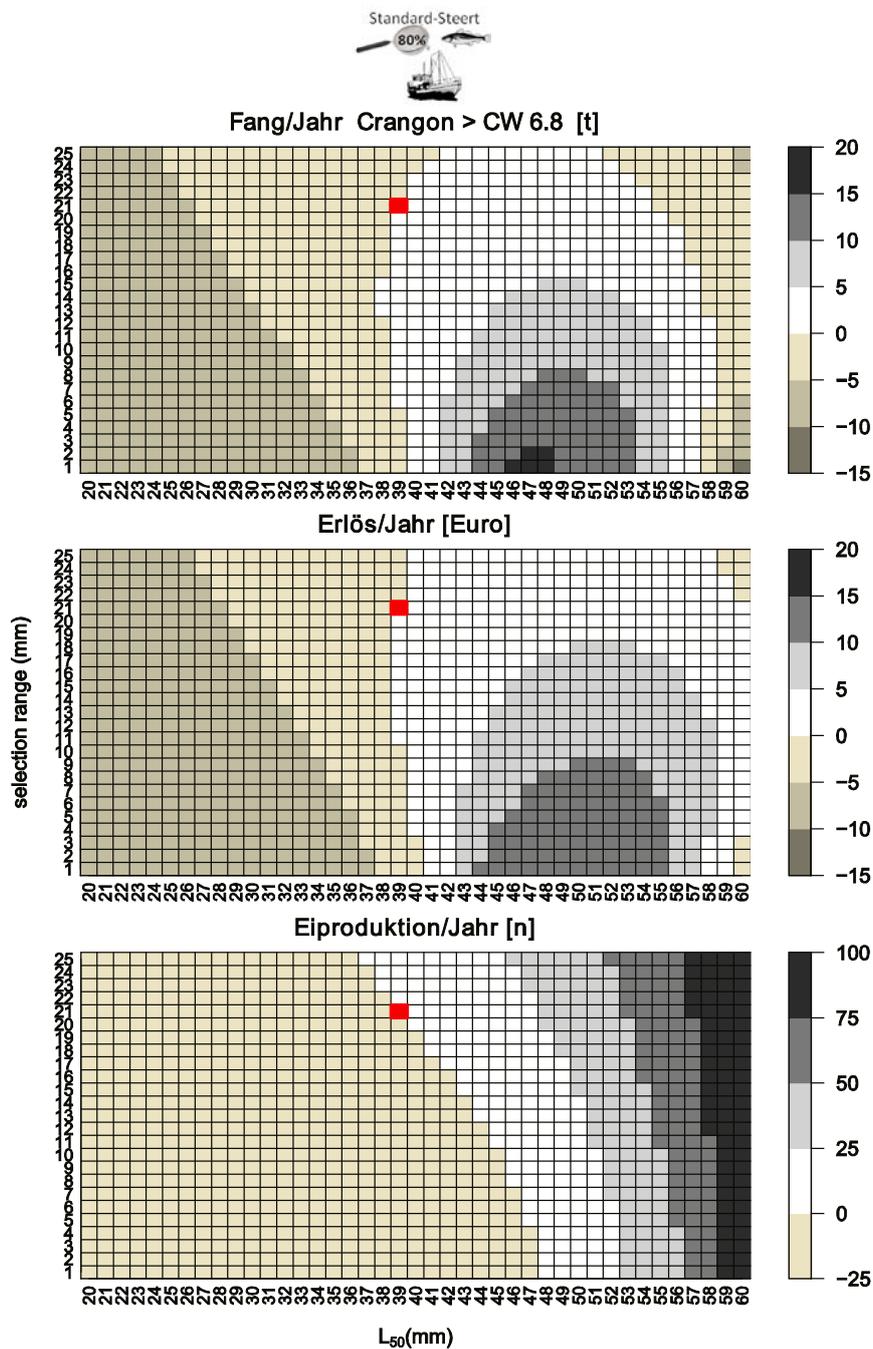
### 11.4.7 Ausblick: Einfluss der Siebselektion

Im CRANNET-Projekt stand die Untersuchung und Optimierung der Selektion des Steertes im Vordergrund.

Allerdings hat neben der Steertselektion auch die Selektion der ersten Siebung an Bord einen starken Einfluss auf die Populationsgröße und somit auf die Fänge der Fischer: alles was die Siebung an Bord überlebt, kann weiterwachsen und erhöht die Biomasse und folglich auch die Fänge. In den bisherigen Berechnungen wurde zwar die Überlebensrate der Garnelen während des Siebprozesses variiert und berücksichtigt, die Selektionsparameter des Siebprozesses wurden allerdings konstant gehalten. In der Weise, in der die Selektion des Steertes untersucht wurde, sollte in Zukunft auch die Selektion der unterschiedlichen Siebe untersucht werden, um die Fischerei hinsichtlich ökonomischer und populationsbiologischer Größen zu optimieren und nachhaltig zu gestalten.

Wird davon ausgegangen, dass die Fischerei weiter den aktuellen Standard-Steert (T0 20) einsetzt, kann die Höhe des Fanges und der Erlös auch durch die Anpassung der Siebung optimiert werden (Abbildung 91): bei der Betrachtung des jährlichen Fanges, Erlöses und der Eiproduktion führt, gemäß der Simulationsrechnungen, ein kleiner Selektionsbereich ( $< 8$  mm) kombiniert mit einem  $L_{50}$  von  $\sim 50$ mm zu einer Steigerung von mindestens 10%. In CRANNET wurde mit einer konstanten und flachen Selektionskurve (großer Selektionsbereich kombiniert mit kleinem  $L_{50}$ ) gerechnet, welche von signifikanten Verlusten während des Siebprozesses ausgeht. Es ist anzunehmen, dass eine optimierte Siebung kombiniert mit einem der Test-Steert dieselben positiven Effekte auf populationsbiologische und ökonomische Größen hat, wie die bisher gezeigten Berechnungen unter Verwendung der flachen und verlustreichen Selektionskurve für den Siebvorgang. Trotzdem soll an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass der noch wenig untersuchte Siebprozeß einen deutlichen Einfluss auf die Populationsdynamik und folglich alle Erträge hat.

**Abbildung 91:** Änderung des jährlichen Fangs, Erlöses und der Eiproduktion bei konstanter Steertsektion (T0 20) und systematischer Variation der Siebsektion unter Annahme einer hohen fischereilichen im Vergleich zur natürlichen Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Siebes definieren. Die Änderungen sind farblich dargestellt (von braun über weiß nach schwarz) und geben die prozentualen Abweichungen von den Ergebnissen an, welche mit den Siebparametern aus den CRANNET-Simulationen errechnet wurden (rotes Kästchen). Die Überlebenswahrscheinlichkeit der Garnelen nach der Lebendsiebung an Bord beträgt in diesem Szenario mehr als 80%.



## 11.5 Literatur

- Aviat D, Diamantis C, T. N, J. B, M. M (2011) The North Sea Brown Shrimp Fisheries Book <http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=en&file=36051#search=shrimp>. Study to the European Parliament
- Funder S (2014) Validierung einer neuen Methode zur in-situ Bestimmung der Wachstumsraten der Nordseegarnele *Crangon crangon* L. Bachelor of Science, Universität Hamburg,
- Havinga B (1930) Der Granat (*Crangon vulgaris* Fabr.) in den holländischen Gewässern. Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer 5
- Hufnagl M, Temming A (2011a) Growth in the brown shrimp *Crangon crangon*. I. Effects of food, temperature, size, gender, moulting, and cohort. Mar Ecol Prog Ser 435:141-154
- Hufnagl M, Temming A (2011b) Growth in the brown shrimp *Crangon crangon*. II. Meta-analysis and modelling. Mar Ecol Prog Ser 435:155-172
- Hufnagl M, Temming A, Danhardt A (2010a) Hermaphroditism in brown shrimp: lessons from field data and modelling. Mar Biol 157:2097-2108
- Hufnagl M, Temming A, Danhardt A, Perger R (2010b) Is *Crangon crangon* (L. 1758, Decapoda, Caridea) food limited in the Wadden Sea? J Sea Res 64:386-400
- ICES (2003) Report of the Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN). ICES CM 2003/G:01
- ICES (2013) Report of the Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN). ICES CM 2013/SSGEF:12
- ICES (2014) Report of the Working Group on Crangon Fisheries and Life History (WGCRAN). ICES CM 2014/SSGEF:08
- Kaschner C (2012) Bestimmung von in-situ Wachstumsraten der Nordseegarnele *Crangon crangon* (L.). Bachelor of Science, Universität Hamburg,
- Lancaster J, Frid CLJ (2002) The fate of discarded juvenile brown shrimps (*Crangon crangon*) in the Solway Firth UK fishery. Fish Res 58:95-107
- Lüthke N (2002) Der Lebenszyklus der Nordseegarnele *Crangon crangon* in der Nordsee - ein Simulationsmodell. Diplom, Universität Hamburg, Hamburg
- Megrey BA, Hinckley S (2001) Effect of turbulence on feeding of larval fishes: a sensitivity analysis using an individual-based model. ICES J Mar Sci 58:1015-1029
- Neudecker T, Damm U, Kühnhold WW (2006) Fang, Anlandungen, Discard und Bestand der Nordseegarnele (*Crangon crangon* L.). Inf Fischereiforsch 53:82-85
- Perger R, Temming A (2012) A new method to determine in situ growth rates of decapod shrimp: a case study with brown shrimp *Crangon crangon*. Mar Biol 159:1209-1222
- Rückert C (2011) Die Entwicklung, Parametrisierung und Anwendung eines Simulationsmodells für die Nordseegarnele (*Crangon crangon* L.) zur Beurteilung des Befischungszustandes. Dissertation, Universität Hamburg,
- Sharawy ZZ (2012) Investigations into growth and nutritional condition of *Crangon crangon* (L.). Dissertation, Universität Hamburg,
- Siegel V, Groger J, Neudecker T, Damm U, Jansen S (2005) Long-term variation in the abundance of the brown shrimp *Crangon crangon* (L.) population of the German Bight and possible causes for its interannual variability. Fish Oceanogr 14:1-16

- Temming A, Damm U (2002) Life cycle of *Crangon crangon* in the North Sea: a simulation of the timing of recruitment as a function of the seasonal temperature signal. *Fish Oceanogr* 11:45-58
- Temming A, Hufnagl M (2015) Decreasing predation levels and increasing landings challenge the paradigm of non-management of North Sea brown shrimp (*Crangon crangon*). *ICES J Mar Sci* 72:804-823
- Tiews K (1990) 35-Jahres-Trend (1954±88) der Häufigkeit von 25 Fisch- und Krebstierbeständen an der deutschen Nordseeküste. *Arch Fisch Wiss* 40:39-48



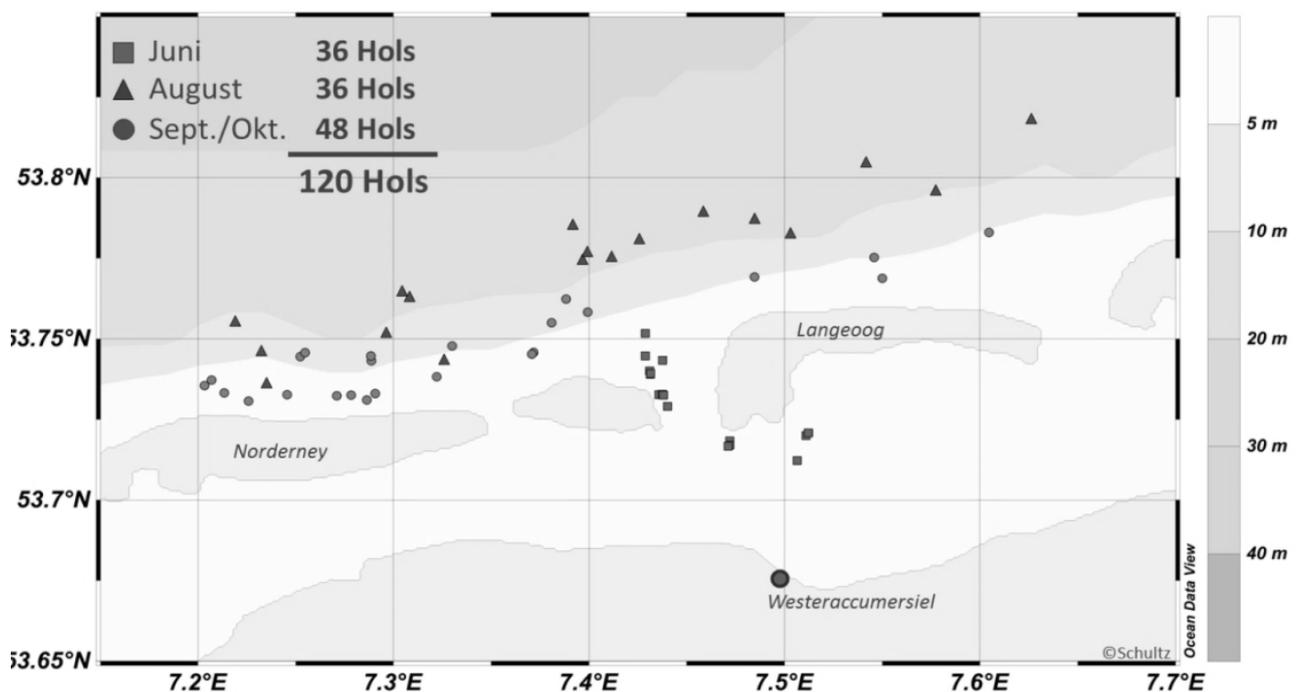
## 12 Erprobung der optimalen Steerte unter Praxisbedingungen

Die Untersuchungen der Selektionseigenschaften einer Vielzahl unterschiedlicher Steerte und die anschließend durchgeführte Modellierung der Bestandsänderungen (siehe Kapitel 7.1 und 11.4) führten zur Auswahl dreier Test-Steerte (Kapitel 11.4), im Folgenden CRANNET-Steerte, deren Maschenformen und -öffnungen eine optimale ökologische und ökonomische Entwicklung der Garnelenfischerei erwarten lassen. Diese Steerte wurden im Rahmen des Projektes im Jahresverlauf 2014 unter kommerziellen Bedingungen getestet. Ziel war es, die Praxistauglichkeit der ausgewählten Steerte im Hinblick auf saisonale Aspekte zu untersuchen. Zudem ist es so möglich die Kurzfristeffekte auf den Fang zu untersuchen, die unmittelbar nach einer Umstellung der Fischerei auf diese Steerte auftreten würde.

### 12.1 Experimentelle Durchführung

Die Versuche wurden in den Monaten Juni, August und September/Oktober 2014 durchgeführt. Es wurden Fanggebiete ausgewählt, in denen in den entsprechenden Zeiträumen kommerzielle Krabbenfischerei stattfand. Ausgangshafen aller Fangfahrten war Westeraccumersiel. Die Fanggebiete lagen auf allen Reisen im Bereich der Inseln Norderney, Baltrum und Langeoog (ICES Rectangle 36F7; Abbildung 92 ).

**Abbildung 92:** Aussetzpositionen während der Praxistests im Projekt CRANNET im Juni (Quadrate), August (Kreise) und September/Oktober (Dreiecke) 2014.



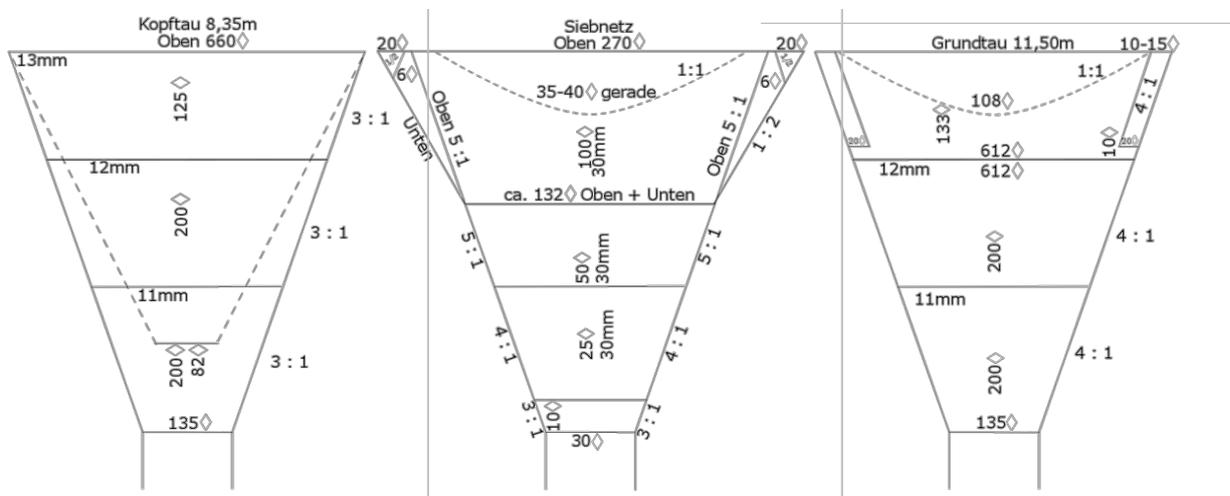
Alle drei Fangfahrten wurden mit den Krabbenkuttern ACC8 „Orion“ (Eigner Christian Janhsen) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (Eigener Gerold Conradi) durchgeführt. Beide Schiffe ähnelten sich in ihren technischen Spezifikationen und entsprachen durchschnittlichen Kuttern der deutschen Flotte (Tabelle 47). Der zeitgleiche Einsatz zweier gleichartiger Schiffe diente der Erhöhung der Probenzahl bei gleichen Umweltbedingungen.

**Tabelle 47:** Technische Spezifikationen der Kutter ACC8 „Orion“ und GRE24 „Friedrich Conradi“, sowie der Fanggeräte

Schiff	ACC8 „Orion“	GRE24 „Friedrich Conradi“
Eigner	Christian Janhsen	Gerold Conradi
Länge	20,65 m	20,00 m
Breite	5,40 m	5,45 m
BRZ	53	52
Leistung	300PS / 221 KW	300PS / 221 KW
Baujahr	Bj. 1981 (Motor 2007)	Bj. 1977 (Motor 2014)
Länge Kurrbaum	8,60 m	8,60 m
Kurrschuhe	ohne Rollen	mit Rollen (je 4 pro Kurrschuh)
Grundgeschirr	38 Rollen à 220 mm	32 Rollen à 220 mm

Beide Schiffe waren mit je zwei gleichartigen Baumkurren ausgerüstet (Baumlänge 8,60 m). Dennoch unterschieden sich die Fanggeschirre in wesentlichen Punkten, so z.B. in der Anzahl der Rollen je Kurrschuhe und beim Rollengeschirr (Tabelle 47). Alle vier Fanggeschirre wurden mit gleichartigen, neuen Hauptnetzen ausgerüstet, die jeweils mit einem Siebnetz (nominale Maschenweite 30 mm, nominale Maschenöffnung 60 mm, gemessene Maschenöffnung 59.3 mm) zur Vermeidung von unerwünschten Beifängen versehen waren. Der Aufbau der Hauptnetze ist in Abbildung 93 dargestellt. Über eine Schnellwechseinrichtung, wie sie auch auf den Forschungsfahrten verwendet wurde, war es möglich, die bei diesem Test verwendeten Steerte innerhalb weniger Minuten zu wechseln.

**Abbildung 93:** Netzzeichnung der im Praxistest verwendeten Netze. Von links nach rechts: Oberblatt, Siebnetz und Unterblatt.



Als Referenz kam pro Schiff auf einer Schiffseite ein Steert mit Rautenmaschen (T0) und 20 mm nominaler Maschenöffnung (Maschenweite 11 mm) zum Einsatz. Die gemessene Maschenöffnung (nach EU-Verordnung Nr. 129/2003, Omega-Maschenmessgerät, Seriennr.: OMG 09070743) betrug durchschnittlich  $21.5 \pm 0.1$  mm. Dieser Steert entspricht dem derzeit verwendeten Standard-Steert in weiten Teilen der Krabbenfischerflotte wie auch der geforderten Mindestmaschenöffnung für die angestrebte MSC-Zertifizierung der deutschen Krabbenfischerei. Bei den ausgewählten CRANNET-Steerten handelte es sich a) um einen Steert mit Rautenmasche (T0) und einer nominalen Maschenöffnung von 26 mm (nominale Maschenweite 14 mm), b) um einen Steert mit Quadratmaschen (Netztuch 45° gedreht, T45) und einer nominalen Maschenöffnung von 24 mm (nominale Maschenweite 13 mm) und c) um einen Steert mit T90-Maschen (Netztuch 90° gedreht) und einer nominalen Maschenöffnung von 26 mm (nominale Maschenweite 14 mm)(Tabelle 48).

**Tabelle 48:** Verwendete Steerte während der Praxiserprobung im Projekt CRANNET. Angegeben sind Steerttyp, Garn-Nr., nominale Maschenweite (MW), nominale Maschenöffnung (MÖ), gemessene Maschenöffnung sowie deren Standardabweichung des Mittelwertes (S.D.). Außerdem ist die Maschenanzahl für Ober- und Unterblatt, die durchgeführten Messreihen á 60 Maschen pro Steert und der Hersteller (D = Peter DeWitt, E = Engel-Netze) angegeben.

Steert	Garn-Nr.	MW nominal [mm]	MÖ nominal [mm]	MÖ gemessen [mm]	S.D. [mm]	Anzahl Maschen OB	Anzahl Maschen UB	Messreihen (á 60 Maschen)	Hersteller
<i>Standard-Steert der Fischerei</i>									
T0 20	210/24	11	22	21.5	0.1	135	135	2	D
<i>CRANNET-Steerte</i>									
T0 26	210/24	14	28	27.2	0.6	109	108	4	E
T45 24	210/24	13	26	25.0	0.2	113	115	4	E
T90 26	210/24	14	28	27.6	0.1	73	72	4	E

Pro Fangfahrt, Schiff und Steertkombination (Standard-Steert gegen CRANNET-Steert) wurden mindestens 6 Hols durchgeführt (Tabelle 49). Um einen schiffsabhängigen Seiteneffekt auf die Fangzusammensetzungen auszuschließen, wurden die Steerte nach jeweils drei Hols von Steuerbord nach Backbord, bzw. Backbord nach Steuerbord getauscht. Für eine bestmögliche Vergleichbarkeit der Fänge zwischen den Schiffen wurde auf allen Fahrten „parallel“ gefischt, so dass Abweichungen bei Aussetzpositionen, Schleppstrecke und –dauer sowie Hievpositionen auf ein Minimum reduziert wurden.

**Tabelle 49:** Anzahl durchgeführter Hols pro Fangfahrt und Steert (jeweils gegen Standardsteert T0 20mm) mit den Krabbenkuttern ACC8 „Orion“ und GRE24 „Friedrich Conradi“

ACC8	T0 26	T45 24	T90 26	GRE24	T0 26	T45 24	T90 26	gesamt
Juni	6	6	6	Juni	6	6	6	36
August	6	6	6	August	6	6	6	36
Sept./Okt.	6	11	7	Sept./Okt.	9	9	6	48

Insgesamt wurden mit beiden Schiffen bei drei Fangfahrten und insgesamt 22 Seetagen 120 Hols (119 gültige) durchgeführt. Alle Hols wurden unter kommerziellen Bedingungen durchgeführt. Die Holdauer betrug je nach Fangplatz durchschnittlich 50 Minuten (25 bis 105 Minuten). Die durchschnittliche Schleppgeschwindigkeit lag für alle Hols bei 2.8 Knoten ( $\pm 0.3$  kn).

Am Ende jeden Hols wurden die Fänge auf beiden Schiffen in gleicher Weise nach Netz getrennt aufgearbeitet. Neben der Zielart *C. crangon* wurden auch alle weiteren Beifangarten in den Fängen dokumentiert. Zunächst wurde der Gesamtfang mittels seegängiger Waagen (Marel M1100, Genauigkeit  $\pm 5$  g) gewogen und anschließend eine repräsentative Unterprobe entnommen. Die Aufarbeitung der Unterproben erfolgte, soweit möglich, im unmittelbaren Anschluss an den jeweiligen Hol an Deck der Kutter. Proben, die aus zeitlichen Gründen nicht sofort aufgearbeitet werden konnten, wurden im Kühlraum der Kutter, bzw. nach der Rückkehr an Land durch eine ortsansässige Firma (Siebrands Fischereibetrieb, Greetsiel) tiefgefroren und nach Beendigung der Fangfahrt in das Labor des Thünen-Institut für Seefischerei in Hamburg verbracht. Die Aufarbeitung erfolgte sowohl an Bord als auch im Labor entsprechend der Standardprozeduren des Thünen-Institut für Seefischerei. Der Fang wurde dazu nach Arten getrennt und die Gewichtsanteile der einzelnen Arten erfasst (Marel M1100, Genauigkeit  $\pm 1$  g). Die Bestimmung erfolgte bei allen Fischarten immer bis auf Artniveau. Bei den Wirbellosen erfolgte die Bestimmung bis auf Art, Gattung oder Familie. Zusätzlich zur Gewichtsbestimmung wurde pro Art die Anzahl der Einzelindividuen erfasst. Für die Fischarten erfolgte grundsätzlich die Bestimmung des Gewichts sowie der Einzellängen aller in der Unterprobe enthaltenen Individuen einer Art. Nur in Ausnahmefällen musste für einzelne Arten eine weitere Unterprobennahme für die Längenbestimmung erfolgen, wenn diese Art mit hohen Individuenzahlen (>100 Individuen) in der ersten Unterprobe vertreten war. Die Zielart *Crangon crangon* wurde an Bord nur gewichtsmäßig erfasst. Anschließend wurde ca. 1 kg pro Netz und Hol für die spätere Längenmessung repräsentativ entnommen und eingefroren. Die Längenmessung erfolgte zu einem späteren Zeitpunkt im Hamburger Labor. Für alle Proben von *C. crangon* erfolgte die Bestimmung der Einzellängen aller Individuen mittels bildanalytischem Messsystem (siehe Kapitel 4).

## 12.2 Auswertung der kommerziellen Erprobung

Die Ergebnisse der Praxiserprobung der optimalen Steerte werden im Folgenden für die Zielart *Crangon crangon* und weitere Beifangarten dargestellt und diskutiert.

### 12.2.1 Gesamtfänge von *Crangon crangon*

Die Fangmengen für *C. crangon* variierten saisonal deutlich. In den Sommermonaten Juni und August fielen die Fänge deutlich geringer aus, als während der Erprobungsfahrt in der Hauptfangsaison im September/Oktober. Es zeigte sich, dass die Fangmengen in den getesteten CRANNET-Steerten grundsätzlich geringer ausfielen als im Steert T0 20. Allerdings gab es bei den Gesamtfängen von *C. crangon* statistisch keinen signifikanten Unterschied zwischen dem jeweiligen CRANNET-Steert und dem Standard-Steert T0 20. Eine Ausnahme davon bildet der Steert T90 26, der im Juni und August in drei von vier Fällen signifikant geringere Fänge aufwies als der Standard-Steert der Fischerei.

**Tabelle 50:** Fanggewichte *C. crangon* im Juni 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen „Orion“ und „Friedrich Conradi“. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem \* markiert (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ).

Juni 2014								
Steert	GRE 24 „Friedrich Conradi“				ACC8 „Orion“			
	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.
<b>T0 20</b>	18.606	14.637	7.348	17.998	20.438	17.588	5.799	14.205
<b>T0 26</b>	13.354	10.324	5.733	14.043	15.146	10.426	6.309	15.453
<b>T0 20</b>	13.674	15.031	2.623	6.426	10.323	11.434	1.777	4.353
<b>T45 24</b>	7.340	6.779	1.922	4.709	5.891	5.358	1.165	2.853
<b>T0 20</b>	12.791	12.020	1.994	4.884	9.660	8.133	2.236	5.476
<b>T90 26</b>	6.262*	5.663	1.306	3.199	5.355	5.084	0.808	1.980

**Tabelle 51:** Fanggewichte *C. crangon* im August 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen „Orion“ und „Friedrich Conradi“. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem \* markiert (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ).

August 2014								
Steert	GRE 24 „Friedrich Conradi“				ACC8 „Orion“			
	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.
<b>T0 20</b>	16.124	16.212	3.118	7.637	22.894	21.375	6.491	15.901
<b>T0 26</b>	9.254	9.820	2.320	5.684	13.100	10.723	4.184	10.249
<b>T0 20</b>	20.273	20.090	3.050	7.472	23.752	24.137	4.386	10.744
<b>T45 24</b>	10.229	9.593	2.733	6.695	12.031	12.184	2.209	5.410
<b>T0 20</b>	33.661	33.605	4.014	9.832	39.984	38.484	5.208	12.756
<b>T90 26</b>	17.233*	15.397	2.390	5.854	20.004*	19.460	2.491	6.101

**Tabelle 52:** Fanggewichte *C. crangon* im September/Oktober 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen Orion und Friedrich Conradi. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem \* markiert (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ).

September/Oktober 2014								
Steert	GRE 24 „Friedrich Conradi“				ACC8 „Orion“			
	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.	Mittelwert [kg h <sup>-1</sup> ]	Median [kg h <sup>-1</sup> ]	S.E.	S.D.
<b>T0 20</b>	65.855	61.898	9.527	28.581	73.257	68.973	21.866	53.560
<b>T0 26</b>	48.409	39.887	11.590	34.769	49.064	40.871	12.356	30.267
<b>T0 20</b>	59.035	50.316	10.482	31.445	60.478	55.213	13.029	43.214
<b>T45 24</b>	42.405	34.516	8.803	26.408	45.381	39.026	10.122	33.571
<b>T0 20</b>	49.206	44.533	9.832	24.083	54.950	52.159	9.668	23.681
<b>T90 26</b>	36.701	30.554	9.335	22.866	39.938	38.817	6.835	16.743

## 12.2.2 Relative Abnahme der Discards von *C. crangon* in den CRANNET-Steerten

Die absoluten Fanggewichte von *C. crangon* sagen für sich wenig über den Anteil der marktfähigen Garnelen und damit über die für die Fischerei relevanten Fangfraktion aus. Deshalb wurde der relative Anteil von untermaßigen und marktfähigen Garnelen im Folgenden bestimmt. Da diese Trennung nicht an Bord erfolgen konnte, wurde mit Hilfe der im Labor bestimmten Längenverteilung und einer Längen-Gewichtsbeziehung bestimmt. Zunächst wurde das Fanggewicht aller im Fang enthaltenen Garnelen einer individuellen Längensklasse berechnet. Dazu wurde die folgende Längen-Gewichts-Beziehung für *C. crangon* benutzt:

$$T_w [g] = 22 \cdot 10^{-6} \cdot L [mm]^{3.278553} \quad (\text{Gl. 1})$$

Die Länge-Gewichts-Beziehung umfasst männliche, weibliche sowie Tiere undefinierten Geschlechts gleichermaßen (Wilhelms 2013). Anschließend wurden die errechneten Gesamtgewichte aller Längensklassen für die Längensklassen <50 mm (untermaßige Garnelen) und >50 mm (marktfähige Garnelen) (Temming und Hufnagl 2015) für den Standard- sowie den jeweiligen CRANNET-Steert summiert und das daraus resultierende Fanggewicht der jeweiligen Fraktion im CRANNET-Steert ins Verhältnis zum entsprechenden Fanggewicht im Standard-Steert T0 20 gesetzt. Die Differenz der Änderung im CRANNET-Steert gegenüber dem Standard-Steert für die beiden Längengruppen sind pro getesteter Steertkombination und Reise in Tabelle 53 dargestellt.

**Tabelle 53:** Durchschnittliche, relative Änderung des Fanges von *C. crangon* im CRANNET-Steert der Längengruppen <50 mm (Discards) und >50 mm (marktfähige Garnelen) bezogen auf den Standard-Steert T0 20, zusammengefasst für beide Schiffe

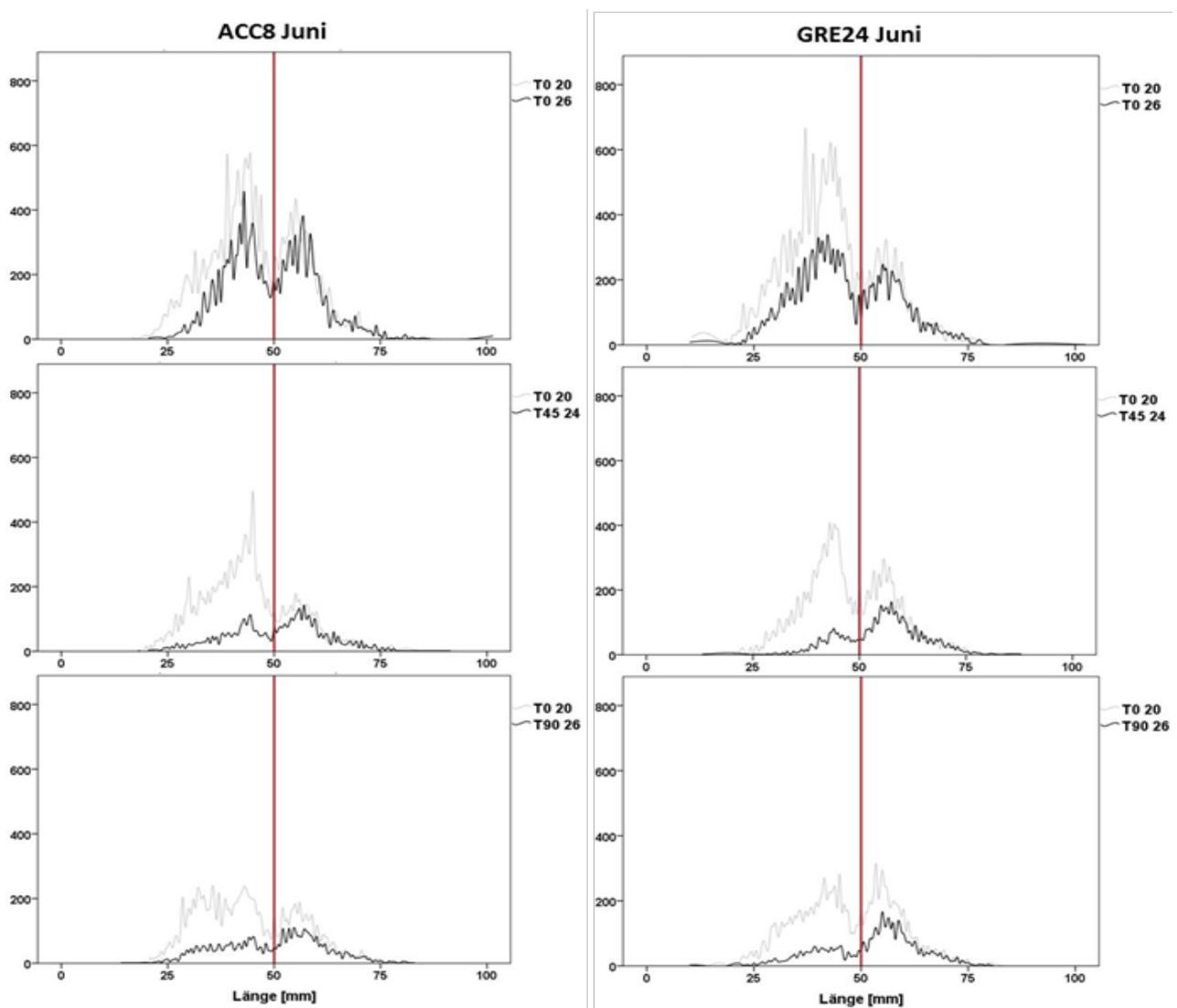
	Juni 2014		August 2014		September/Oktober 2014	
	Länge <50mm	Länge >50mm	Länge <50mm	Länge >50mm	Länge <50mm	Länge >50mm
<b>T0 26</b>	-43,22%	-13,78%	-55,36%	-33,98%	-40,53%	-21,77%
<b>T45 24</b>	-79,15%	-23,36%	-66,75%	-35,96%	-32,18%	0,55%
<b>T90 26</b>	-73,53%	-35,13%	-62,89%	-36,47%	-39,66%	-17,91%

Im Allgemeinen zeigt sich, dass die CRANNET-Steerte im Vergleich zum Standard-Steert T0 20mm in beiden Längengruppen Minderfänge aufweisen (Tabelle 53, Abbildung 94 bis Abbildung 96). Allerdings ist die Abnahme für die Längengruppe <50 mm mit -32 bis -79% auf allen Reisen deutlich stärker, als für die vermarktungsfähigen Nordseegarnelen (0 bis -37%). Dieses Ergebnis unterstreicht den grundsätzlichen Schoneffekt, der durch größere und alternative Maschenausrichtung in der Garnelenfischerei erzielt werden kann. Bei der Betrachtung der Ergebnisse für die einzelnen Fangfahrten wird deutlich, dass der Schoneffekt der Längengruppen <50 mm im Juni am stärksten ist und dann über den August bis September/Oktober abnimmt. Allerdings können auch im Oktober der Fang untermaßiger Garnelen um durchschnittlich -38% mit den CRANNET-Steerten reduziert werden.

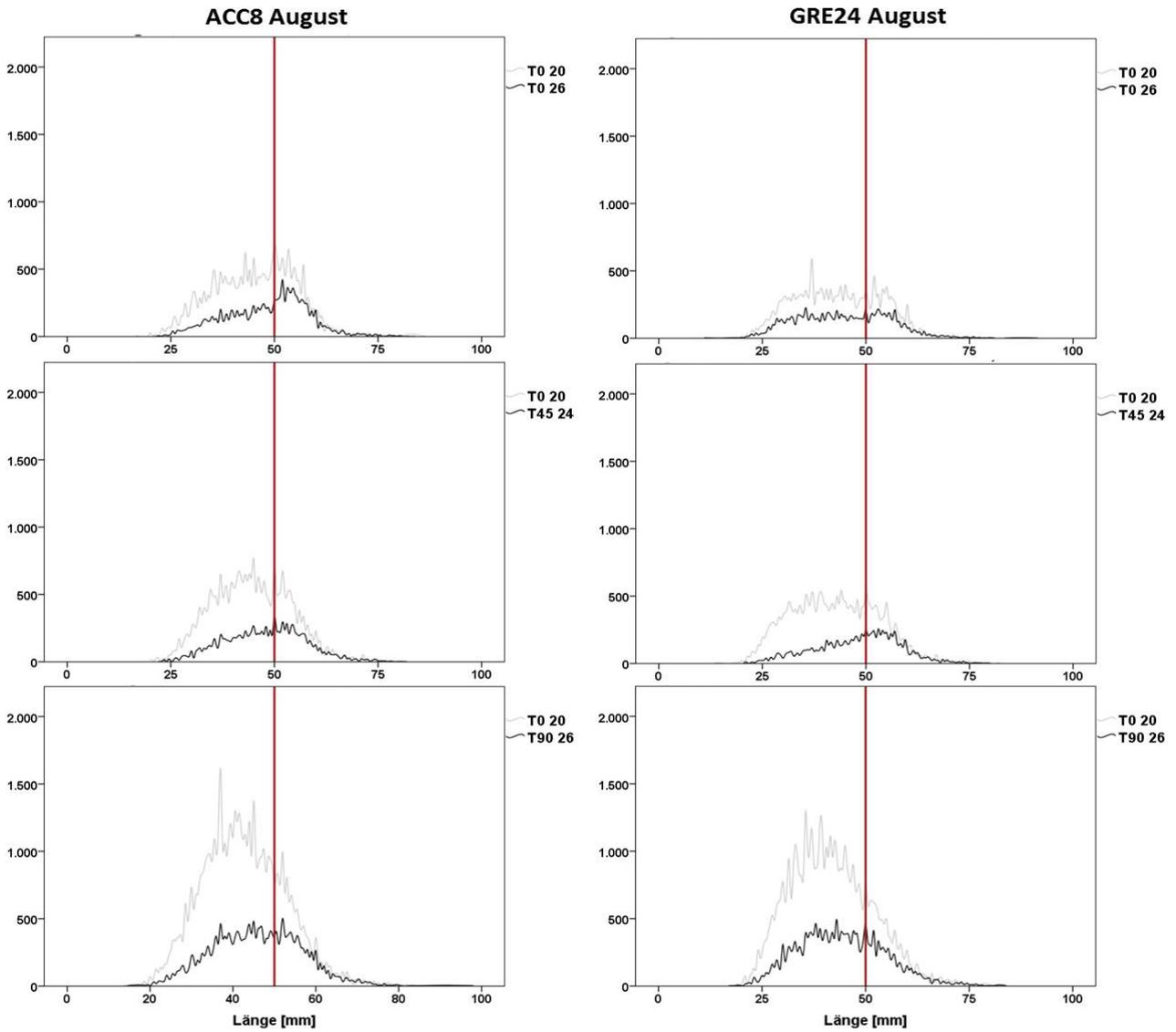
Die Änderungen der Fänge der Längengruppen >50 mm zeigen ein anderes saisonales Muster. Die Verluste in den Monaten Juni und September/Oktober zwischen den getesteten Steertkombinationen sind sehr variabel, gleichzeitig aber auch geringer, als dies im August der Fall ist. Der Verlust an marktfähigen Nordseegarnelen ist mit durchschnittlich 13% im September/Oktober, und damit in der Hauptsaison, am geringsten, gefolgt von Verlusten in Höhe von ca. 24% im Juni. Die Verluste marktfähiger Garnelen waren im August 2014 mit durchschnittlich 35,5% am größten, wobei die Abweichungen zwischen den getesteten CRANNET-Steerten sehr gering waren. Grund hierfür sind die saisonalen Aspekte in der Entwicklung des Garnelenbestandes mit der Alterskohorte des Frühjahrs, die etwa im August in die Fischerei hineinwächst und so verhältnismäßig viele kleine, aber bereits vermarktungsfähige Tiere in die Netze gelangen (Neudecker & Müller 2011). Neben den saisonalen Aspekten sind aber auch fangplatzabhängige Faktoren (Bestandszusammensetzung, usw.) für die Variabilität der Ergebnisse, vor allem im Juni und September/Oktober, verantwortlich. Wenngleich bei einem Steertwechsel Verluste bei den vermarktungsfähigen Garnelen auftreten, werden diese Verluste durch den enormen Schoneffekt der Längengruppen <50 mm und die damit einhergehende Bestandsverbesserung/-erhöhung bereits nach sehr kurzer Zeit ausgeglichen (vgl. Kapitel 11.4), wenn die Umstellung der Steerte flottenweit geschieht. Das führt anschließend zu einer potentiellen und langfristigen Erhöhung der durchschnittlichen Anlandemengen pro Jahr.

Die jeweiligen Differenzen der Fänge der Längensklassen <50 mm und >50 mm aller CRANNET-Steerte unterschieden sich gegenüber dem Standardsteert T0 20 signifikant (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ). Dabei traten signifikante Unterschiede sowohl bei den untermaßigen Garnelen der Längensklasse <50 mm als auch bei den vermarktungsfähigen Garnelen >50 mm auf. Lediglich auf ACC8 „Orion“ im Juni waren bei den Garnelen <50 mm im Steert T0 26 keine Unterschiede im Vergleich zum Standard T0 20 zu beobachten, wenngleich die Signifikanzschwelle nur gering unterschritten wurde (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ ).

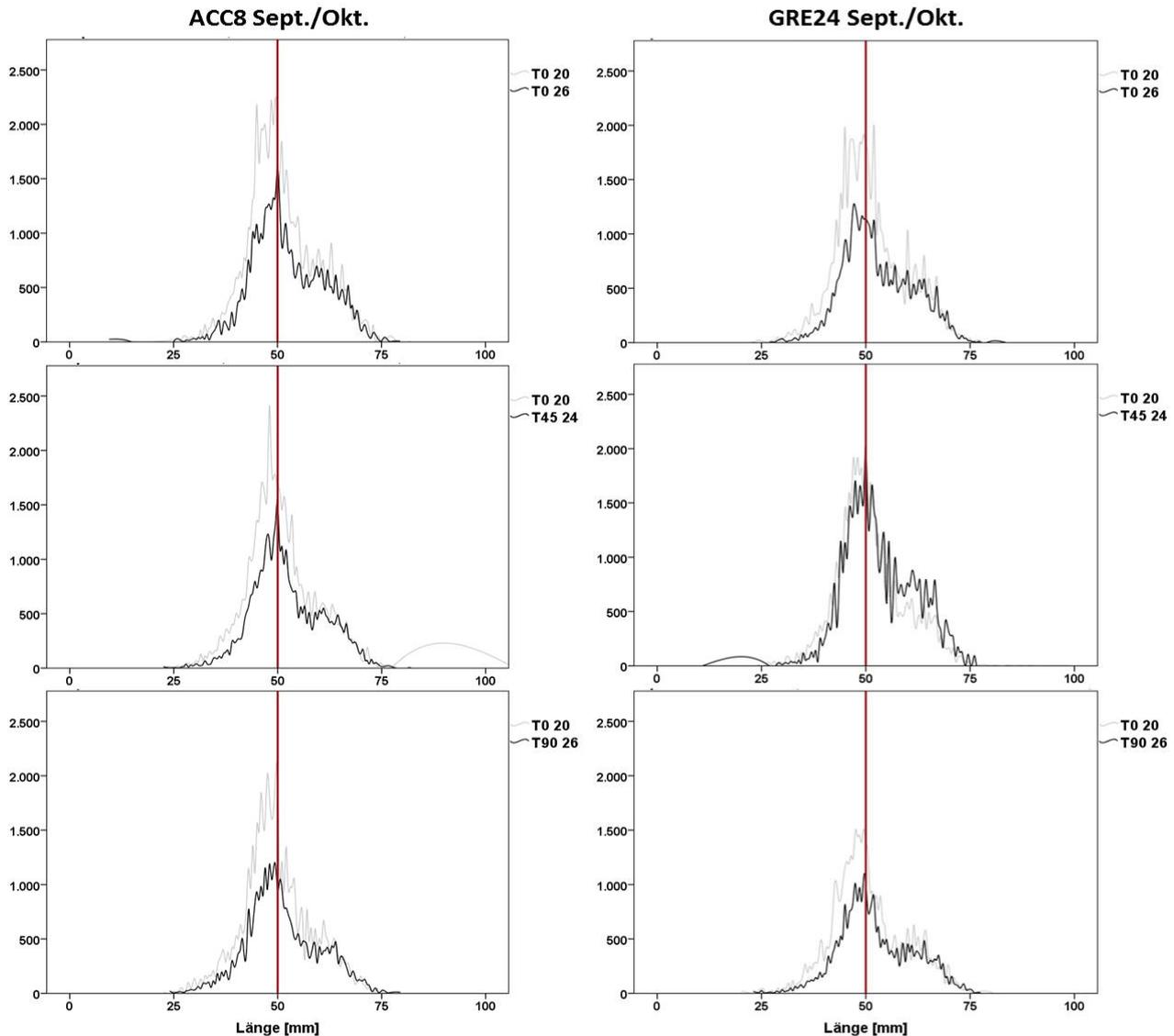
**Abbildung 94:** Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im Juni 2014. Angegeben sind  $\text{Ind h}^{-1}$  für T0 20 (Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).



**Abbildung 95:** Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im August 2014. Angegeben sind Ind  $h^{-1}$  für T0 20 (Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).



**Abbildung 96:** Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im September/Oktober 2014. Angegeben sind Ind  $h^{-1}$  für T0 20 (Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).



### 12.2.3 Fischbeifang

Neben der Zielart *C. crangon* fanden sich während der Praxiserprobung insgesamt 39 Fischarten in den Fängen (Tabelle 54). Die hohe Artenzahl zeigt anschaulich die Diversität des Ökosystems Wattenmeer, das durch die Krabbenfischerei potentiell beeinflusst wird.

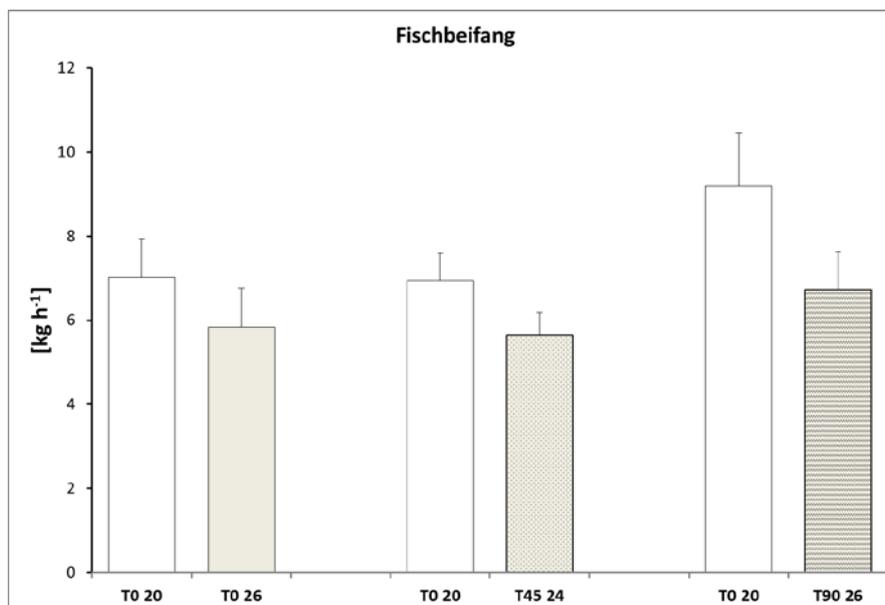
**Tabelle 54:** Registrierte Fischarten während der CRANNET-Praxiserprobung. Angegeben sind wissenschaftlicher Name, deutscher Name, Anzahl (N) und relative Häufigkeit (%) der Netze, in denen die jeweilige Art gefunden wurde. Oberhalb der gestrichelten Linie finden sich die Arten, die in mehr als 30% aller Netze gefunden wurden.

Wissenschaftlicher Name	Umgangsprachlicher Name	Auftreten in 238 Netzen (119 Hols)	
		N	%
<i>Pleuronectes platessa</i>	Scholle	234	98
<i>Pomatoschistus minutus</i>	Sandgrundel	206	87
<i>Osmerus eperlanus</i>	Stint	203	85
<i>Syngnathus rostellatus</i>	Kleine Seenadel	180	76
<i>Agonus cataphractus</i>	Steinpicker	147	62
<i>Limanda limanda</i>	Kliesche	140	59
<i>Clupea harengus</i>	Hering	136	57
<i>Liparis liparis</i>	Großer Scheibenbauch	113	47
<i>Callionymus lyra</i>	Gestreifter Leierfisch	96	40
<i>Merlangius merlangus</i>	Wittling	84	35
<i>Eutrigla gurnardus</i>	Graue Knurrhahn	77	32
<i>Sprattus sprattus</i>	Sprotte	73	31
<i>Solea solea</i>	Seezunge	58	24
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	Seeskorpion	54	23
<i>Zoarces viviparus</i>	Aalmutter	35	15
<i>Trigla lucerna</i>	Roter Knurrhahn	32	13
<i>Ciliata mustela</i>	Fünfbärtelige Seequappe	28	12
<i>Trachurus trachurus</i>	Holzmakrele	26	11
<i>Trisopterus luscus</i>	Franzosendorsch	23	10
<i>Ammodytes tobianus</i>	Kleiner Sandaal	18	8
<i>Microstomus kitt</i>	Limande	16	7
<i>Arnoglossus laterna</i>	Lammzunge	12	5
<i>Psetta maxima</i>	Steinbutt	12	5
<i>Scophthalmus rhombus</i>	Glattbutt	12	5
<i>Alosa fallax</i>	Finte	10	4
<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Großer Sandaal	7	3
<i>Buglossidium luteum</i>	Zwergzunge	6	3
<i>Platichthys flesus</i>	Flunder	6	3
<i>Pomatoschistus microps</i>	Strandgundel	6	3
<i>Lampetra fluviatilis</i>	Flussneunauge	5	2
<i>Mullus surmuletus</i>	Streifenbarbe	5	2
<i>Pholis gunnellus</i>	Butterfisch	5	2
<i>Trisopterus minutus</i>	Zwergdorsch	5	2
<i>Gadus morhua</i>	Kabeljau	2	1
<i>Liparis montagui</i>	Kleiner Scheibenbauch	2	1
<i>Belone belone</i>	Hornhecht	1	0
<i>Echiichthys vipera</i>	Viperqueise	1	0
<i>Engraulis encrasicolus</i>	Sardelle	1	0
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Dreistacheliger Stichling	1	0

Die Arten Sandgrundel, Hering, Kliesche, Scholle, Steinpicker und Stint waren am häufigsten in den Fängen vertreten und fanden sich regelmäßig auf allen drei Fangfahrten, wohingegen einige Arten, wie z. B. Sardelle, Stichling, Hornhecht und Viperqueise, nur in Einzelfällen gefangen wurden. Ein wesentlicher Grund hierfür ist zum einen, das bei allen Hols verwendete Siebnetz, das größere Exemplare verschiedener Arten erfolgreich aus dem Netz leitet. Zum anderen führen saisonale Effekte dazu, das einzelne Arten nicht oder nur in geringen Stückzahlen im Fanggebiet auftraten (Berghahn & Vorberg 1998).

Im direkten Vergleich mit dem Standard-Steert T0 20 zeigt sich deutlich, dass alle unter kommerziellen Bedingungen getesteten CRANNET-Steerte reduzierte Mengen von Fischbeifang in  $\text{kg h}^{-1}$  aufweisen (Abbildung 97). Betrachtet wurde in diesem Fall die Gesamtmasse aller Fischarten aller durchgeführten Hols einer spezifischen Netzkombination. Auf Grund der hohen Variabilität der einzelnen Hols war kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Reisezeitpunkt und Schiffen zu beobachten (Mann-Whitney-*U*-Test,  $p > 0.05$ ), so dass die Betrachtung der Daten zusammengefasst für alle Reisen und beide Schiffe vorgenommen wurde. Ursache für die Variabilität sind wahrscheinlich hauptsächlich Fangplatzunterschiede in der Artenzusammensetzung. Auch wenn keine signifikanten Unterschiede zwischen CRANNET- und Standard-Steert vorlagen, lag die mittlere Fangmenge ( $\text{kg h}^{-1}$ ) des Fischbeifangs bei allen CRANNET-Steerten um durchschnittlich 20% niedriger, als im Standard-Steert T0 20 (Abbildung 97).

**Abbildung 97:** Mittlere Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] und Standardfehler von Fischen. Im direkten Vergleich zum Standard-Steert T0 20 sind die einzelnen CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 dargestellt.



Von den in Tabelle 54 dargestellten Beifangarten wurden lediglich 14 Arten, die in mehr als 30% aller Hols enthalten waren, für eine detailliertere Analyse ausgewählt. Ausnahme bilden hier Seeszunge und Seeskorpion, da diese im Allgemeinen häufig in den Fängen der Krabbenfischerei auftreten und im Fall der Seeszunge zudem von wirtschaftlicher Bedeutung sind. Die anderen Arten spielen wirtschaftlich keine Rolle (z. B. Lamm- und Zwergzunge) oder waren in so geringen Anzahlen in den Fängen vorhanden (z. B. Kabeljau, Streifenbarben, Limande), dass es sich lediglich um seltene (Einzel-)Funde handelte und ein aussagekräftiger Vergleich der CRANNET-Steerte mit dem Standard-Steert nicht möglich war.

Die direkten Vergleiche für die ausgewählten Beifangarten finden sich in den Tabelle 55 bis Tabelle 57. Verglichen wurden jeweils die Mittelwerte, der Median und die Standardabweichung sowie der Standardfehler des Mittelwertes. Die Fangmengen der einzelnen Arten sind in Individuen pro Stunde angegeben. Die Prüfung auf statistische Unterschiede zwischen Standard- und jeweiligem Test-Steert erfolgte mit Hilfe des nicht-parametrischen Mann-Whitney-*U*-Test. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0.05$ , bzw. auf  $p < 0.001$  festgelegt.

Bei der Betrachtung der einzelnen Arten zeigt sich der Schoneffekt der größeren und gedrehten Maschen der CRANNET-Steerte im direkten Vergleich mit dem Standard-Steert T0 20. Im Allgemeinen ist zu beobachten, dass auf allen Fangfahrten und bei allen getesteten Steertkombinationen die CRANNET-Steerte weniger Individuen der betrachteten Arten fangen als der Standard-Steert. Allerdings gibt es auch hier Ausnahmen und in Einzelfällen finden sich in den CRANNET-Steerten mehr Individuen einzelner Arten als im Standard-Steert. Dies zeigt sich vor allem, wenn nur wenige Individuen ins Netz gingen oder wenn auf Grund der ungleichen Verteilung der Individuen am Meeresboden („patchiness“; Berghahn & Vorberg 1998) die Art ausschließlich im CRANNET-Steert registriert wurde, während der Standard-Steert diese Art nicht erfasste. Trotz des generellen Trends von reduzierten Fischbeifängen waren signifikante Unterschiede in den CRANNET-Steerten nur in wenigen Fällen zu beobachten. Hier macht sich die hohe, fangplatzabhängige Variabilität der zugrunde liegenden Hols bemerkbar, die sich ebenfalls an den teils sehr deutlichen Standardabweichungen widerspiegelt.

**Tabelle 55:** Durchschnittliche Fangmenge [Ind h<sup>-1</sup>] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei TO 20 gegen CRANNET-Steert TO 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ (\*) oder  $p < 0.001$ (\*\*\*) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	TO 20 vs TO 26 [Ind h-1]										
	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	92	78	46	103	53	53	16	36	-39	-42	1.000
<i>Callionymus lyra</i>											
<i>Clupea harengus</i>	51	51	9	13	10	10	2	3	-41	-80	0.333
<i>Limanda limanda</i>	14	14			50	50			36	257	1.000
<i>Liparis liparis</i>	222	190	60	200	160	42	90	255	-62	-28	0.152
<i>Merlangius merlangus</i>	7	7	3	5	9	9	2	3	1	29	1.000
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	87	42	55	110	29	14	18	40	-58	-67	0.190
<i>Osmerus eperlanus</i>	94	95	16	52	133	68	71	245	39	41	0.288
<i>Pleuronectes platessa</i>	168	62	65	214	52	36	16	51	-116	-69	0.152
<i>Pomatoschistus minutus</i>	186	119	81	229	66	59	19	38	-120	-65	0.570
<i>Solea solea</i>	14	12	5	9	25	27	8	19	11	79	0.352
<i>Sprattus sprattus</i>	18	16	4	10	19	24	5	10	1	6	1.000
<i>Syngnathus rostellatus</i>	117	42	58	164	142	26	89	266	25	21	0.606
August 2014	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	31	39	7	20	17	16	5	15	-15	-45	0.139
<i>Callionymus lyra</i>	327	279	67	231	160	83	58	199	-167	-51	0.020*
<i>Clupea harengus</i>	244	116	103	310	112	50	55	145	-131	-54	0.351
<i>Eutrigla gurnardus</i>	27	8	22	38	16	16	5	10	-11	-41	1.000
<i>Limanda limanda</i>	77	29	40	90	12	11	4	6	-64	-84	0.250
<i>Liparis liparis</i>	23	17	10	21	12	9	4	8	-11	-48	0.686
<i>Merlangius merlangus</i>	13	13			19	19			6	46	1.000
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	25	25			11	10	2	5	-14	-56	0.333
<i>Osmerus eperlanus</i>	74	52	28	78	45	51	13	32	-28	-39	0.491
<i>Pleuronectes platessa</i>	420	264	115	397	406	282	90	312	-14	-3	0.932
<i>Pomatoschistus minutus</i>	299	202	108	343	87	24	39	136	-212	-71	0.025*
<i>Solea solea</i>	14	10	5	13	12	12	8	11	-2	-14	0.857
<i>Sprattus sprattus</i>	53	39	24	53	25	17	9	21	-28	-53	0.329
<i>Syngnathus rostellatus</i>	94	58	28	92	39	23	9	32	-54	-59	0.069
September/Oktober 2014	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	84	63	21	70	101	70	30	94	17	20	0.756
<i>Callionymus lyra</i>	62	27	37	64	45	45	8	11	-17	-27	1.000
<i>Clupea harengus</i>	119	93	35	105	46	47	9	26	-73	-61	0.139
<i>Eutrigla gurnardus</i>	34	24	10	28	21	12	5	15	-13	-38	0.310
<i>Limanda limanda</i>	317	259	70	270	97	70	23	88	-220	-69	0.001***
<i>Liparis liparis</i>	15	18	4	7	20	18	6	14	5	33	1.000
<i>Merlangius merlangus</i>	68	42	22	69	48	32	14	46	-21	-29	0.282
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	6	6			18	18			12	200	1.000
<i>Osmerus eperlanus</i>	54	43	11	37	47	41	10	34	-7	-13	0.630
<i>Pleuronectes platessa</i>	372	335	76	295	432	430	93	359	60	16	0.775
<i>Pomatoschistus minutus</i>	328	168	116	432	138	93	30	111	-190	-58	0.227
<i>Solea solea</i>					15	15			15		
<i>Sprattus sprattus</i>	34	34	14	20	12	12			-22	-65	0.667
<i>Syngnathus rostellatus</i>	39	23	15	41	22	22	4	14	-17	-44	0.696

**Tabelle 56:** Durchschnittliche Fangmenge [Ind h<sup>-1</sup>] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fische-rei T0 20 gegen CRANNET-Steert T45 24. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$  (\*) oder  $p < 0.001$  (\*\*\*)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	T0 20				T0 20 vs T45 24 [Ind h <sup>-1</sup> ]				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	23	16	10	21	8	7	2	3	-15	-65	0.114
<i>Callionymus lyra</i>	9	9							-9	-100	
<i>Clupea harengus</i>	17	16	4	10	10	7	5	9	-7	-41	0.393
<i>Limanda limanda</i>											
<i>Liparis liparis</i>	189	200	50	165	42	40	12	35	-147	-78	0.046*
<i>Merlangius merlangus</i>					8	8			8		
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	41	30	17	44	16	12	6	13	-25	-61	0.268
<i>Osmerus eperlanus</i>	92	92	15	50	87	74	19	67	-6	-5	0.514
<i>Pleuronectes platessa</i>	382	86	140	484	360	85	166	574	-21	-6	1.000
<i>Pomatoschistus minutus</i>	66	24	26	85	15	8	6	13	-52	-77	0.052
<i>Solea solea</i>	19	12	8	13	16	9	6	13	-3	-16	0.571
<i>Sprattus sprattus</i>	8	7	1	3	12	12			4	50	0.400
<i>Syngnathus rostellatus</i>	21	15	5	15	17	17	9	13	-4	-19	0.727
August 2014	T0 20				T45 24				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	118	103	24	79	68	38	18	55	-50	-42	0.201
<i>Callionymus lyra</i>	405	302	83	287	299	186	73	254	-106	-26	0.178
<i>Clupea harengus</i>	53	45	11	35	22	17	7	17	-31	-58	0.031*
<i>Eutrigla gurnardus</i>	24	23	10	19	6	6	3	4	-19	-75	0.267
<i>Limanda limanda</i>	429	148	165	496	330	117	127	381	-99	-23	0.931
<i>Liparis liparis</i>	32	30	9	25	27	12	11	29	-5	-16	0.694
<i>Merlangius merlangus</i>	51	45	18	48	33	15	17	41	-19	-35	0.181
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	14	14	2	2	8	8	5	7	-6	-43	0.667
<i>Osmerus eperlanus</i>	70	39	27	75	42	24	12	37	-29	-40	0.815
<i>Pleuronectes platessa</i>	289	206	62	216	321	273	76	264	32	11	0.590
<i>Pomatoschistus minutus</i>	212	178	44	153	64	38	18	64	-148	-70	0.001***
<i>Solea solea</i>	12	7	4	10	9	10	1	3	-3	-25	1.000
<i>Sprattus sprattus</i>	16	14	3	9	17	14	5	10	1	6	0.876
<i>Syngnathus rostellatus</i>	164	97	60	209	34	27	8	27	-131	-79	0.023*
September/Oktober 2014	T0 20				T45 24				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	34	21	13	41	33	23	9	31	-1	-3	0.722
<i>Callionymus lyra</i>	52	57	9	23	39	33	8	24	-13	-25	0.364
<i>Clupea harengus</i>	227	102	62	277	107	65	32	130	-119	-53	0.048*
<i>Eutrigla gurnardus</i>	35	20	7	27	20	16	5	15	-14	-43	0.262
<i>Limanda limanda</i>	269	233	44	197	160	122	25	112	-108	-41	0.040*
<i>Liparis liparis</i>	24	14	12	28	8	8	1	2	-15	-67	0.286
<i>Merlangius merlangus</i>	14	14	2	3	21	15	8	19	7	50	0.714
<i>Myoxocephalus scorpius</i>											
<i>Osmerus eperlanus</i>	91	74	13	55	72	61	11	43	-19	-21	0.369
<i>Pleuronectes platessa</i>	206	137	44	198	262	267	43	194	56	27	0.369
<i>Pomatoschistus minutus</i>	698	383	143	641	238	160	54	230	-460	-66	0.009*
<i>Solea solea</i>											
<i>Sprattus sprattus</i>	36	28	11	27	10	10			-26	-72	0.286
<i>Syngnathus rostellatus</i>	92	72	18	69	43	21	14	57	-49	-53	0.012*

**Tabelle 57:** Durchschnittliche Fangmenge [Ind h<sup>-1</sup>] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fische-rei T0 20 gegen CRANNET-Steert T90 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$ (\*) oder  $p < 0.001$ (\*\*\*) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	T0 20 vs T90 26 [Ind h <sup>-1</sup> ]										
	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	17	15	7	13	7	6	2	4	-10	-59	0.190
<i>Callionymus lyra</i>											
<i>Clupea harengus</i>	10	10	1	2	9	8	3	6	-1	-10	0.476
<i>Limanda limanda</i>											
<i>Liparis liparis</i>	72	21	32	97	17	14	5	11	-55	-76	0.364
<i>Merlangius merlangus</i>	20	20			9	9			-11	-55	1.000
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	37	14	18	50	42	18	25	56	5	14	0.724
<i>Osmerus eperlanus</i>	85	65	26	86	60	47	14	49	-25	-29	0.487
<i>Pleuronectes platessa</i>	653	458	196	678	391	162	178	617	-262	-40	0.443
<i>Pomatoschistus minutus</i>	292	45	186	588	106	14	78	220	-185	-64	0.203
<i>Solea solea</i>	16	12	3	7	13	12	1	3	-3	-19	0.690
<i>Sprattus sprattus</i>	8	6	2	4					-8	-100	
<i>Syngnathus rostellatus</i>	29	25	6	20	17	20	3	6	-12	-41	0.574
August 2014	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	262	158	74	255	112	81	32	106	-150	-57	0.104
<i>Callionymus lyra</i>	319	261	75	258	124	94	35	123	-195	-61	<b>0.006*</b>
<i>Clupea harengus</i>	21	18	5	11	11	10	3	6	-10	-48	0.190
<i>Eutrigla gurnardus</i>	20	20	4	9	18	18	8	11	-2	-10	0.857
<i>Limanda limanda</i>	2390	2275	681	2042	1223	1104	369	1167	-1167	-49	0.113
<i>Liparis liparis</i>	28	21	5	13	13	12	3	9	-15	-54	<b>0.011*</b>
<i>Merlangius merlangus</i>	72	55	19	59	88	76	18	54	16	22	0.315
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	22	22	7	9	24	26	6	12	2	9	1.000
<i>Osmerus eperlanus</i>	64	22	23	70	34	26	9	30	-30	-47	0.295
<i>Pleuronectes platessa</i>	620	637	59	204	675	660	42	147	55	9	0.755
<i>Pomatoschistus minutus</i>	404	295	94	326	103	75	26	88	-301	-75	<b>0.001***</b>
<i>Solea solea</i>	26	26	4	11	20	20	0	0	-6	-23	0.711
<i>Sprattus sprattus</i>	53	41	15	45	16	10	5	14	-37	-70	<b>0.008*</b>
<i>Syngnathus rostellatus</i>	237	178	53	185	91	74	23	72	-146	-62	<b>0.025*</b>
September/Oktober 2014	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
<i>Agonus cataphractus</i>	28	23	7	19	22	14	5	16	-6	-21	0.536
<i>Callionymus lyra</i>	29	29							-29	-100	
<i>Clupea harengus</i>	165	114	43	143	72	36	33	93	-93	-56	0.109
<i>Eutrigla gurnardus</i>	37	29	10	26	23	16	7	19	-14	-38	0.094
<i>Limanda limanda</i>	280	263	57	198	112	85	27	89	-169	-60	<b>0.037*</b>
<i>Liparis liparis</i>	19	19	10	14	11	12	1	2	-9	-42	0.800
<i>Merlangius merlangus</i>	19	18	4	9	16	13	3	8	-3	-16	0.589
<i>Myoxocephalus scorpius</i>	11	11	1	1					-11	-100	
<i>Osmerus eperlanus</i>	125	122	21	73	70	65	13	42	-55	-44	0.069
<i>Pleuronectes platessa</i>	311	333	64	223	318	280	69	230	8	2	0.976
<i>Pomatoschistus minutus</i>	489	365	146	506	207	191	47	163	-282	-58	0.068
<i>Solea solea</i>					21	21			21		
<i>Sprattus sprattus</i>	24	24			8	8			-16	-67	1.000
<i>Syngnathus rostellatus</i>	61	48	13	40	42	19	16	48	-19	-31	0.161

### 12.2.4 Beifang wirbellose Arten

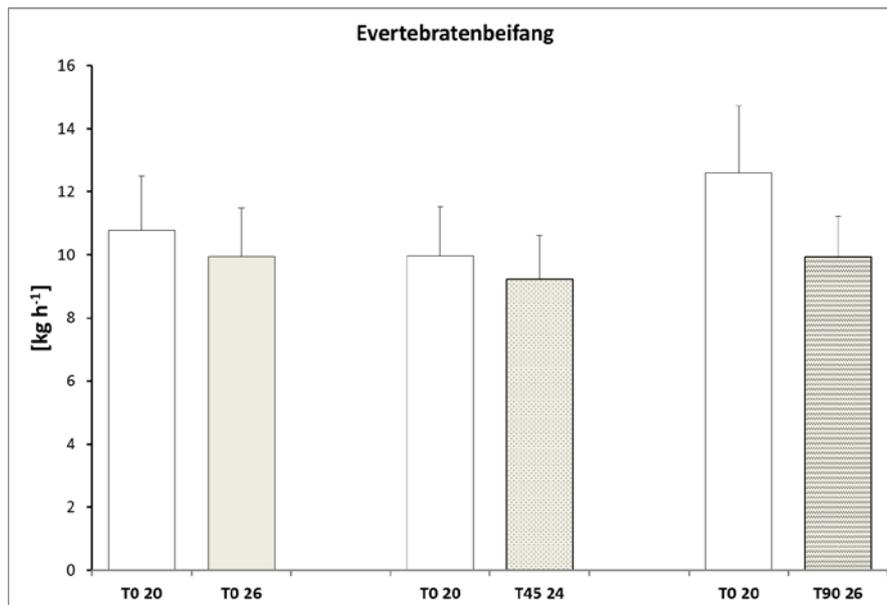
Neben dem Fischbeifang wurden während der Praxisfahrten insgesamt 28 Arten wirbelloser Tiere registriert. Die Zielart *Crangon crangon* war als einzige Art in allen Hols vertreten. Von den restlichen 27 Wirbellosenarten gingen einige Arten sehr regelmäßig ins Netz, während andere selten oder nur als Einzelfunde in den Fängen vertreten waren (Tabelle 58). Die Arten, die in mehr als 30% aller Hols vertreten waren (Anemonen, Seesterne, Strand- und Schwimmkrabben, Schlangensterne, Einsiedlerkrebse und Tiefseegarnelen), werden im Folgenden detaillierter betrachtet. Neben ihrem häufigen Auftreten machten diese Arten auf Grund von teils sehr hohen Individuenzahlen einen nicht unerheblichen Gewichtsanteil des Gesamtfangs aus.

**Tabelle 58:** Registrierte Arten wirbelloser Tiere während der CRANNET-Praxistests. Angegeben sind wissenschaftlicher Name, deutscher Name, Anzahl (N) und relative Häufigkeit (%) der Netze, in denen die jeweilige Art gefunden wurde. Oberhalb der gestrichelten Linie finden sich die Arten, die in mehr als 30% aller Hols gefunden wurden und näher analysiert wurden.

Wissenschaftlicher Name	Umgangsprachlicher Name	Auftreten in 238 Netzen (119 Hols)	
		N	%
<i>Crangon crangon</i>	Nordseegarnele	238	100
<i>Portunidae</i>	Schwimmkrabben	228	96
<i>Asterias rubens</i>	Gemeiner Seestern	194	82
<i>Paguridae</i>	Einsiedlerkrebse	152	64
<i>Ophiurida</i>	Schlangensterne	144	61
<i>Carcinus maenas</i>	Strandkrabbe	104	44
<i>Actiniaria</i>	Anemonen	96	40
<i>Pandalidae</i>	Tiefseegarnelen	72	30
<i>Macoma balthica</i>	Baltische Plattmuschel	67	28
<i>Ensis ensis</i>	Schwertmuschel	55	23
<i>Cephalopoda</i>	Kopffüssler	52	22
<i>Sepiolo atlantica</i>	Zwergsepiola	45	19
<i>Palaemon serratus</i>	Sägearnele	23	10
<i>Macropodia rostrata</i>	Gespensterkrabbe	21	9
<i>Processa nouveli</i>	Dreizangengarnele	18	8
<i>Astropecten irregularis</i>	Nordischer Kammstern	17	7
<i>Spisula subtruncata</i>	Gedrungene Trogmuschel	12	5
<i>Spisula solida</i>	Feste Trogmuschel	11	5
<i>Abra alba</i>	Kleine Pfeffermuschel	6	3
<i>Cerastoderma edule</i>	Herzmuschel	6	3
<i>Macropipus marmoreus</i>	Marmorierte Schwimmkrabbe	5	2
<i>Micrasterina</i>	Herzigel	5	2
<i>Corystes cassivelaunus</i>	Antennenkrebs	4	2
<i>Macropipus arcuatus</i>	Gewimperte Schwimmkrabbe	4	2
<i>Chrysaora hysoscella</i>	Kompassqualle	2	1
<i>Mytilus edulis</i>	Miesmuschel	2	1
<i>Ascidia</i>	Seescheiden	1	0
<i>Flustra foliacea</i>	Blättermoostierchen	1	0

Im Gegensatz zum Fischbeifang war der Beifang bei einzelnen Arten von Wirbellosen weniger stark von den größeren Steertmaschen der CRANNET-Steerte beeinflusst. Hier konnte eine Verminderung der Beifangmengen um durchschnittlich 12% mit den CRANNET-Steerten gegenüber dem Standard-Steert der Fischerei erzielt werden (Abbildung 98).

**Abbildung 98:** Mittlere Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] und Standardfehler des Beifangs von Wirbellosen. Im direkten Vergleich zum Standard-Steert T0 20 sind die einzelnen CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 dargestellt.



Bei den Wirbellosen wird deutlich, dass vor allem Schwimmkrabben und Seesterne erhebliche Gewichtsanteile im Fang aufweisen (Tabelle 59 bis Tabelle 61). Auf Grund des Fanggebietes im Rückseitenwatt haben im Juni zudem Strandkrabben einen großen Anteil am Fang. Allerdings zeigen, wie schon beim Fischbeifang, hohe Standardabweichungen in den Fangdaten der einzelnen Arten eine deutliche Variabilität der einzelnen Hols an. Auch hier sind wahrscheinlich vor allem Fangplatzeffekte dafür verantwortlich. Des Weiteren wird deutlich, dass es im Juni keinen generellen Trend hinsichtlich eines gewünschten Minderfangs von Wirbellosen in den CRANNET-Steerten gibt. Hier sind neben Minderfängen teilweise auch - in einem Fall sogar signifikante - Mehrfänge in den CRANNET-Steerten zu beobachten. Während der Fangfahrten im August und September/Okttober zeigen sich vermehrt Minderfänge von Wirbellosen in den CRANNET-Steerten, die jedoch auf Grund der weiterhin hohen Variabilität zwischen den Hols in nur zwei Fällen signifikant niedriger sind als im Standard-Steert T0 20. Auch hier ist vermutlich die nicht optimal auf die Steertselektion abgestimmte Selektion des Siebnetzes die Ursache. Die meisten größeren Individuen werden vom Siebnetz separiert. Dennoch können einige Individuen einer bestimmten Größe das Siebnetz noch passieren. Im Anschluss jedoch bieten auch die größeren und gedrehten Maschen der Test-Steerte keine ausreichende Größenselektion, wodurch der Beifang von Wirbellosen im Fang u.U. nicht signifikant reduziert werden kann.

**Tabelle 59:** Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in  $\text{kg h}^{-1}$  während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei TO 20 gegen CRANNET-Steert TO 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$  (\*) oder  $p < 0.001$  (\*\*\*)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.376	0.452	0.061	0.184	0.396	0.234	0.144	0.433	0.020	5	0.489
<i>Asterias rubens</i>	1.874	0.658	0.961	3.040	2.844	0.736	1.369	4.330	0.970	52	0.853
<i>Carcinus maenas</i>	4.317	1.313	2.188	6.563	5.357	2.890	1.979	5.236	1.041	24	0.408
Ophiurida											
Paguridae	0.095	0.032	0.039	0.118	0.258	0.165	0.073	0.207	0.163	172	0.021*
Pandalidae	1.455	0.050	1.161	3.851	0.589	0.041	0.385	1.216	-0.866	-60	0.756
Portunidae	1.063	0.579	0.372	1.233	1.192	0.414	0.516	1.712	0.129	12	0.949
August 2014	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.039	0.039	0.022	0.031	0.073	0.062	0.040	0.080	0.034	87	1.000
<i>Asterias rubens</i>	1.710	0.833	0.616	2.135	2.145	0.687	1.194	3.961	0.435	25	0.651
<i>Carcinus maenas</i>	0.115	0.136	0.043	0.074	0.156	0.156	0.068	0.096	0.041	36	1.000
Ophiurida	0.447	0.517	0.081	0.282	0.620	0.390	0.164	0.570	0.173	39	0.755
Paguridae	0.132	0.120	0.039	0.122	0.092	0.059	0.028	0.098	-0.041	-30	0.381
Pandalidae	0.012	0.012			0.004	0.004			-0.008	-67	1.000
Portunidae	15.281	21.058	2.934	10.163	13.466	18.485	2.818	9.763	-1.815	-12	0.242
September/Oktober 2014	TO 20				TO 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.118	0.106	0.037	0.083	0.118	0.067	0.044	0.117	0.000	0	0.876
<i>Asterias rubens</i>	2.884	0.398	1.850	6.923	1.483	0.463	0.550	2.058	-1.401	-49	1.000
<i>Carcinus maenas</i>	0.136	0.136			0.327	0.327	0.238	0.336	0.191	140	1.000
Ophiurida	0.606	0.118	0.452	1.430	0.350	0.203	0.148	0.466	-0.256	-42	0.796
Paguridae	0.118	0.063	0.072	0.145	0.054	0.047	0.019	0.046	-0.063	-54	0.476
Pandalidae	0.052	0.052							-0.052	-100	
Portunidae	4.523	3.141	1.080	4.182	4.910	4.025	1.099	4.255	0.386	9	0.935

**Tabelle 60:** Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in  $\text{kg h}^{-1}$  während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T45 24. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$  (\*) oder  $p < 0.001$  (\*\*\*)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	T0 20				T45 24				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.094	0.083	0.022	0.071	0.090	0.040	0.035	0.092	-0.004	-4	0.813
<i>Asterias rubens</i>	2.401	0.637	1.452	4.590	2.721	0.570	1.799	5.689	0.320	13	0.853
<i>Carcinus maenas</i>	4.535	1.210	2.297	7.617	4.052	1.443	1.476	5.113	-0.483	-11	0.976
Ophiurida	0.014	0.014							-0.014	-100	
Paguridae	0.173	0.072	0.059	0.186	0.149	0.136	0.038	0.127	-0.024	-14	0.973
Pandalidae	0.035	0.024	0.010	0.033	0.042	0.024	0.013	0.036	0.007	20	0.669
Portunidae	0.246	0.292	0.053	0.166	0.227	0.231	0.023	0.072	-0.020	-8	0.684
August 2014	T0 20				T45 24				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.016	0.014	0.005	0.011	0.019	0.019	0.003	0.004	0.004	19	0.533
<i>Asterias rubens</i>	0.645	0.368	0.248	0.785	0.557	0.419	0.175	0.553	-0.088	-14	0.912
<i>Carcinus maenas</i>	0.222	0.112	0.114	0.197	0.157	0.169	0.045	0.090	-0.065	-29	0.857
Ophiurida	1.604	0.974	0.460	1.594	1.578	1.074	0.481	1.666	-0.026	-2	0.887
Paguridae	0.096	0.080	0.025	0.080	0.093	0.055	0.032	0.100	-0.002	-3	0.631
Pandalidae	2.038	2.038			0.775	0.775			-1.263	-62	1.000
Portunidae	14.676	12.649	3.141	10.880	14.254	11.266	3.323	11.511	-0.422	-3	0.887
September/Oktober 2014	T0 20				T45 24				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.148	0.104	0.043	0.105	0.693	0.722	0.356	0.616	0.544	368	0.548
<i>Asterias rubens</i>	1.517	1.304	0.312	0.882	0.533	0.385	0.119	0.396	-0.984	-65	0.002*
<i>Carcinus maenas</i>	0.174	0.164	0.027	0.054	0.119	0.081	0.048	0.117	-0.055	-32	0.114
Ophiurida	1.408	0.671	0.527	1.898	0.222	0.145	0.067	0.267	-1.186	-84	0.006*
Paguridae	0.181	0.062	0.069	0.208	0.049	0.036	0.017	0.048	-0.132	-73	0.139
Pandalidae											
Portunidae	5.702	4.047	1.641	7.337	5.533	5.202	1.120	5.008	-0.169	-3	0.799

**Tabelle 61:** Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in  $\text{kg h}^{-1}$  während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T90 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test,  $p < 0.05$  (\*) oder  $p < 0.001$  (\*\*\*)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.

Juni 2014	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.265	0.094	0.100	0.264	0.158	0.117	0.064	0.170	-0.107	-40	0.710
<i>Asterias rubens</i>	2.667	1.058	1.260	3.781	2.577	1.428	0.902	2.853	-0.090	-3	0.549
<i>Carcinus maenas</i>	5.487	1.296	2.410	7.993	4.099	2.442	1.292	4.286	-1.387	-25	0.699
Ophiurida	0.010	0.010			0.007	0.007	0.001	0.002	-0.003	-30	0.667
Paguridae	0.094	0.086	0.024	0.073	0.100	0.029	0.051	0.136	0.006	6	0.470
Pandalidae	0.057	0.036	0.016	0.048	0.030	0.022	0.006	0.016	-0.027	-47	0.210
Portunidae	0.161	0.095	0.043	0.129	0.183	0.093	0.049	0.162	0.022	14	0.941
August 2014	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.167	0.167			0.037	0.023	0.021	0.036	-0.130	-78	0.500
<i>Asterias rubens</i>	0.947	0.529	0.365	1.155	0.452	0.192	0.171	0.594	-0.496	-52	0.539
<i>Carcinus maenas</i>	0.806	0.273	0.372	0.833	0.434	0.247	0.248	0.608	-0.372	-46	0.537
Ophiurida	1.727	1.018	0.460	1.594	1.244	0.755	0.407	1.410	-0.482	-28	0.514
Paguridae	0.106	0.101	0.022	0.077	0.146	0.115	0.038	0.125	0.040	38	0.608
Pandalidae	0.573	0.428	0.242	0.593	0.225	0.167	0.092	0.225	-0.348	-61	0.310
Portunidae	18.290	14.755	3.866	13.391	13.809	12.409	2.181	7.557	-4.481	-24	0.443
September/Oktober 2014	T0 20				T90 26				Differenz		
	MW	MD	SE	SD	MW	MD	SE	SD	MW	%	Sig.
Actiniaria	0.254	0.126	0.111	0.293	0.318	0.252	0.192	0.333	0.064	25	0.833
<i>Asterias rubens</i>	2.210	0.870	0.915	3.036	1.437	0.698	0.498	1.725	-0.773	-35	0.976
<i>Carcinus maenas</i>	0.219	0.176	0.066	0.132	0.537	0.588	0.182	0.315	0.318	145	0.229
Ophiurida	0.214	0.139	0.081	0.255	0.174	0.061	0.109	0.328	-0.040	-19	0.182
Paguridae	0.053	0.039	0.026	0.051	0.054	0.054	0.030	0.042	0.001	2	1.000
Pandalidae	0.063	0.063							-0.063	-100	
Portunidae	5.771	3.710	1.928	6.680	5.192	3.917	1.578	5.466	-0.579	-10	0.887

### 12.3 Diskussion

Während der kommerziellen Erprobung wurde gezeigt, dass die angestrebte Vermeidung von Beifang und die Reduzierung des Fanges von untermaßigen Nordseegarnelen beim Einsatz der ausgewählten CRANNET-Steerte möglich ist.

Gerade der Fang der untermaßigen Garnelen ließ sich mit allen drei CRANNET-Steerten auf allen Fangfahrten deutlich reduzieren, wenngleich dieser Schoneffekt in den Sommermonaten Juni und August stärker ausfällt, als in der Hauptsaison im September/Oktober. Dies liegt vor allem daran, dass in den Sommermonaten noch viele kleine Tiere der Frühjahrskohorte im Bestand vorhanden sind. Im Jahresverlauf wachsen diese Tiere heran und somit in die Fischerei hinein, so dass in der Hauptsaison nur noch Tiere der Längensklassen ab ca. 35 mm im Bestand zu finden sind.

Durch den Einsatz der CRANNET-Steerte kommt es aber auch zu einem anfänglichen Verlust von marktfähigen Garnelen der Längensklassen  $>50$  mm. Dies betrifft aber vor allem die kleineren Längensklassen der Marktware. Es sei ausdrücklich erwähnt, dass gerade bei untermaßigen und marktfähigen Nordseegarnelen der kleinen Längensklassen bereits geringe Gesamtgewichte verhältnismäßig hohen Individuenzahlen entsprechen. Somit trägt gerade die Vermeidung des Fanges der Längensklassen  $<50$  mm dazu bei, dass hohe Individuenzahlen nicht von der Fischerei erfasst werden und dadurch eine verminderte fischereiliche Sterblichkeit erfahren. Diese verminderte Sterblichkeit durch die Fischerei und die hohen Wachstumsraten der Nordseegarnele führen daher in sehr kurzer Zeit zu einer verbesserten Bestandssituation, die langfristig höhere und saisonal stabilere Fangmengen erwarten lassen (vgl. Kapitel 11.4).

Durch die Verwendung der CRANNET-Steerte ist im Allgemeinen eine Verminderung des Fischbeifanges zu beobachten. Allerdings fallen die Minderfänge je nach Art verschieden aus und in Abhängigkeit von Fangplatz, Saison und Verteilung der Längensklassen in der jeweiligen Population sind die Minderfänge für einzelne Arten als teilweise gering einzustufen. Ähnlich verhält es sich bei den Beifängen von Wirbellosen, bei denen die Verminderung der Beifänge weniger deutlich ausfiel, als bei den Fischen. Allerdings besteht im Gegensatz zu den Fischbeifängen der Unterschied der registrierten Arten Wirbelloser, dass sie fast ausschließlich Arten umfassen, die über ein unflexibles und damit sperriges Außenskelett verfügen. Sofern die Individuen auf Grund ihrer Größe das Siebnetz noch passieren können, können auch die CRANNET-Steerte die Selektion nicht immer gewährleisten. Zusätzlich wurde während der kommerziellen Erprobungsfahrten regelmäßig beobachtet, dass gerade Strand- aber auch Schwimmkrabben sich mit ihren Beinen und Scheren aktiv an den Stegen der Netzmaschen festhalten und so ebenfalls im Fang zurückbleiben.

Die oben erwähnte Tatsache, dass in Einzelfällen erhöhte Beifänge von Fischen und Wirbellosen in den CRANNET-Netzen gefunden wurden, ist u.a. auf die hohe Variabilität der Fangplätze zurückzuführen. Diese hohe Variabilität der Fangdaten hätte allerdings durch eine höhere Anzahl

von Wiederholungen (Replikaten) verringert werden können. Dies war allerdings auf Grund des ohnehin hohen Arbeitsaufwandes im Projekt CRANNET im verfügbaren Zeitrahmen für die Praxis-tests nicht möglich.

Ein weiterer möglicher Grund für die vereinzelt auftretenden höheren Beifänge in den CRANNET-Steerten ist die ungenügende Selektion des Siebnetzes. Zur weiteren Reduktion des unerwünschten Beifangs von Fischen und Wirbellosen, sollte daher in künftigen Untersuchungen die Möglichkeit einer Anpassung der Maschenkonfiguration im Siebnetz betrachtet werden, um die Siebnetzselektion besser auf die nachfolgende Steertselektion abzustimmen. Auf diese Weise könnte eine weitere Beifangreduzierung noch während des Schleppens möglich werden.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Verwendung der CRANNET-Steerte T0 26 mm, T45 24 mm und T90 26 mm zur Vermeidung von Garnelendiscard und reduzierten Beifängen in der Fischerei auf Nordseegarnelen führt. Die gleichzeitigen anfänglichen Verluste bei marktfähigen Garnelen sollten bereits nach kurzer Zeit durch eine verbesserte Bestandssituation kompensiert werden und langfristig zu höheren und saisonal stabileren Anlandungen führen. Minderfänge untermaßiger Nordseegarnelen und die Reduktion des Beifangs kann zu einer verantwortlichen und nachhaltigen Bewirtschaftung der fischereilich genutzten Ressourcen im Ökosystem Wattenmeer beitragen.

## 12.4 Literatur

- Berghahn R, Vorberg R (1998) Schwierigkeiten bei der Auswahl und der Bewertung von Referenzgebieten. *In: SDN (Hrsg.): Referenzgebiete – Sinn und Unsinn von nutzungsfreien Zonen an unseren Küsten*
- Neudecker T, Müller M (2011) Das Problem "Siebkrabben" in der Garnelenfischerei. *Inf. Fischereiforsch* 58: 21-28
- Temming A, Hufnagl M (2015) Decreasing predation levels and increasing landings challenge the paradigm of non-management of North Sea brown shrimp (*Crangon crangon*). *ICES Journal of Marine Science: Journal du Conseil* 72(3): 804-823
- Wilhelms (2013) Atlas of Length-Weight Relationships of 93 fish and crustacean species from the North Sea and the North-East Atlantic. Thünen Working Paper 12

## 13 Ökonomische Analysen – CRANNET

Die ökonomische Betrachtung erfolgt hinsichtlich der Auswirkungen des CRANNET-Ansatzes auf Erträge und Aufwendungen sowie auf nichtmonetäre Effekte.

### 13.1 Erträge

Ein wesentlicher Effekt bei der Verwendung optimierter Steerte ist in den Auswirkungen auf den Bestand der Nordseegarnele und auf die zukünftig zu erwartenden Fangmengen zu sehen. Diese werden in CRANNET mithilfe des Populationsmodells (vgl. Kapitel 11.4) abgeschätzt.

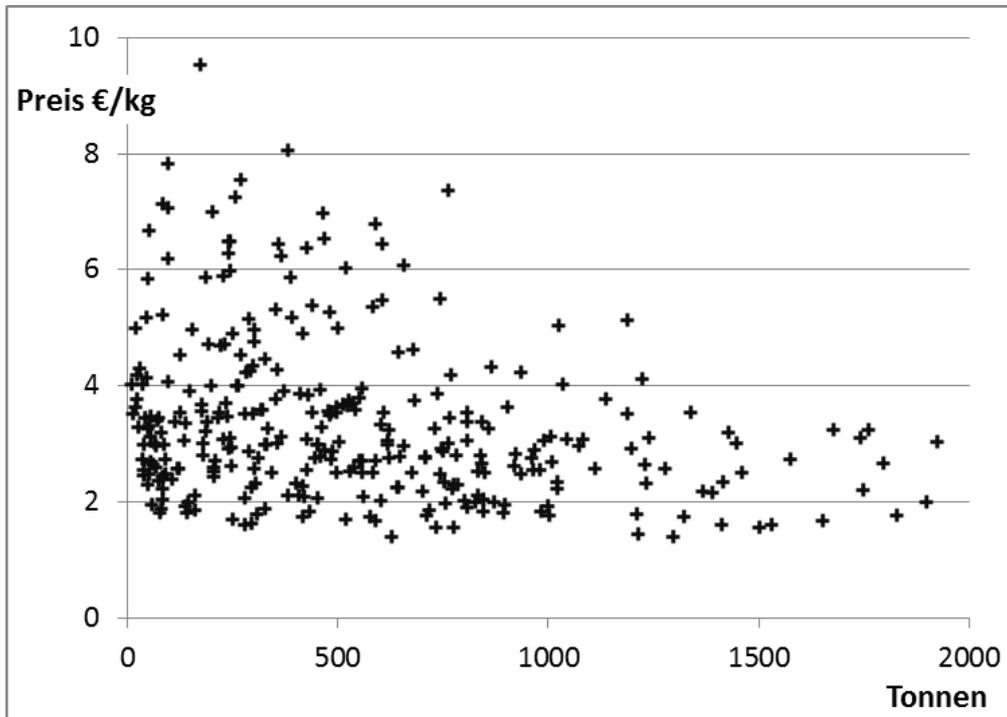
Unter den verwendeten Annahmen ergibt sich aus den Modellrechnungen für fast alle untersuchten Maschen, die größer sind als die derzeit verwendeten, mittelfristig ein Anstieg der Fänge an Marktware. Kurzfristig sind Minderfänge zu erwarten, die jedoch überkompensiert werden, sobald die geschonten Krabben die marktfähige Größe erreicht haben. Der Minderfang erstreckt sich je nach Termin der Umstellung über 2,5 bis 3,5 Monate und liegt für die gesamte deutsche Flotte zwischen 261 und 430 Tonnen. Binnen Jahresfrist ist der ursprüngliche Minderfang wieder ausgeglichen und tritt in Zukunft auch nicht mehr auf.

Der anfängliche Minderertrag ist erst nach einigen Monaten vollständig ausgeglichen. Die Zeitspanne ist so kurz, dass eine Abzinsung, die dem geringeren Wert zukünftiger Erträge Rechnung trägt, keine relevante Größenordnung erreicht. Deshalb wird hierauf verzichtet.

Beim flächendeckenden, europaweiten Einsatz größermaschiger Steerte prognostiziert das verwendete Populationsmodell bei gleichbleibendem Aufwand steigende Fänge an marktfähigen Nordseegarnelen. Prinzipiell ist bei steigendem Angebot eine Abnahme des Preises zu erwarten. Dieser Zusammenhang war jedoch bei Nordseegarnelen in den zurückliegenden Jahren nur für die maximal erzielten Preise einer Anlandemenge zu erkennen (Abbildung 99). Insgesamt ist die Preisbildung jedoch weitgehend unabhängig von der Anlandemenge erfolgt.

So kann davon ausgegangen werden, dass steigende Anlandemengen nicht prinzipiell durch sinkende Preise kompensiert werden. Wenn also die Fischerei, wie Modellrechnungen prognostizieren, bei gleichbleibendem Fischereiaufwand mehr Marktware anlandet, dann ist zu erwarten, dass auch die Erlöse ansteigen. Sollte es doch zu einem Preisverfall kommen, könnte die Fischerei grundsätzlich die bisherige Fangmenge mit weniger Fischereiaufwand erzielen. Auf diese Weise bliebe der Erlös konstant und über verringerten Fischereiaufwand könnten sowohl Kosten gespart als auch der Profit erhöht werden.

**Abbildung 99:** Durchschnittspreise für Nordseegarnelen in Abhängigkeit von monatlichen Anlandemengen in den Jahren 2002-2014



## 13.2 Aufwendungen

Die einzige Aufwendung für Material besteht in dem neuen Steert. Die Maschenform und –größe hat keinen nennenswerten Einfluss auf den Preis des Steertes. Da Steerte ohnehin nach wenigen Jahren ersetzt werden müssen, können sie als Verbrauchsmaterial angesehen werden. Zusätzliche Kosten für den Einsatz neuer Steerte sind daher, wenn überhaupt vorhanden, nur marginal und im Kontext zu vernachlässigen.

Eine Verringerung des Schleppwiderstandes bei Verwendung von Steerten mit größeren Maschen konnte mit Zugmessschäkeln nicht nachgewiesen werden. Entsprechend ist davon auszugehen, dass der Treibstoffverbrauch von den verwendeten Steerten nicht beeinträchtigt ist.

Infolge geringerer Beifangmengen bei größermaschigen Netzen verkürzt sich sowohl die Arbeitszeit für die Aufbereitung des Fanges an Bord als auch die Laufzeit der Einrichtung zur Lebendsiebung (in der Regel ein Trommelsieb). Die Mengen, die in den Kocher gelangen, sind von verringertem Beifang kaum beeinträchtigt, da der Großteil des Beifanges in der Lebendsiebung aussortiert wird. Beide Effekte konnten bei den Kutterfahrten beobachtet werden. Sie ließen sich aber nicht quantifizieren, weil der Arbeitsablauf an Deck durch den Versuchscharakter beeinträchtigt war. Die Ersparnis an Arbeitszeit spielt nur dann kostenmäßig eine Rolle, wenn die Fangaufbereitung zum limitierenden Faktor beim Fischen wird, also wenn sich dadurch z.B. das Aussetzen oder Hieven des Netzes verzögert und dadurch möglicherweise insgesamt weniger gefangen wird. Die

Arbeitskosten selbst sind dadurch nicht beeinträchtigt. Verringerter Beifang hat allerdings positive Auswirkungen auf die Qualität der Marktware. Gerade bei höheren Anteilen verkochenden Beifangs kann es durch biochemische Wechselwirkung zu einer farblichen und damit qualitativen Beeinträchtigung der gekochten Nordseegarnelen kommen. Durch die Verwendung großmaschiger Steerte kann die Gefahr dieser Beeinträchtigung reduziert werden.

Insgesamt ist davon auszugehen, dass sich die Aufwendungen bei der Verwendung größerer Steerte nicht erhöhen, sondern tendenziell verringern. Mechanismen, die die Aufwendungen erhöhen könnten, sind nicht zu erkennen.

### 13.3 Nichtmonetäre Effekte

Die Krabbenfischerei wird zunehmend kritisiert für die hohen Beifangmengen und für eine negative Beeinträchtigung des Meeresgrundes und damit des Benthos. Es steht außer Frage, dass sich die Beifangmengen eindeutig durch Steerte mit größeren Maschen verringern lassen. Dies hat zwar keine direkten monetären Auswirkungen auf den Fischereibetrieb. Es ist jedoch positiv für das Image der Krabbenfischerei. Dies kann von großer Bedeutung werden im Zusammenhang mit mariner Raumnutzung und Naturschutz. Wenn die Krabbenfischerei eigene Initiativen vorweisen kann, die unerwünschte Nebeneffekte des Fischens verringern, dann kann dies bei entsprechenden Verhandlungen von hohem Wert sein, beispielsweise wenn dadurch Gebietsschließungen abgewendet werden können.

Die Verwendung größerer Maschen im Steert kann auch förderlich sein für das Erlangen des MSC-Siegels (Marine Stewardship Council). Die Verleihung des MSC-Siegels setzt voraus, dass eine Fischerei, vereinfacht ausgedrückt, negative Auswirkungen auf das Ökosystem Meer verringert. MSC-zertifizierte Produkte erzielen erfahrungsgemäß höhere Preise. Es gibt sogar Stellungnahmen, nach denen der Handel in absehbarer Zeit nur noch MSC-zertifizierte Fischereierzeugnisse abnehmen will. Eine Zertifizierung wäre für die Krabbenfischerei vorteilhaft. Auch dieser Effekt lässt sich nicht direkt in Geldeinheiten ausdrücken.

Zu erwähnen ist, dass die Verwendung von Steerten mit größeren Maschen allein noch nicht hinreichend sein wird, um das MSC-Zertifikat zu erlangen.



## 14 Danksagung

Jedes Projekt, insbesondere ein größeres Einzelprojekt, wie CRANNET es darstellt, kann nur zustande kommen und gelingen durch das Zusammenspielen von vielen verschiedenen, sehr engagierten Menschen. Das betrifft schon die Idee dazu, die verschiedenen Vorarbeiten, die Beantragungphase wie auch die Durchführung, Betreuung und Auswertung auf verschiedenen Ebenen. Die Namen all derjenigen hier einzeln zu nennen, würde eine lange Liste liefern, die sicherlich nie ganz vollständig wäre, da auch peripher tätige Personen, die nirgends öffentlich in Erscheinung getreten sind, ihren Anteil am Zustandekommen und dem Erfolg von CRANNET haben. Insofern wird um Nachsicht gebeten, wenn in der Liste unserer Mitarbeiter, Partner und Beteiligten Lücken gefunden werden sollten. Auch stellt die Reihenfolge keine Wichtigkeit dar, wenn nun Namen von Institutionen und Gruppen von Personen genannt werden, denn ohne auch nur einen davon wäre CRANNET nicht gewesen:

Es waren verschiedene Fischer, die mit der „Forschung“ zusammengearbeitet und auf den Beifang hingewiesen haben, der ihnen nicht gefiel, weil er unsinnig ist, nur Arbeit und keinen Gewinn bringt, ja sogar auch in ihren Augen der Umwelt nicht dienen konnte, selbst wenn Krebse und Möwen durch die Rückwürfe oft einen reichlich gedeckten Tisch vorfanden. Des Weiteren waren Hinweise aus Vorläuferstudien wichtig neben Gesprächen mit den Beteiligten am Rande von wissenschaftlichen Tagungen und Fischerversammlungen. Diese Namen finden sich in den Literaturverzeichnissen und verschiedenen Fahrt- und Tagungsberichten der Fischerei-Institute wieder.

Wichtige Ansprechpartner, die sich vom Zweck und Nutzen des Projektes haben überzeugen lassen, sind in den Ministerien und nachgeordneten Dienststellen des Bundes und der Länder Schleswig-Holstein und Niedersachsen tätig. Durch sie kam die Hauptförderung zustande, die durch erhebliche finanzielle Anteile - insbesondere des Europäischen Fischereifonds EFF - geleistet wurde. Nur dadurch konnten die hälftigen Eigenleistungen des Bundes durch Schiffszeiten, durch wissenschaftliches Personal und die Labore in Hamburg und Rostock - sowie Gleiches von Seiten der Universität Hamburg - zum Tragen kommen. Auch die Aufwendungen der „Deutschen MSC-Fischer“ durch bereitgestellte Netze und Kutter-Einsätze trugen wesentlich dazu bei, dass die CRANNET-Aufgaben bearbeitet werden konnten. Die Namen der beteiligten Personen finden sich in den verschiedenen Abschnitten des vorliegenden Berichtes wieder.

Durch die finanzielle Ausstattung des Projektes war es möglich, einiges wissenschaftliches Personal einzustellen: junge Wissenschaftler, Techniker und Studenten, die durch ihren Einsatz auf See wie in den Labors und Büros der Partnerinstitute die verschiedensten Aufgaben wahrgenommen haben. Ihnen gilt ein besonderer Dank, denn der Einsatz auf See teils auf schrägen, schwankenden Planken bei Wind und Wetter war oftmals kein Vergnügen und verlangte viel Standvermögen und Begeisterung ab. Dies galt besonders auch in den Labors, wo fast eine Million Garnelen in eintönigen Routinen mit bildanalytischen Verfahren bei hoher Konzentration zu vermessen waren. Aber auch die Datenaufbereitung und Kontrolle durch Techniker und Wissenschaftler sowie

die darauf aufbauenden Auswertungen nach verschiedenen Gesichtspunkten zur Morphometrie der Garnelen, zu den Selektionskurven der verschiedenen Netztypen sowie den populationsdynamischen Berechnungen erforderten Geduld und erhebliches statistisches Spezialwissen einzelner, beteiligter Kollegen. Nicht unerwähnt bleiben sollen die vielen Diskussionen anlässlich von Tagungen, vor allem aber auch regelmäßig und institutsübergreifend zwischendurch - auch mit Fischereivertretern, um ökologische wie auch ökonomische Aspekte von allen Seiten zu beleuchten.

Alle fachliche Arbeit bedarf aber auch einer administrativen Betreuung, die in den Sekretariaten der Institute, vor allem in Hamburg durch den Projektkoordinator und die Projektadministratorin geleistet wurde. Die weitere finanzielle Überwachung erfolgte durch die Verwaltung der TI-Zentrale in Braunschweig und schließlich durch die Sachbearbeiter der Förderstelle des LLUR in Flintbek.

All den in diesen verschiedenen Aufgabenbereichen tätig gewesenen Personen - in Leitungspositionen wie auch in den nachgeordneten Funktionen und den extern hilfreich tätig gewesenen Zulieferfirmen – gilt der Dank der für dieses Projekt Verantwortlichen. Nur durch das kollegiale, zielorientierte Zusammenwirken aller hat CRANNET die Erwartungen erfüllen und die nachhaltigen Ergebnisse liefern können, die bei der Beantragung in Aussicht gestellt worden waren.

Dass bei der Arbeit auch neue Freundschaften entstanden sind, die das Projekt überdauern werden, ist ein schöner Nebeneffekt und Zeichen guter Personalpolitik wie konstruktiv-wissenschaftlichen Denkens über das sich die CRANNET-Mitarbeiter und Kollegen dankbar freuen.

# Anhang



## 15 Selektionsberechnungen für *Crangon crangon* – Anhang

### 15.1 Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols

#### 15.1.1 Berechnungsmethode Selektionskurve und Selektionsparameter

Die Anzahl der gefangenen Individuen pro Längenklasse wurde indirekt verwendet, um die Selektionsparameter für jeden Test-Steert auf Hol-Level zu bestimmen. Der empirisch ermittelte Anteil des Fanges im Test-Steert für eine Längenklasse  $l$  und einen Hol  $i$  wird angegeben als

$$\text{Anteil im Test – Steert} = \frac{nt_{il}}{nt_{il} + nr_{il}} \quad (1)$$

wobei  $nt_{il}$  die Anzahl der Garnelen der Längenklasse  $l$  im Test-Steert ist, während  $nr_{il}$  die Anzahl der Garnelen im Referenz-Steert ist. Da *a priori* kleinere Individuen eine bessere Chance haben, durch die Maschen im Test-Steert zu entkommen, kann angenommen werden, dass jeder funktionelle Zusammenhang in der Fangzusammensetzung über die verfügbaren Längenklassen durch die Selektionswirkung im Test-Steert verursacht wird. Um die Wahrscheinlichkeit zu berechnen, eine bestimmte Längenklasse  $l$  im Test-Steert zu finden, muss zunächst die individuelle Wahrscheinlichkeit für den Test- und den Referenz-Steert berechnet werden. Die Wahrscheinlichkeit, ein Individuum einer bestimmten Länge zurückzuhalten, ist wie folgt definiert:

$$\text{Test – Steert} \quad pt_{il} = SP_i * r_i(l) \quad (2)$$

$$\text{Referenz – Steert} \quad pr_{il} = (1 - SP_i) \quad (3)$$

Der Splitfaktor  $SP$  beschreibt die Wahrscheinlichkeit für ein Individuum, in den Test-Steert zu gelangen, wobei ein Wert von  $SP_i = 0.5$  ausdrückt, dass Garnelen mit der gleichen Wahrscheinlichkeit in den Referenz- oder Test-Steert gelangen. Werte über 0.5 drücken aus, dass die Wahrscheinlichkeit, im Test-Steert gefangen zu werden, höher ist. Das Gegenteil liegt vor bei  $SP_i < 0.5$ . Der Splitfaktor kann nur Werte im Bereich  $[0,1]$  annehmen und ist größenunabhängig.

Die Selektionsfunktion,  $r(l)$  ist eine nicht-abnehmende Funktion, die die Wahrscheinlichkeit von Garnelen einer bestimmten Länge  $l$  beschreibt, im Steert zu verbleiben. Folgende zwei Selektionsfunktionen wurden auf die Daten jedes Hols angewandt, um das optimale Modell zur Beschreibung der Größenselektion im Test-Steert zu erhalten.

$$\text{Standard logit Funktion:} \quad r_i(l) = \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 * l)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 * l)} \quad (4)$$

$$\text{flexiblere Richard Kurve:} \quad r_i(l) = \left( \frac{\exp(\beta_0 + \beta_1 * l)}{1 + \exp(\beta_0 + \beta_1 * l)} \right)^{\frac{1}{\delta}} \quad (5)$$

Für jeden analysierten Hol wurde, basierend auf dem Akaike Information Criterium [AIC], zwischen Gleichung (4) und (5) gewählt (Akaike, 1974). Mit der Kenntnis der Wahrscheinlichkeiten (2) und (3), kann eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit gemacht werden, mit der eine bestimmte Längensklasse in den Test-Steert gelangt und dort zurückgehalten wird, während die Wahrscheinlichkeit, in den Referenz-Steert zu gelangen und dort zu verbleiben, reduziert wird. Die Wahrscheinlichkeit, ein Individuum einer bestimmten Längensklasse, das in einem der beiden Steerte gefangen wurde, im Test-Steert zu finden, kann wie folgt beschrieben werden:

$$\text{Anteil im Test - Steert}(l) = \theta_i(l) = \frac{SP_i * r_i(l)}{SP_i * r_i(l) + (1 - SP_i)} \quad (6)$$

Die Funktion  $\theta(l)$  beschreibt die Wahrscheinlichkeit, die Längensklasse  $l$  im Test-Steert zu fangen und bestimmt den binominalen Fangprozess beim Paired Gear Fischen:

$$nt_{il} \sim \text{Binom}(nt_{il} + nr_{il}, \theta_i(l)) \quad (7)$$

Die Binominal Funktion

$$- \sum_i (nt_{il} * \log \theta_i(l) + nr_{il} * \log(1 - \theta_i(l))) \quad (8)$$

wird für die Maximum Likelihood Abschätzung von  $SP_i$ ,  $\beta_0$ ,  $\beta_1$  (und  $\delta$  wenn (5) angewandt) verwendet, welche die  $\theta_i(l)$  Struktur definieren. Die Abschätzung der Selektionsparameter im Test Steert erfolgt über Maximum Likelihood Abschätzung von  $\beta_0$  und  $\beta_1$ . Die Länge mit 50% Zurückhalte-Wahrscheinlichkeit ( $L50_i$ ) und die Selektionsbereich ( $SR_i = L75 - L25$ ) werden wie folgt definiert:

$$L50_i = - \frac{\beta_0}{\beta_1} \quad (9)$$

$$SR_i = - \frac{2 * \log(3)}{\beta_1} \quad (10)$$

### 15.1.2 Analyse der Selektionsdaten aller Einzelhols

Im Folgenden wird eine vollständige Übersicht über alle Hols der Forschungsfahrten mit FFS „Sol-ea“ gegeben, getrennt nach Maschentyp (T0, T45, T90). Dargestellt sind die Fangvergleichskurven aus den *Paired-Gear*-Versuchen. Hierfür wird zunächst für jede Längensklasse der Anteil des Fanges im Test-Steert am Gesamtfang ermittelt (Fang im Test-Steert + Fang im Referenz-Steert). Dementsprechend ergibt sich bei gleichem Fang in Test-Steert und Referenz-Steert ein Anteil des Fanges im Test-Steert von 0.5 (=50%). Ist der Test-Steert in einigen Längen selektiver (d.h. lässt mehr Individuen entkommen), dann liegt der Fanganteil im Test-Steert für diese Längensklasse unter 0.5.

### 15.1.2.1 T0 – Steerte – Ergebnisse der Einzelhols

**Abbildung 100:** Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T0-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.

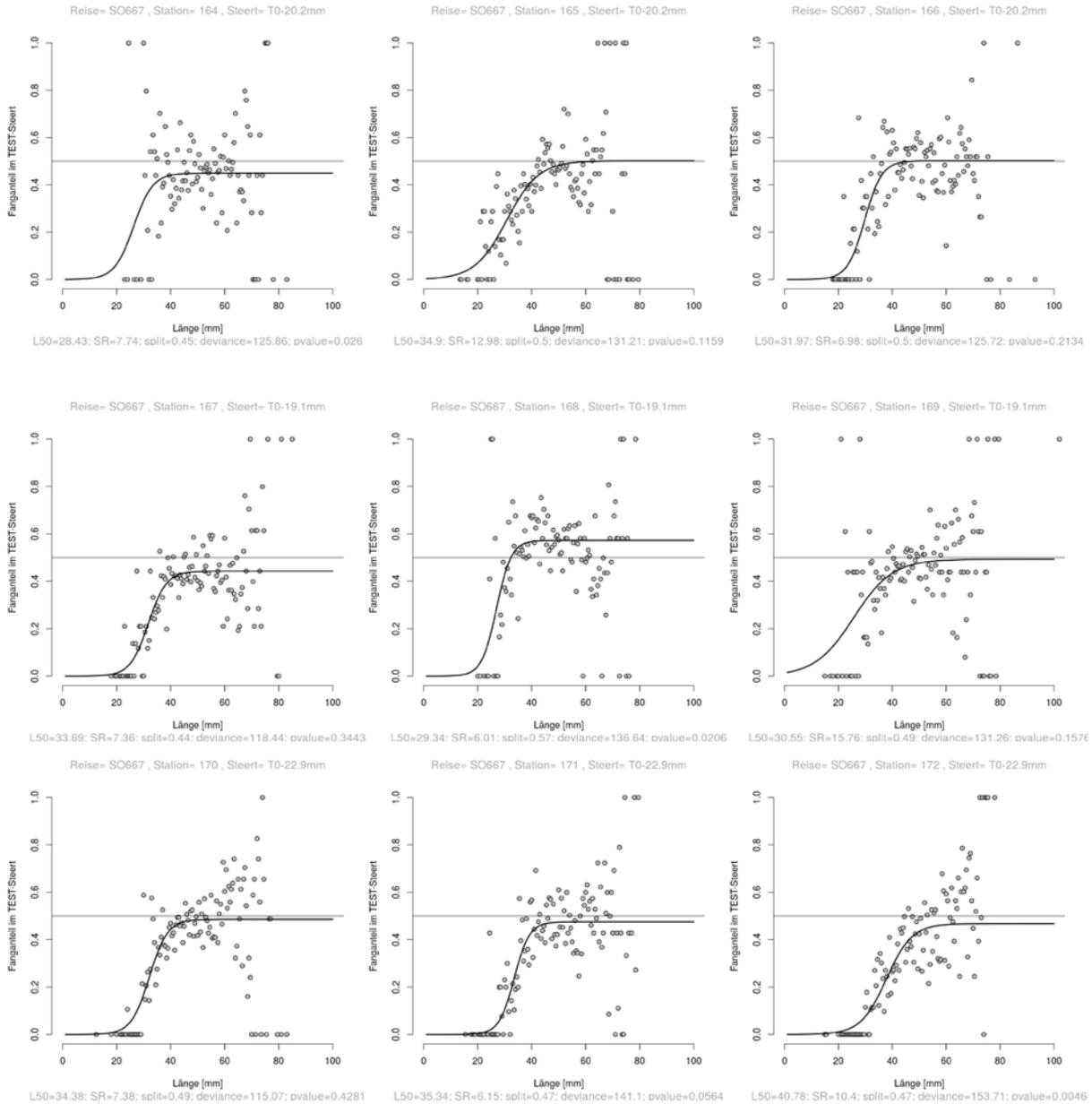


Abbildung 100: Fortsetzung 1

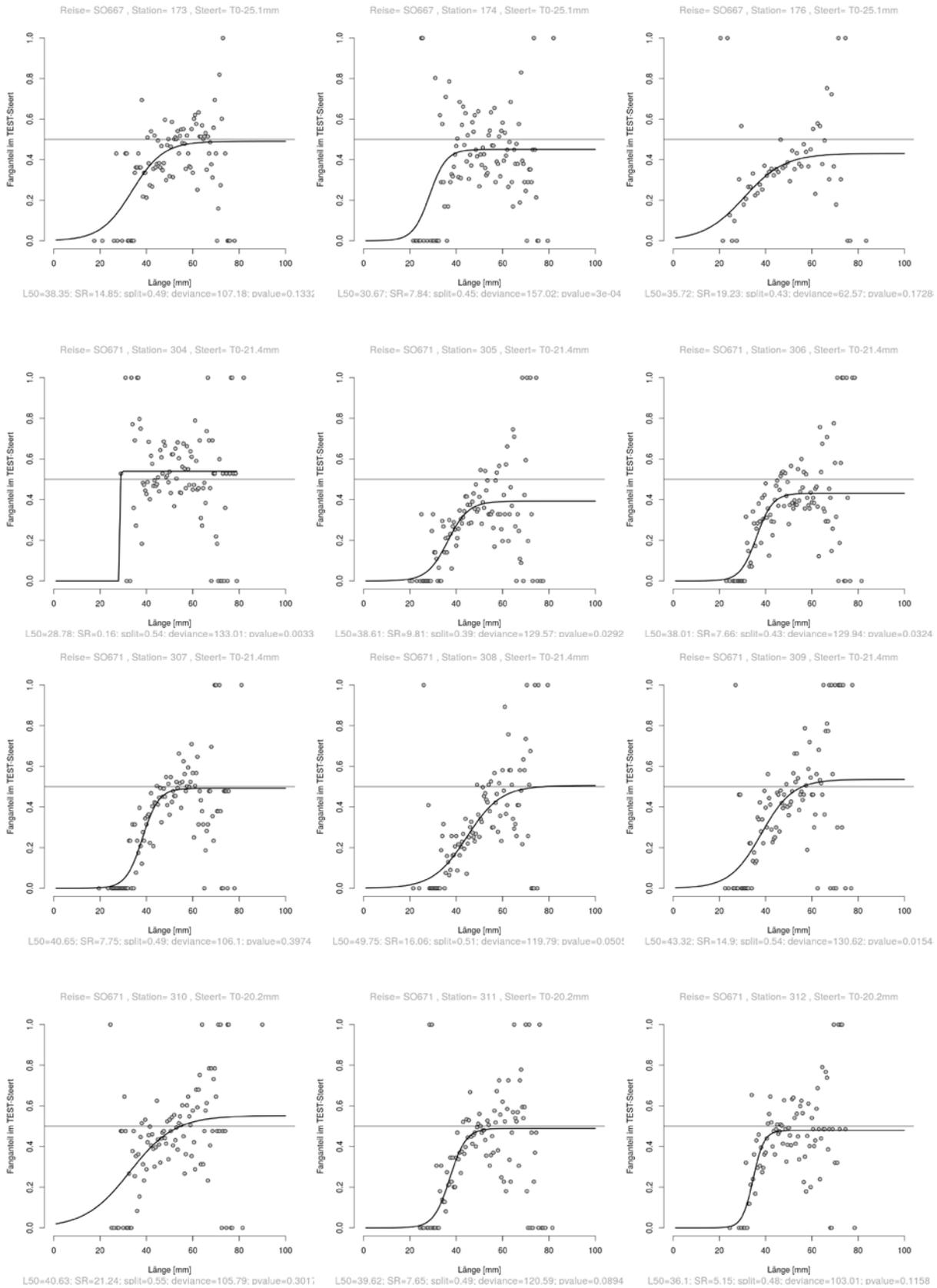


Abbildung 100: Fortsetzung 2

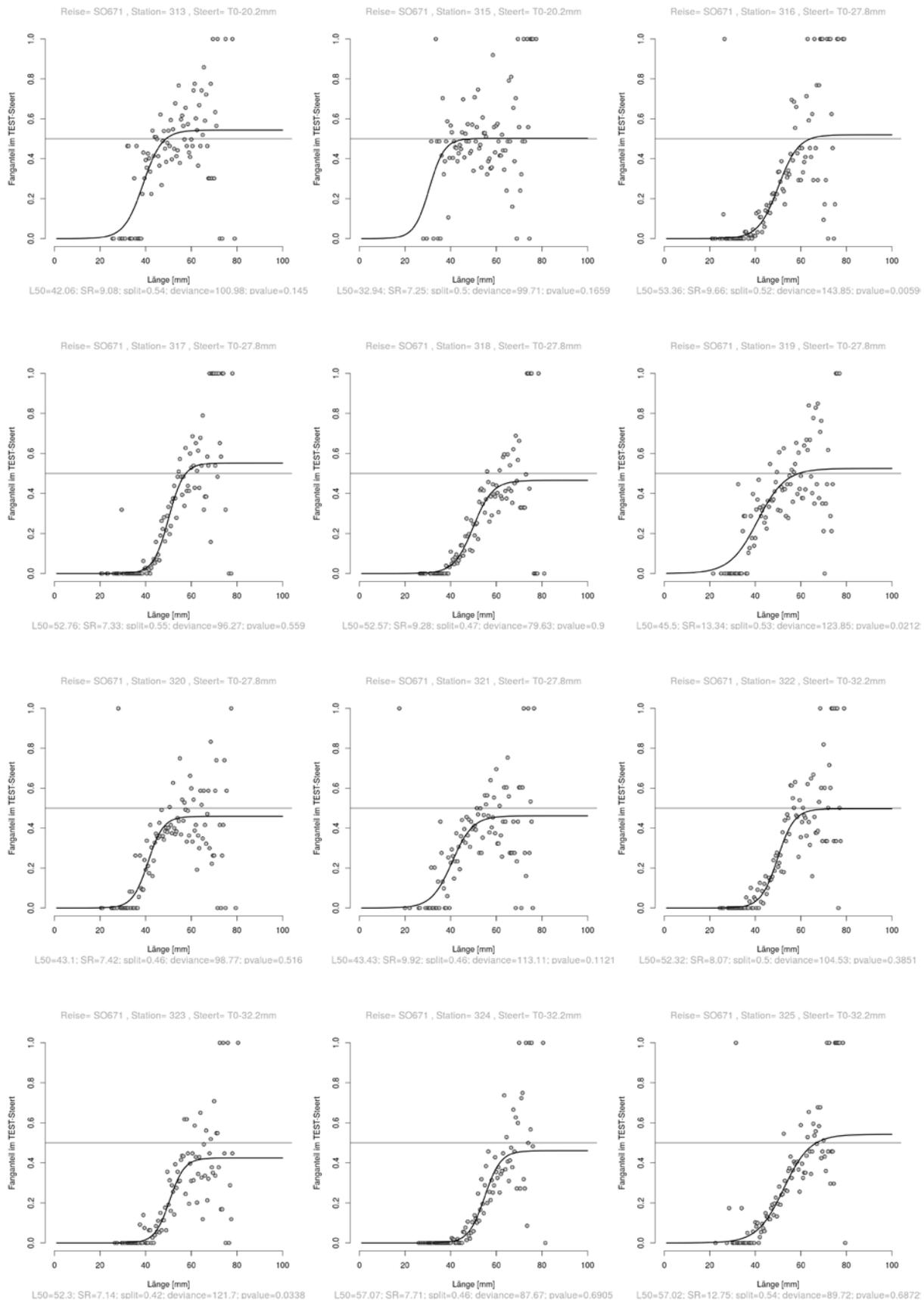


Abbildung 100: Fortsetzung 3

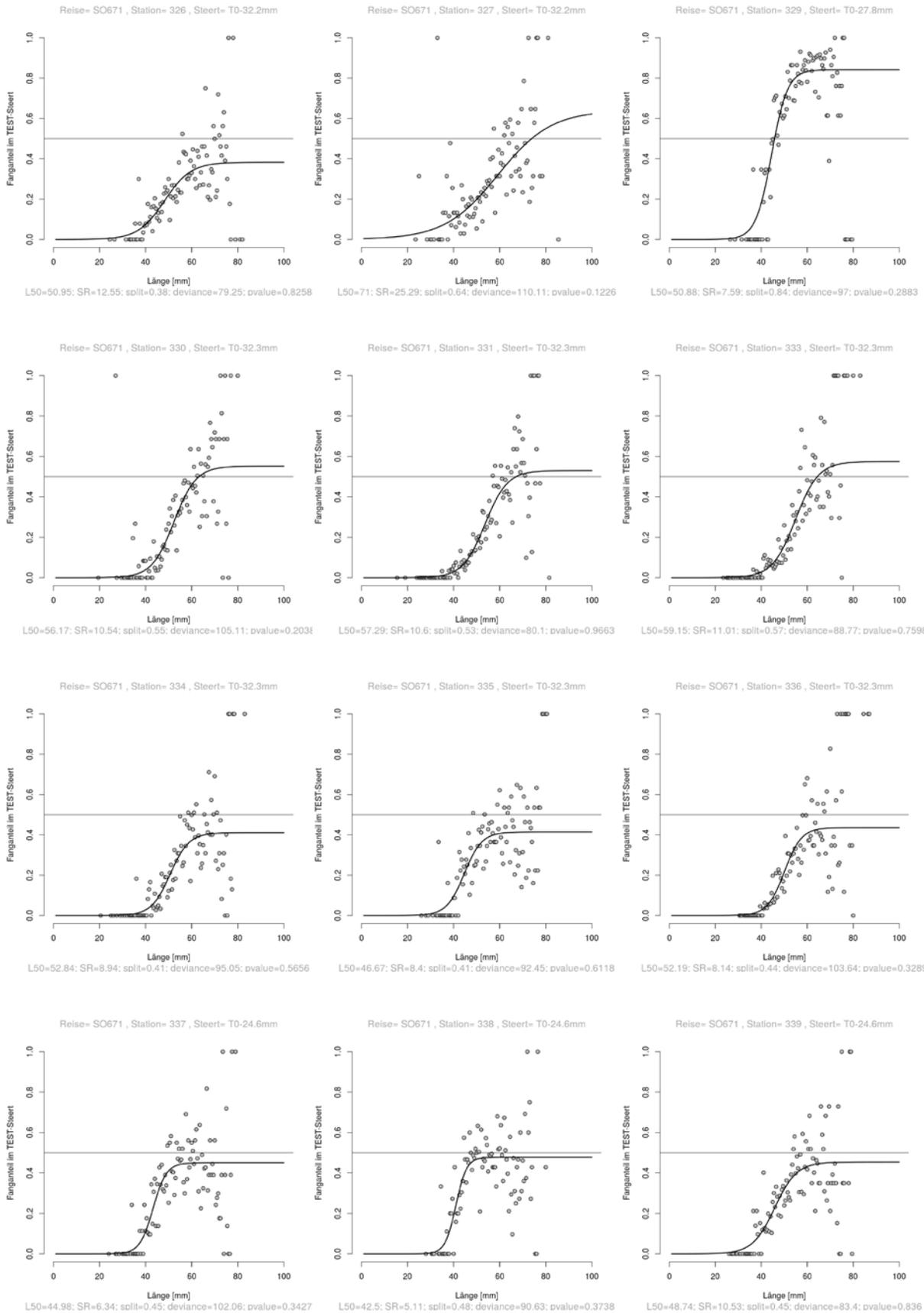


Abbildung 100: Fortsetzung 4

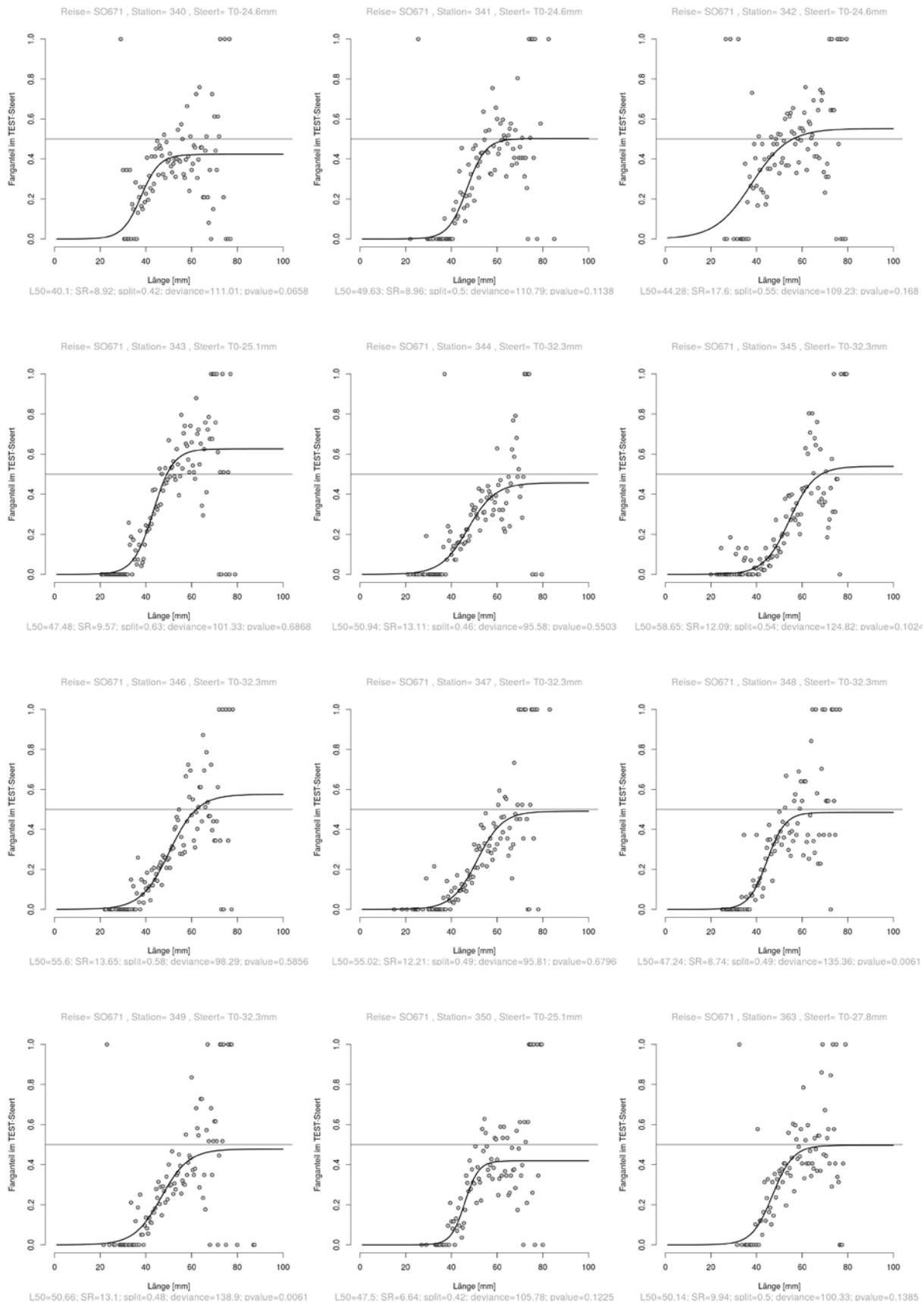


Abbildung 100: Fortsetzung 5

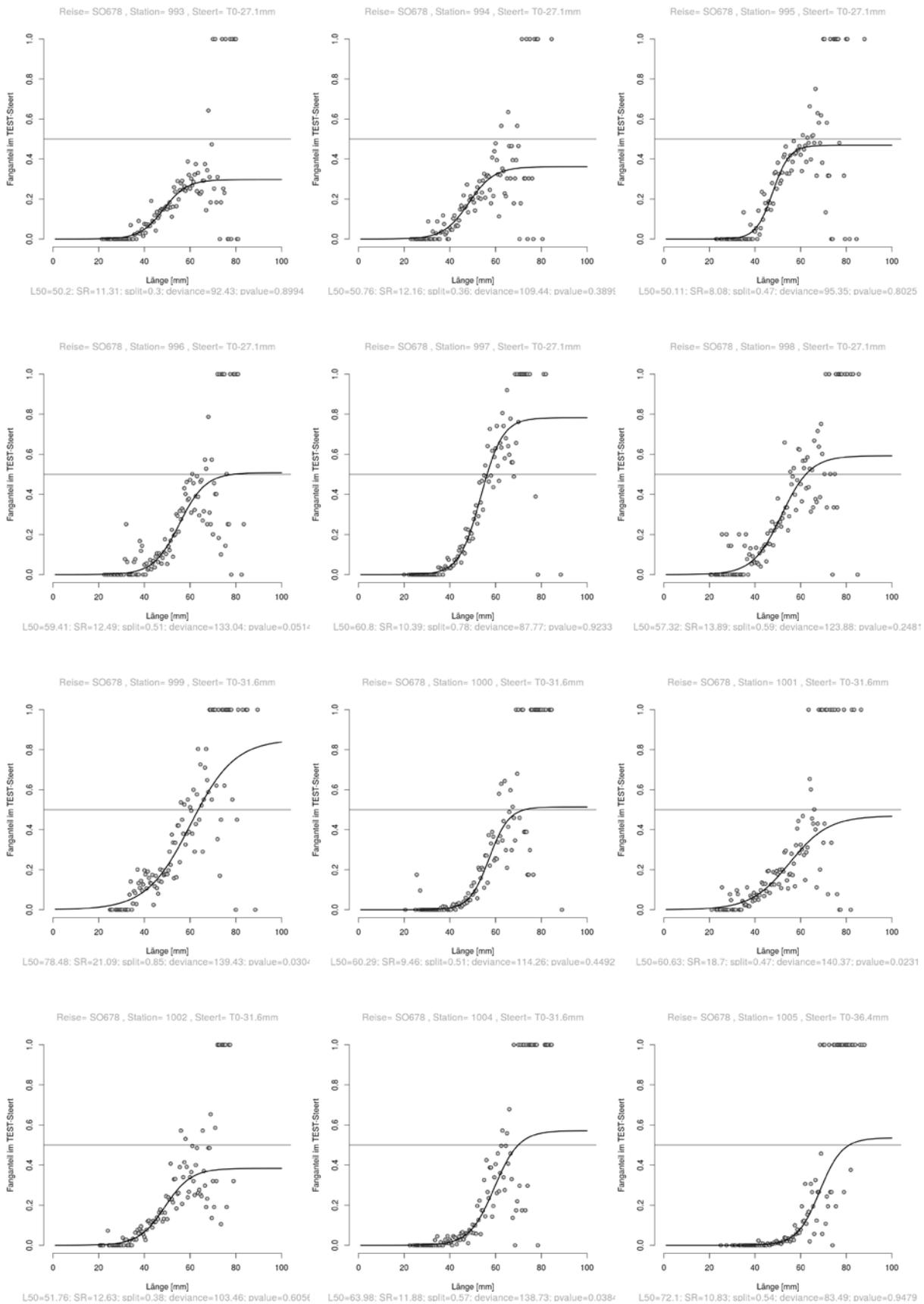


Abbildung 100: Fortsetzung 6

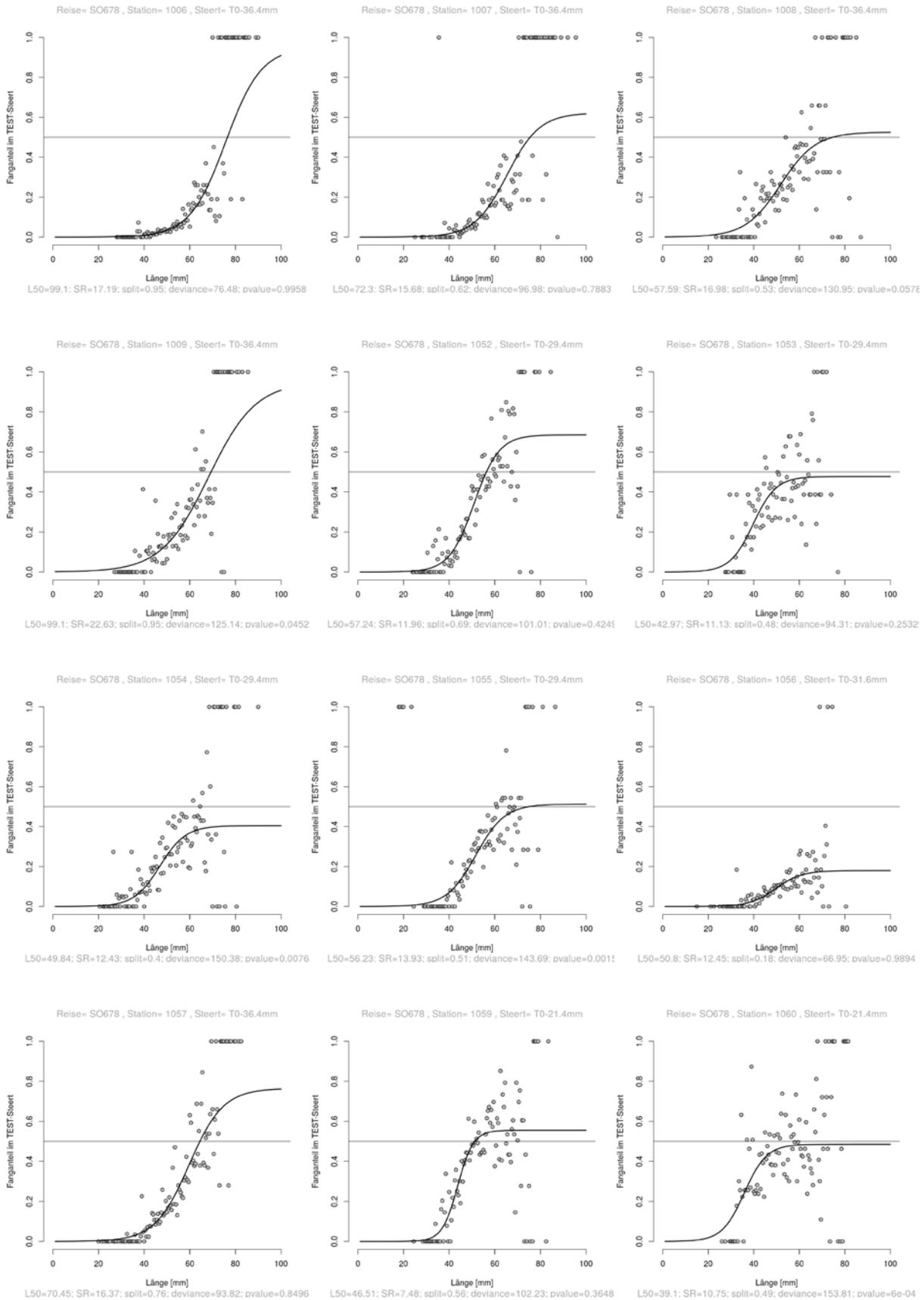
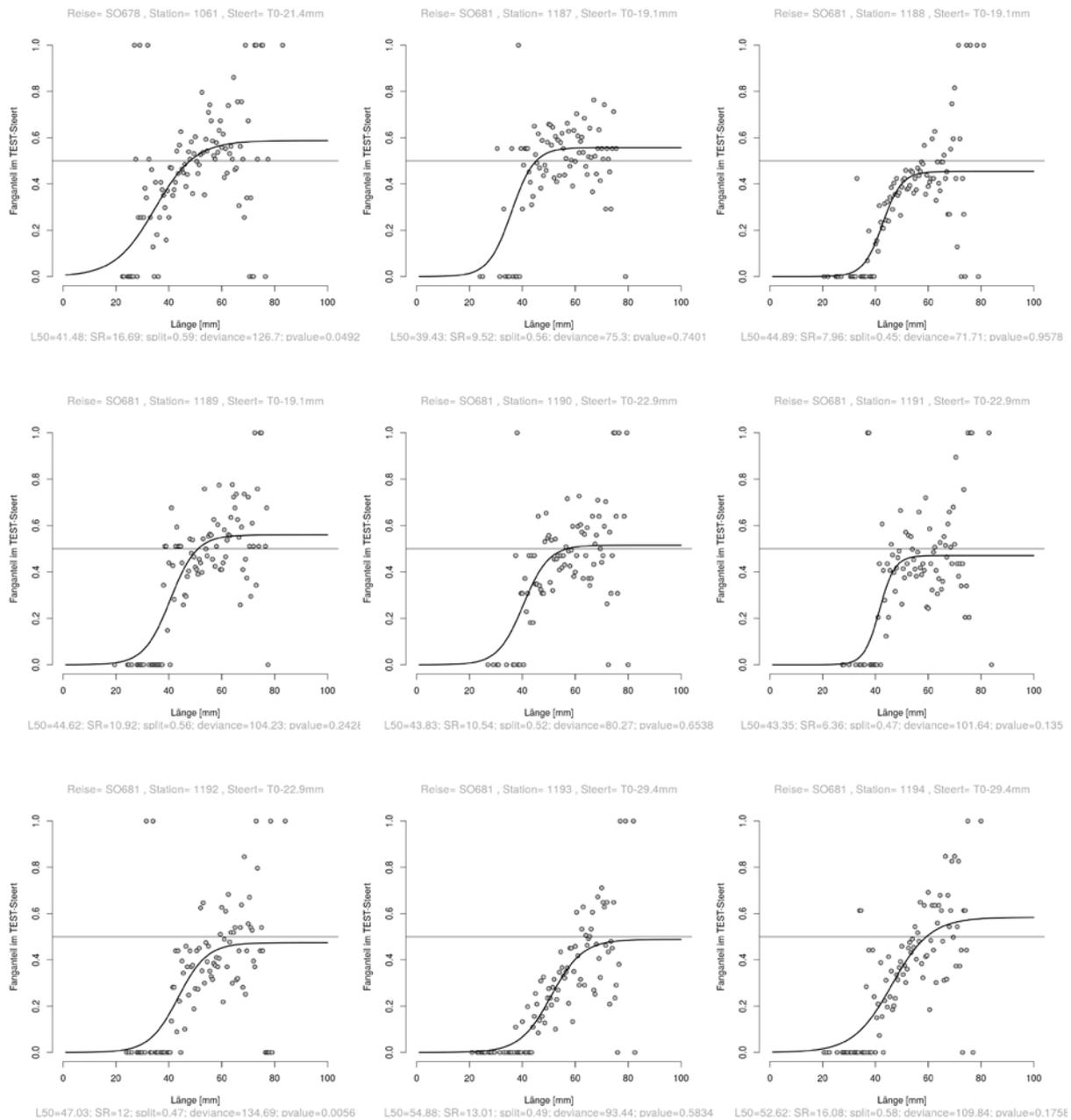


Abbildung 100: Fortsetzung 7



**Tabelle 62:** Holübersicht für T0-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Reise	Station	Maschentyp	MØ nominal [mm]	MØ gemessen [mm]	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	167	TO	18	19.1	292	5	19	16.878	33.691	31.951-35.431	7.358	4.758-9.958	0.443	0.420-0.465	118.4	0.344
667	168	TO	18	19.1	292	4	19	21.445	29.343	26.653-32.033	6.006	2.656-9.356	0.573	0.550-0.595	136.6	0.021
667	169	TO	18	19.1	292	4	19	20.256	30.554	25.764-35.344	15.762	5.802-25.722	0.493	0.454-0.532	131.3	0.158
681	1187	TO	18	19.1	292	6	19	92.902	39.425	35.415-43.435	9.524	3.384-15.664	0.557	0.525-0.590	75.3	0.740
681	1188	TO	18	19.1	292	6	18	100.995	44.894	42.854-46.934	7.960	4.630-11.290	0.455	0.415-0.495	71.7	0.958
681	1189	TO	18	19.1	292	5	15	74.619	44.619	40.719-48.519	10.917	4.797-17.037	0.560	0.501-0.619	104.2	0.243
667	164	TO	20	20.2	285	4	17	12.074	28.426	21.306-35.546	7.743	-6.057-21.543	0.450	0.421-0.478	125.9	0.026
667	165	TO	20	20.2	285	5	19	18.197	34.904	32.204-37.604	12.978	9.138-16.818	0.501	0.468-0.535	131.2	0.116
667	166	TO	20	20.2	285	4	22	19.476	31.967	29.947-33.987	6.984	4.454-9.514	0.502	0.480-0.523	125.7	0.213
671	310	TO	20	20.2	265	3	24	9.925	40.634	30.924-50.344	21.243	2.703-39.783	0.552	0.444-0.660	105.8	0.302
671	311	TO	20	20.2	265	3	23	12.008	39.616	37.786-41.446	7.648	4.918-10.378	0.490	0.456-0.523	120.6	0.089
671	312	TO	20	20.2	265	2	24	9.070	36.104	34.414-37.794	5.147	2.497-7.797	0.479	0.452-0.507	103.0	0.116
671	313	TO	20	20.2	265	2	19	5.063	42.064	39.014-45.114	9.078	3.818-14.338	0.543	0.491-0.595	101.0	0.145
671	315	TO	20	20.2	265	3	22	9.520	32.937	26.807-39.067	7.251	-6.019-20.521	0.502	0.465-0.539	99.7	0.166
671	304	TO	20	21.4	270	3	26	16.200	28.780	-167041.170-167098.730	0.156	-118589.434-118589.746	0.539	0.512-0.567	133.0	0.003
671	305	TO	20	21.4	270	3	21	5.323	38.606	36.006-41.206	9.809	6.019-13.599	0.392	0.353-0.431	129.6	0.029
671	306	TO	20	21.4	270	3	21	6.370	38.007	35.717-40.297	7.655	4.275-11.035	0.431	0.395-0.467	129.9	0.032
671	307	TO	20	21.4	270	3	25	18.030	40.646	38.167-42.476	7.747	5.087-10.407	0.492	0.457-0.527	106.1	0.397
671	308	TO	20	21.4	270	3	21	1.476	49.753	43.523-55.983	16.060	10.330-21.790	0.505	0.413-0.598	119.8	0.051
671	309	TO	20	21.4	270	2	18	1.677	43.316	36.766-49.866	14.905	6.605-23.205	0.536	0.440-0.632	130.6	0.015
678	1059	TO	20	21.4	270	3	25	25.812	46.514	44.724-48.304	7.482	5.342-9.622	0.555	0.516-0.594	102.2	0.365
678	1060	TO	20	21.4	270	3	24	20.560	39.097	35.007-43.187	10.747	3.127-18.367	0.485	0.433-0.538	153.8	0.001
678	1061	TO	20	21.4	270	3	20	53.385	41.477	36.167-46.787	16.694	8.814-24.574	0.588	0.522-0.653	126.7	0.049
667	170	TO	22	22.9	243	4	19	16.221	34.379	32.429-36.329	7.382	4.052-10.712	0.486	0.461-0.511	115.1	0.428
667	171	TO	22	22.9	243	4	19	25.319	35.338	33.828-36.848	6.147	4.087-8.207	0.475	0.452-0.497	141.1	0.056
667	172	TO	22	22.9	243	4	14	11.480	40.778	37.398-44.158	10.405	5.745-15.065	0.467	0.413-0.522	153.7	0.005
681	1190	TO	22	22.9	243	5	15	52.706	43.831	40.141-47.521	10.537	2.447-18.627	0.516	0.468-0.563	80.3	0.654
681	1191	TO	22	22.9	243	5	14	88.145	43.347	40.867-45.827	6.362	2.372-10.352	0.470	0.436-0.505	101.6	0.135
681	1192	TO	22	22.9	243	2	19	70.900	47.028	42.698-51.358	12.002	4.372-19.632	0.474	0.408-0.540	134.7	0.006
671	337	TO	24	24.6	212	4	24	5.220	44.984	43.274-46.694	6.338	4.058-8.618	0.450	0.413-0.487	102.1	0.343
671	338	TO	24	24.6	212	3	20	4.786	42.498	41.028-43.968	5.115	3.215-7.015	0.478	0.445-0.510	90.0	0.374
671	339	TO	24	24.6	212	3	16	5.450	48.736	45.776-51.696	10.534	7.154-13.914	0.454	0.398-0.510	83.4	0.836
671	340	TO	24	24.6	212	3	19	5.191	40.096	37.846-42.346	8.918	5.048-12.788	0.423	0.386-0.461	111.0	0.066
671	341	TO	24	24.6	212	3	19	8.867	49.633	47.113-52.153	8.956	6.136-11.776	0.502	0.452-0.552	110.8	0.114
671	342	TO	24	24.6	212	3	21	7.524	44.284	38.684-49.884	17.597	7.747-27.447	0.552	0.485-0.619	109.2	0.168
667	173	TO	24	25.1	198	3	17	12.462	48.351	33.841-42.861	14.852	5.552-24.152	0.491	0.437-0.545	107.2	0.133
667	174	TO	24	25.1	198	3	22	16.594	30.669	25.079-36.259	7.636	1.266-14.406	0.451	0.418-0.484	157.0	0.000
667	176	TO	24	25.1	198	3	16	15.638	35.720	28.830-42.610	19.231	5.371-33.091	0.431	0.357-0.504	62.6	0.173
671	343	TO	24	25.1	198	3	23	4.937	47.481	45.011-49.951	9.565	7.425-11.705	0.626	0.575-0.678	101.3	0.687
671	350	TO	24	25.1	198	3	26	8.984	47.499	45.699-49.299	6.639	4.299-8.979	0.419	0.382-0.456	105.8	0.123
678	993	TO	26	27.1	217	2	16	30.305	50.201	47.341-53.061	11.308	8.708-13.908	0.297	0.250-0.344	92.4	0.899
678	994	TO	26	27.1	217	2	22	26.163	50.762	47.172-54.352	12.165	8.985-15.345	0.361	0.301-0.422	109.4	0.390
678	995	TO	26	27.1	217	2	18	26.924	50.107	48.097-52.117	8.078	6.098-10.058	0.469	0.419-0.518	95.4	0.803
678	996	TO	26	27.1	217	2	16	19.837	59.412	55.422-63.402	12.488	10.218-14.758	0.508	0.421-0.595	133.0	0.051
678	997	TO	26	27.1	217	2	19	21.881	60.797	56.857-64.737	10.395	9.045-11.745	0.782	0.698-0.867	87.8	0.923
678	998	TO	26	27.1	217	2	20	28.123	57.323	52.213-62.433	13.887	10.797-16.977	0.593	0.499-0.687	123.9	0.248
671	316	TO	26	27.8	208	2	22	8.943	53.362	49.902-56.822	9.659	7.589-11.729	0.520	0.426-0.614	143.9	0.006
671	317	TO	26	27.8	208	2	24	9.979	52.756	50.496-55.016	7.331	5.721-8.941	0.552	0.488-0.616	96.3	0.559
671	318	TO	26	27.8	208	2	21	7.721	52.568	49.838-55.298	9.280	7.000-11.560	0.465	0.407-0.524	79.6	0.900
671	319	TO	26	27.8	208	2	20	10.659	45.503	40.443-50.563	13.342	7.002-19.682	0.525	0.447-0.603	123.9	0.021
671	320	TO	26	27.8	208	2	23	14.615	43.095	41.185-45.005	7.419	4.939-9.899	0.459	0.419-0.499	98.8	0.516
671	321	TO	26	27.8	208	3	26	15.604	43.434	41.004-45.864	9.918	6.358-13.478	0.461	0.418-0.505	113.1	0.112
671	329	TO	26	27.8	208	4	18	7.379	50.878	48.738-53.018	7.595	5.475-9.715	0.842	0.815-0.869	97.0	0.288
671	363	TO	26	27.8	144	1	20	10.801	50.141	46.831-53.451	9.938	5.848-14.028	0.497	0.442-0.551	100.3	0.139
678	1052	TO	28	29.4	203	4	19	80.359	57.245	52.465-62.025	11.965	9.455-14.475	0.685	0.593-0.778	101.0	0.425
678	1053	TO	28	29.4	203	4	15	64.343	42.974	38.414-47.534	11.128	5.178-17.078	0.477	0.401-0.553	94.3	0.253
678	1054	TO	28	29.4	203	4	20	55.725	49.839	45.559-54.119	12.426	8.816-16.036	0.405	0.331-0.478	150.4	0.008
678	1055	TO	28	29.4	203	4	24	9.729	56.226	49.936-62.516	13.930	9.310-18.550	0.513	0.398-0.628	143.7	0.002
681	1193	TO	28	29.4	203	2	19	41.184	54.884	50.144-59.624	13.006	8.106-17.906	0.488	0.410-0.567	93.4	0.583
681	1194	TO	28	29.4	203	3	19	73.528	52.616	46.536-58.696	16.081	10.031-22.131	0.583	0.494-0.673	109.8	0.176
678	999	TO	30	31.6	185	3	22	32.466	78.479	54.579-102.379	21.091	16.651-25.531	0.851	0.615-1.087	139.4	0.030
678	1000	TO	30	31.6	185	3	20	24.006	60.290	56.800-63.780	9.464	8.114-10.814	0.514	0.403-0.624	114.3	0.449
678	1001	TO	30	31.6	185	4	25	17.745	60.630	48.360-72.900	18.703	13.283-24.123	0.469	0.270-0.669	140.4	0.023
678	1002	TO	30	31.6	185	4	16	12.508	51.760	48.340-55.180	12.626	10.056-15.196	0.384	0.322-0.445	103.5	0.606
678	1004	TO	30	31.6	185	3	21	16.640	63.981	57.231-70.731	11.883	9.743-14.023	0.572	0.385-0.758	138.7	0.038
678	1056	TO	30	31.6	185	3	19	19.449	50.802	45.522-56.082	12.446	7.646-17.246	0.179	0.125-0.234	67.0	0.989
671	322	TO	30	32.2	184	4	19	6.657	52.321	50.221-54.421	8.075	6.425-9.725	0.497	0.442-0.552	104.5	0.385
671	323	TO	30	32.2	184	4	19	7.587	52.304	50.174-54.434	7.142					

### 15.1.2.2 T45 – Steerte - Ergebnisse der Einzelhols

**Abbildung 101:** Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T45-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.

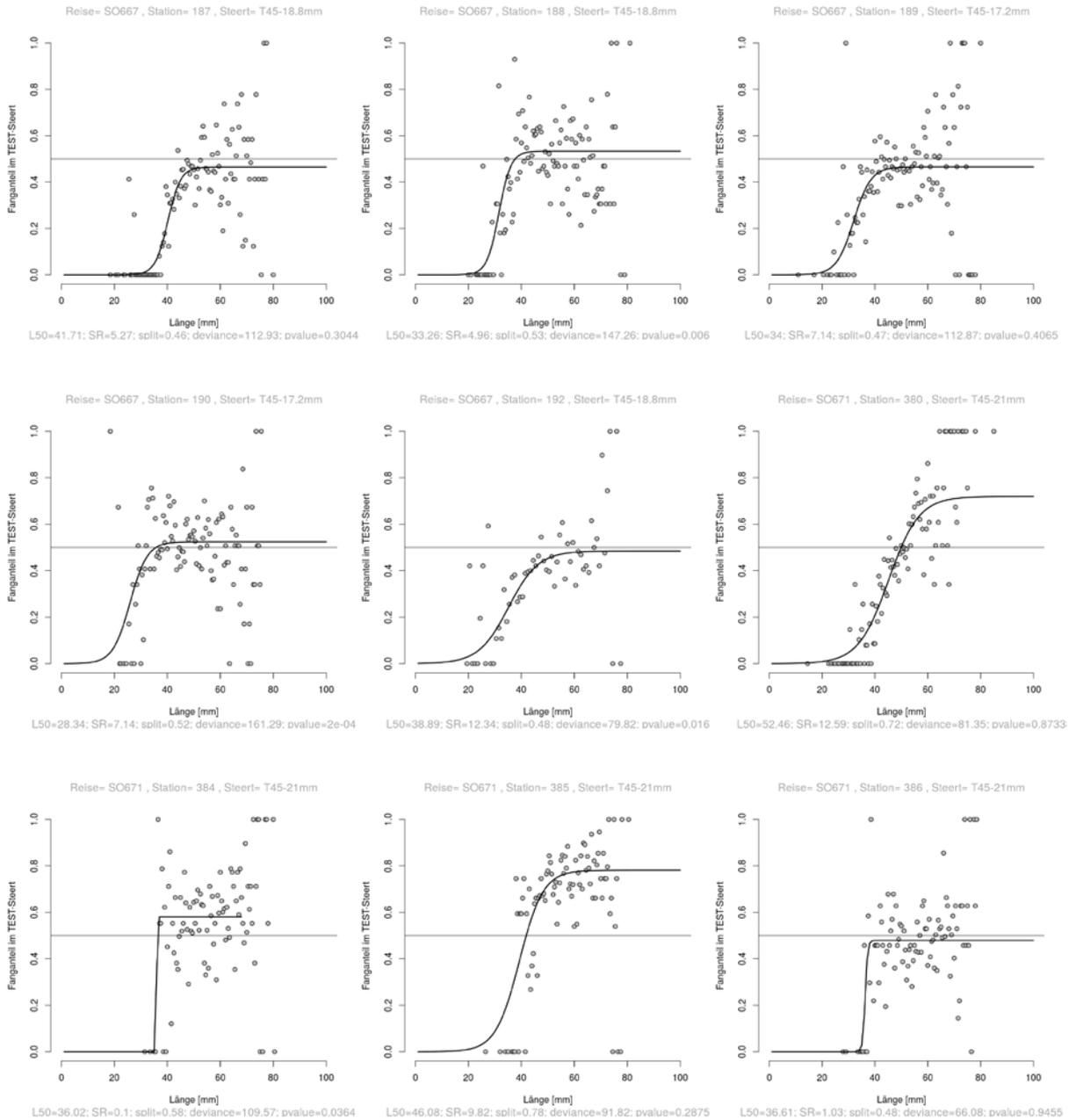


Abbildung 101: Fortsetzung 1

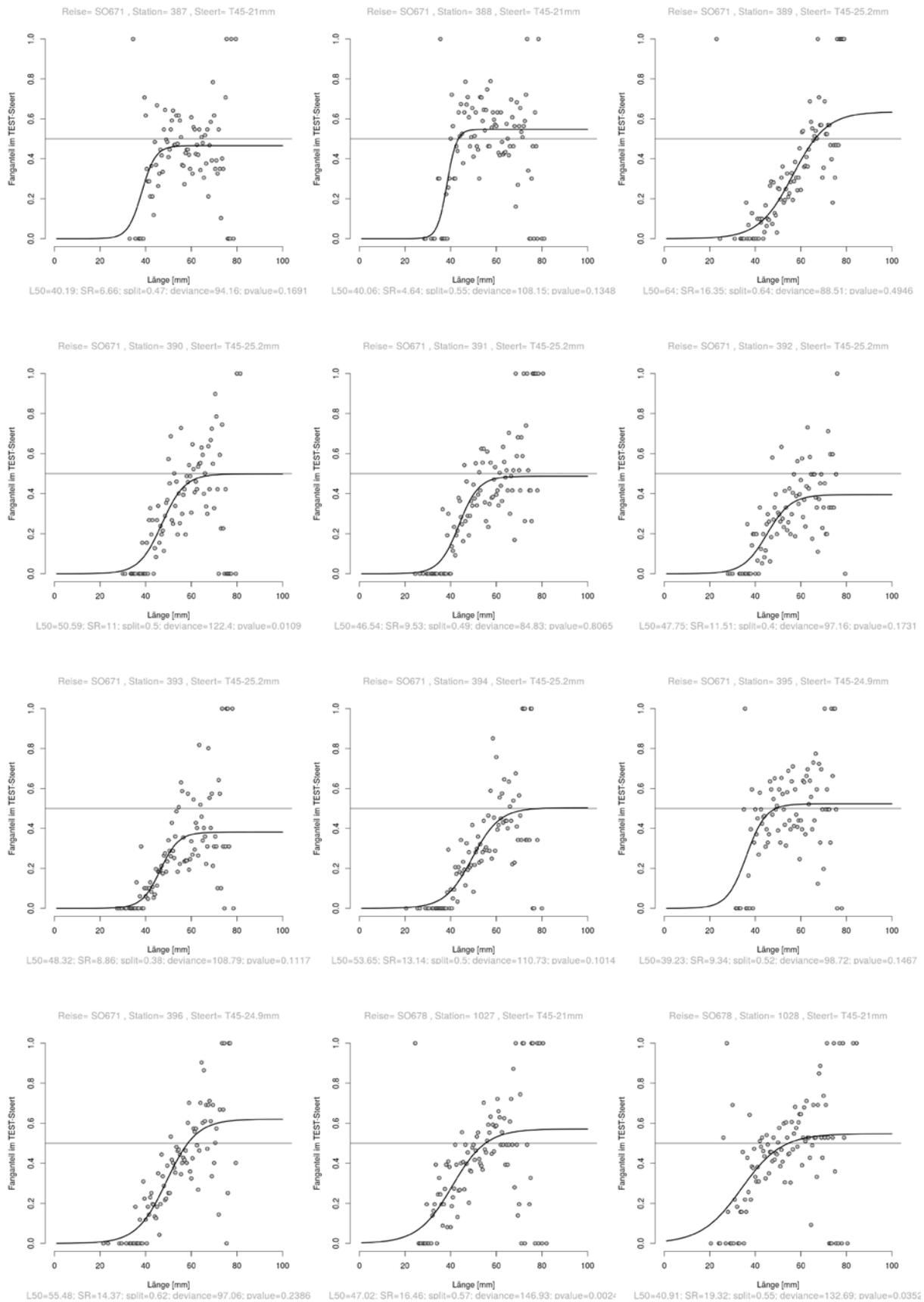


Abbildung 101: Fortsetzung 2

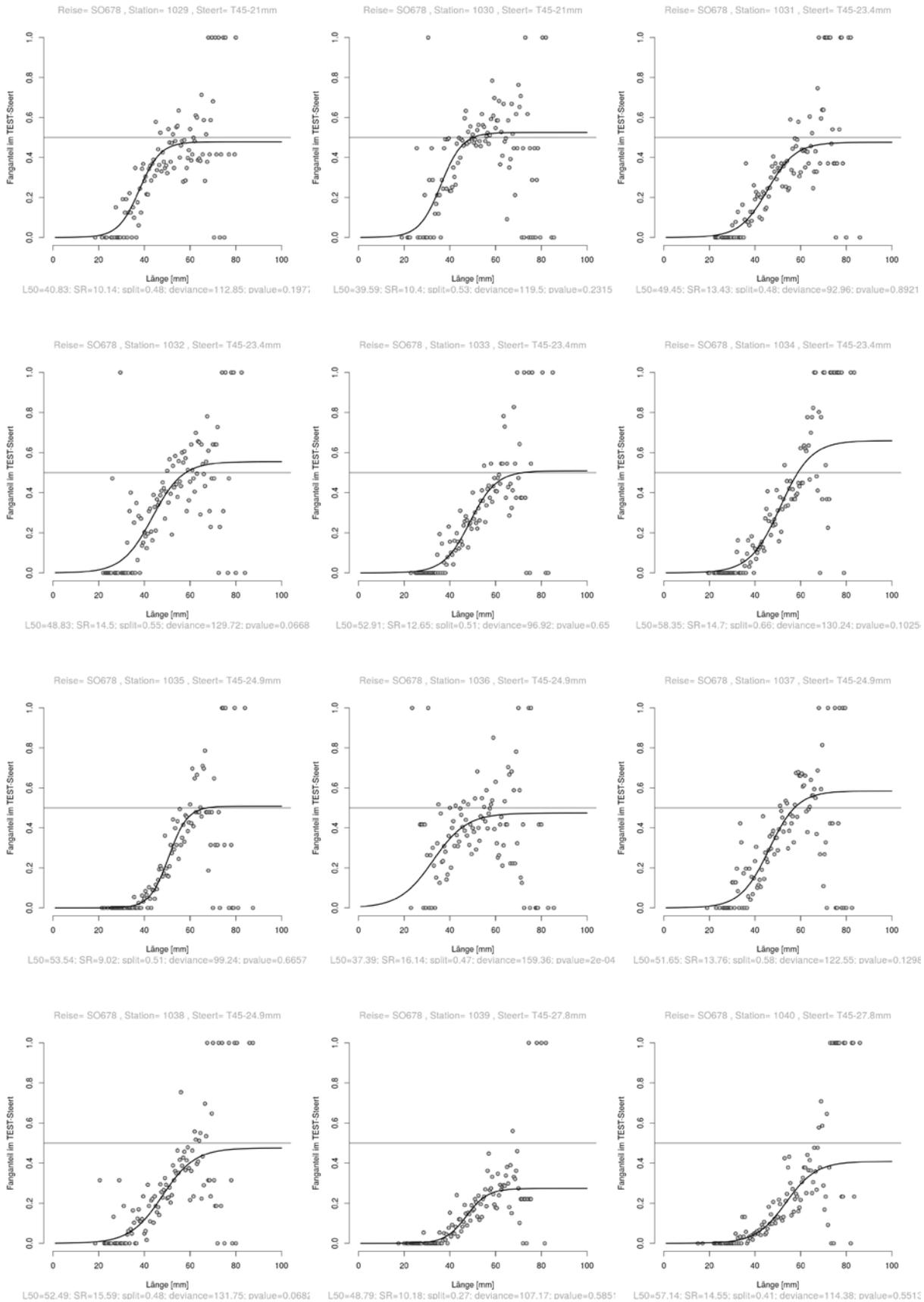


Abbildung 101: Fortsetzung 3

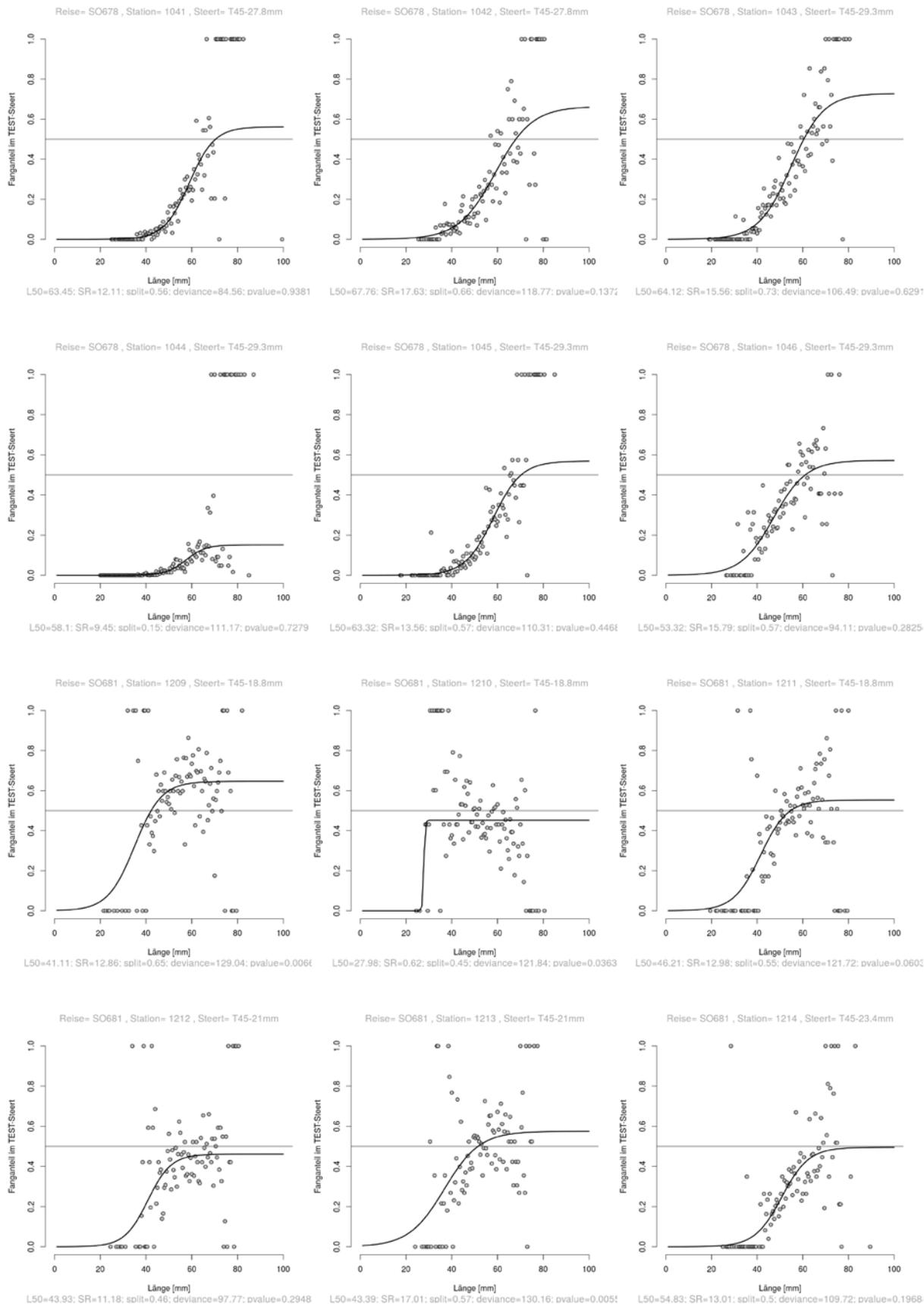
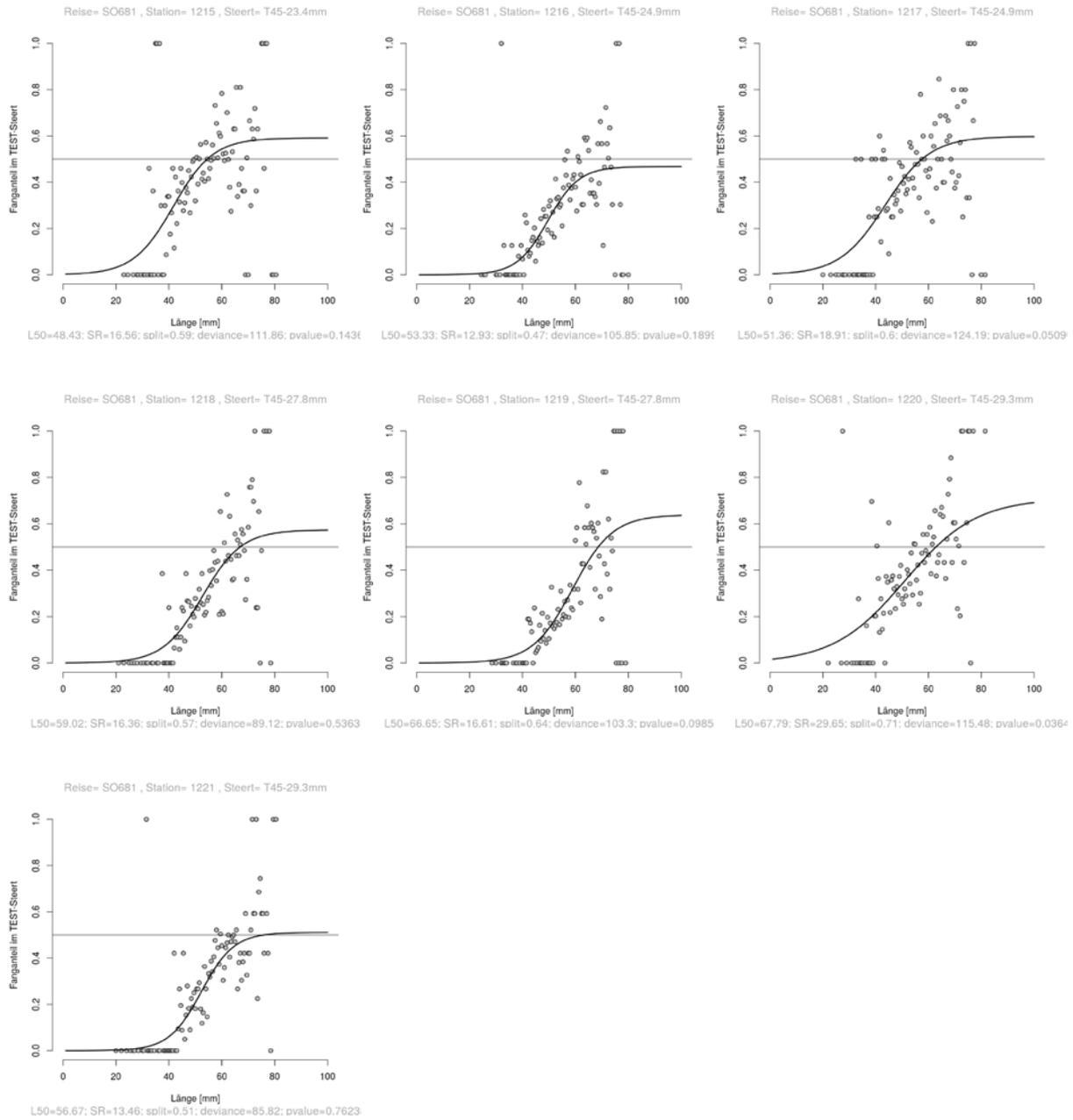


Abbildung 101: Fortsetzung 4



**Tabelle 63:** Holübersicht für T45-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).

Reise	Station	Maschentyp	MÖ nominal [mm]	MÖ gemessen [mm]	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	189	T45	15	17.2	386	1	21	8.291	34.002	32.002-36.002	7.143	4.343-9.943	0.465	0.441-0.490	112.9	0.407
667	190	T45	15	17.2	386	1	23	17.244	28.338	24.468-32.208	7.139	2.659-11.619	0.524	0.498-0.551	161.3	0.000
667	187	T45	18	18.8	292	1	22	15.880	41.712	40.392-43.032	5.268	3.538-6.998	0.465	0.436-0.494	112.9	0.304
667	188	T45	18	18.8	292	1	23	19.051	33.262	31.112-35.412	4.960	2.620-7.300	0.533	0.505-0.561	147.3	0.006
667	192	T45	18	18.8	292	3	21	10.142	38.888	35.218-42.558	12.340	6.900-17.780	0.485	0.432-0.538	79.8	0.016
681	1209	T45	18	18.8	292	4	18	100.335	41.107	35.547-46.667	12.864	4.264-21.464	0.646	0.599-0.694	129.0	0.007
681	1210	T45	18	18.8	292	4	19	178.724	27.977	21.887-34.067	0.624	-7.697-8.944	0.452	0.424-0.480	121.8	0.036
681	1211	T45	18	18.8	292	4	18	68.074	46.213	42.623-49.803	12.975	7.265-18.685	0.553	0.503-0.604	121.7	0.060
671	380	T45	20	21.0	142	3	16	3.724	52.462	46.402-58.522	12.594	8.924-16.264	0.719	0.617-0.821	81.4	0.873
671	384	T45	20	21.0	142	2	23	19.993	36.020	15.340-56.700	0.100	-4.470-4.670	0.580	0.547-0.614	109.6	0.036
671	385	T45	20	21.0	142	2	22	19.489	46.075	42.855-49.295	9.825	4.215-15.435	0.781	0.746-0.817	91.8	0.288
671	386	T45	20	21.0	142	2	26	20.393	36.609	35.039-38.179	1.030	-0.550-2.610	0.479	0.449-0.510	66.1	0.946
671	387	T45	20	21.0	142	2	23	18.144	40.188	36.508-43.868	6.665	1.675-11.655	0.466	0.432-0.499	94.2	0.169
671	388	T45	20	21.0	142	2	21	15.773	40.062	38.232-41.892	4.638	2.188-7.088	0.548	0.517-0.578	108.2	0.135
678	1027	T45	20	21.0	270	3	21	187.340	47.023	41.013-53.033	16.456	9.256-23.656	0.572	0.494-0.649	146.9	0.002
678	1028	T45	20	21.0	270	2	22	157.794	40.914	33.444-48.384	19.322	5.362-33.282	0.548	0.464-0.632	132.7	0.035
678	1029	T45	20	21.0	270	2	25	146.917	40.825	38.265-43.385	10.143	6.083-14.203	0.478	0.440-0.516	112.9	0.198
678	1030	T45	20	21.0	270	2	21	105.100	39.592	37.052-42.132	10.402	6.682-14.122	0.525	0.491-0.560	119.5	0.232
681	1212	T45	20	21.0	270	4	22	29.100	43.930	39.980-47.880	11.181	4.341-18.021	0.461	0.415-0.508	97.8	0.295
681	1213	T45	20	21.0	270	4	16	111.556	43.392	36.462-50.322	17.007	5.367-28.647	0.575	0.494-0.656	130.2	0.006
678	1031	T45	22	23.4	242	2	17	75.815	49.449	44.919-53.979	13.431	8.921-17.941	0.476	0.405-0.546	93.0	0.862
678	1032	T45	22	23.4	242	2	16	101.038	48.835	44.605-53.065	14.503	9.953-19.053	0.555	0.492-0.618	129.7	0.067
678	1033	T45	22	23.4	242	2	26	29.749	52.912	48.452-57.372	12.650	9.330-15.970	0.509	0.426-0.593	96.9	0.650
678	1034	T45	22	23.4	242	3	27	18.722	58.354	50.704-66.004	14.701	11.141-18.261	0.660	0.525-0.795	130.2	0.103
681	1214	T45	22	23.4	242	9	19	19.889	54.834	49.984-59.684	13.010	8.190-17.830	0.495	0.408-0.583	109.7	0.197
681	1215	T45	22	23.4	242	9	17	119.358	48.430	42.560-54.300	16.565	9.195-23.935	0.591	0.511-0.671	111.9	0.144
671	395	T45	24	24.9	132	3	21	13.015	39.231	35.451-43.011	9.338	1.248-17.428	0.523	0.478-0.569	98.7	0.147
671	396	T45	24	24.9	132	2	23	14.066	55.484	48.874-62.094	14.367	9.297-19.437	0.620	0.516-0.725	97.1	0.239
678	1035	T45	24	24.9	228	3	24	19.275	53.545	50.925-56.165	9.015	7.225-10.805	0.508	0.442-0.575	99.2	0.666
678	1036	T45	24	24.9	228	3	18	160.968	37.394	32.044-42.744	16.139	5.739-26.539	0.474	0.416-0.532	159.4	0.000
678	1037	T45	24	24.9	228	3	20	130.897	51.650	47.600-55.700	13.759	10.289-17.229	0.585	0.517-0.652	122.6	0.130
678	1038	T45	24	24.9	228	2	15	56.989	52.488	47.038-57.938	15.587	11.387-19.787	0.475	0.389-0.561	131.8	0.068
681	1216	T45	24	24.9	228	9	16	80.794	53.329	49.239-57.419	12.932	9.242-16.622	0.468	0.392-0.544	105.9	0.190
681	1217	T45	24	24.9	228	9	13	89.271	51.358	43.068-59.648	18.907	8.927-28.887	0.598	0.500-0.696	124.2	0.051
671	389	T45	24	25.2	122	2	21	10.848	64.000	53.480-74.520	16.354	11.224-21.484	0.635	0.465-0.806	88.5	0.495
671	390	T45	24	25.2	122	2	22	11.669	50.587	45.617-55.557	10.997	4.487-17.507	0.499	0.423-0.574	122.4	0.011
671	391	T45	24	25.2	122	3	24	13.053	46.536	43.266-49.806	9.529	4.809-14.249	0.487	0.431-0.542	84.8	0.807
671	392	T45	24	25.2	122	3	22	9.716	47.748	43.598-51.898	11.512	5.652-17.372	0.395	0.334-0.456	97.2	0.173
671	393	T45	24	25.2	122	3	22	17.150	48.323	45.713-50.933	8.857	5.607-12.107	0.382	0.334-0.430	108.8	0.112
671	394	T45	24	25.2	122	3	22	10.424	53.649	48.349-58.949	13.138	8.568-17.708	0.503	0.413-0.593	110.7	0.101
678	1039	T45	26	27.8	223	2	20	37.256	48.792	45.932-51.652	10.179	7.639-12.719	0.274	0.231-0.317	107.2	0.585
678	1040	T45	26	27.8	223	2	21	52.845	57.139	51.149-63.129	14.550	11.040-18.060	0.409	0.309-0.509	114.4	0.551
678	1041	T45	26	27.8	223	2	21	8.022	63.451	56.481-70.421	12.114	9.774-14.454	0.562	0.381-0.743	84.6	0.938
678	1042	T45	26	27.8	223	2	21	24.468	67.757	56.017-79.497	17.633	13.803-21.463	0.663	0.462-0.865	118.8	0.137
681	1218	T45	26	27.8	223	5	19	21.168	59.023	50.213-67.833	16.360	9.720-23.000	0.574	0.440-0.708	89.1	0.536
681	1219	T45	26	27.8	223	5	17	11.103	66.646	55.466-77.826	16.609	11.269-21.949	0.639	0.453-0.826	103.3	0.099
678	1043	T45	28	29.3	208	2	18	22.667	64.117	53.197-75.037	15.562	11.892-19.232	0.728	0.553-0.904	106.5	0.629
678	1044	T45	28	29.3	208	3	19	5.000	58.099	54.619-61.579	9.446	7.726-11.166	0.151	0.104-0.199	111.2	0.728
678	1045	T45	28	29.3	208	3	13	64.484	63.319	55.689-70.949	13.564	10.824-16.304	0.569	0.394-0.744	110.3	0.447
678	1046	T45	28	29.3	208	3	21	29.657	53.325	46.405-60.245	15.792	10.152-21.432	0.573	0.467-0.678	94.1	0.283
681	1220	T45	28	29.3	208	5	15	144.051	67.793	16.803-118.783	29.653	5.203-54.103	0.710	0.273-1.146	115.5	0.036
681	1221	T45	28	29.3	208	5	16	105.947	56.675	51.035-62.315	13.459	8.149-18.769	0.511	0.418-0.604	85.8	0.762

### 12.1.2.3 T90 – Steerte - Ergebnisse der Einzelhols

**Abbildung 102:** Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T90-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.

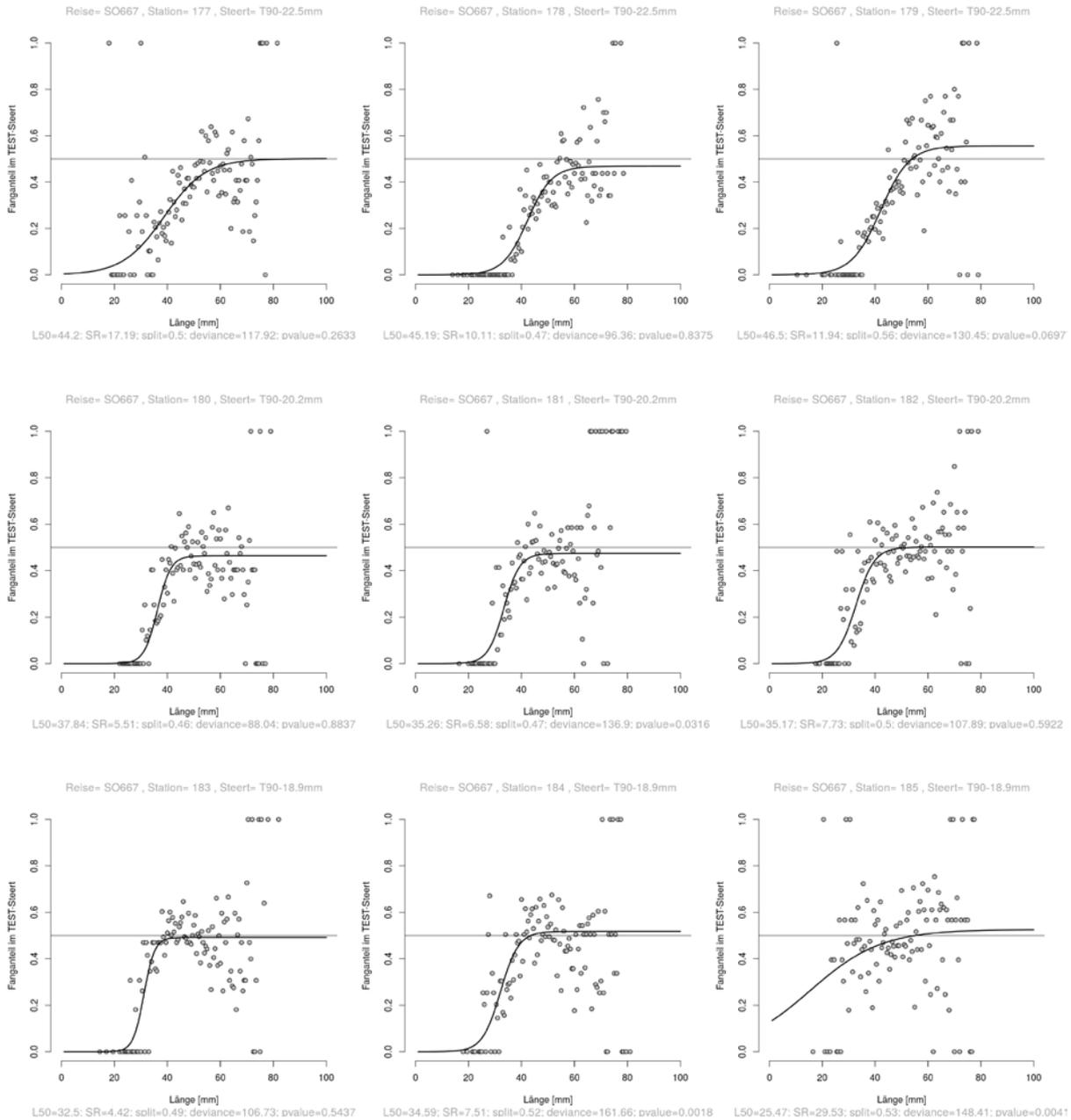


Abbildung 102: Fortsetzung 1

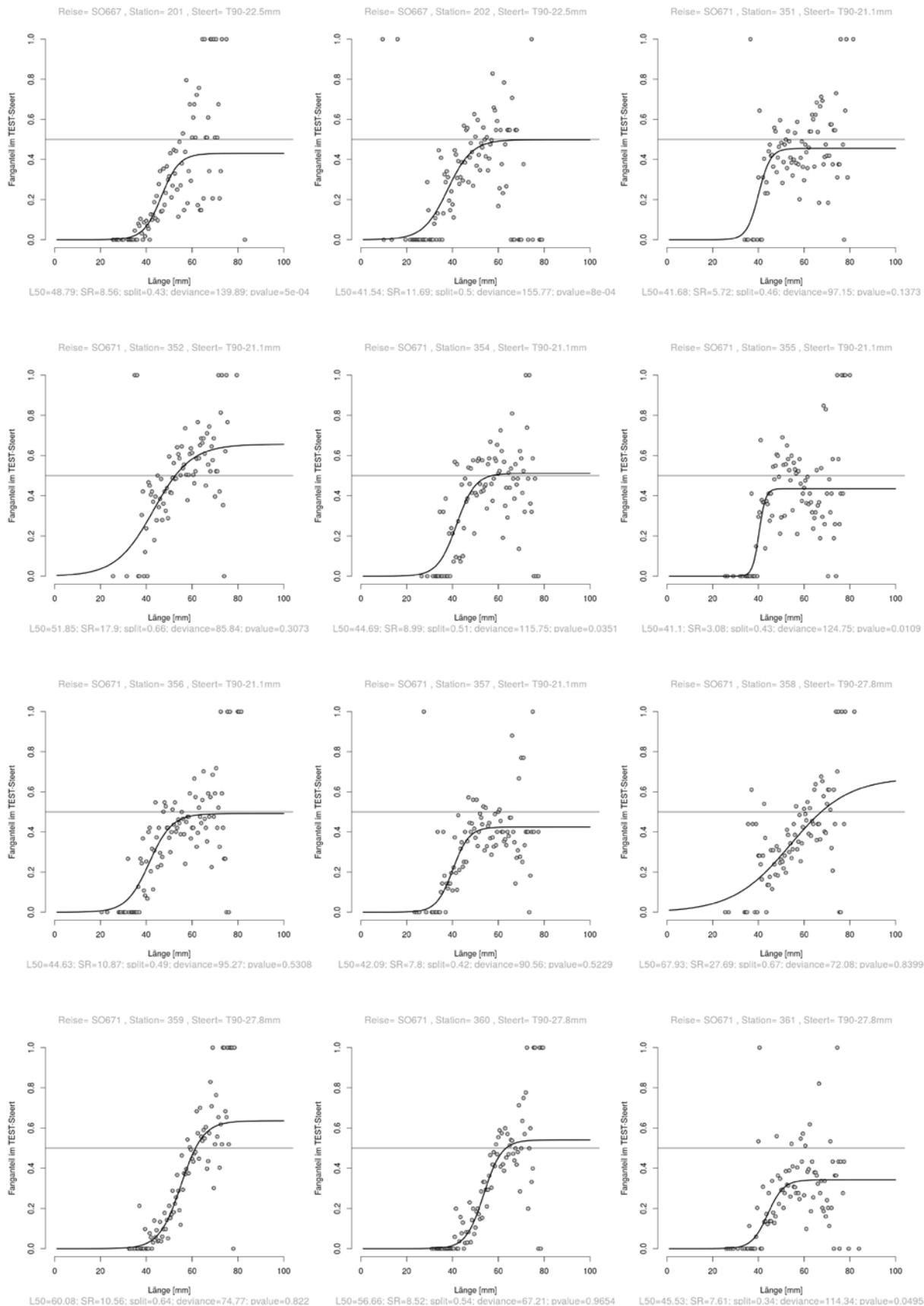


Abbildung 102: Fortsetzung 2

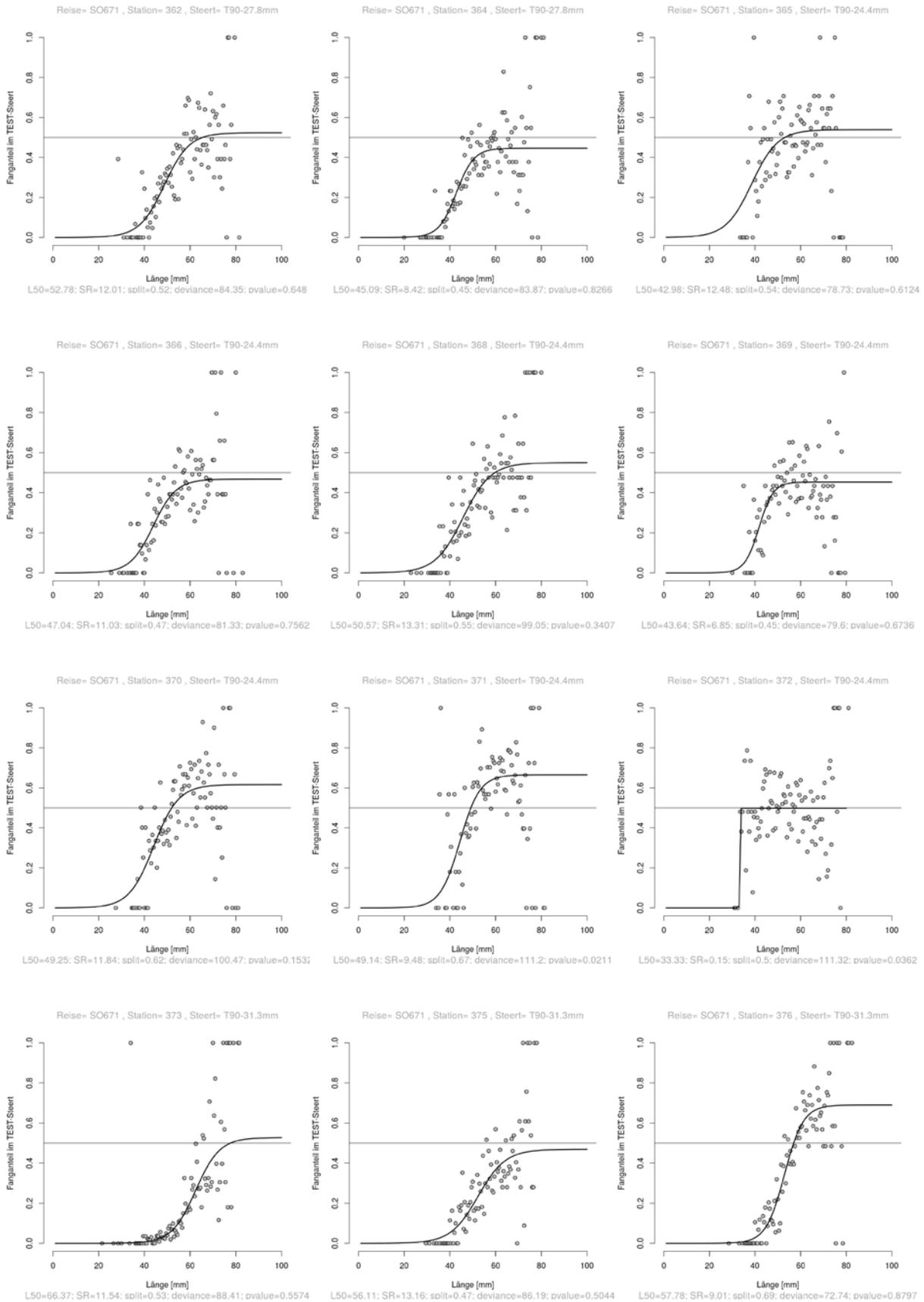


Abbildung 102: Fortsetzung 3

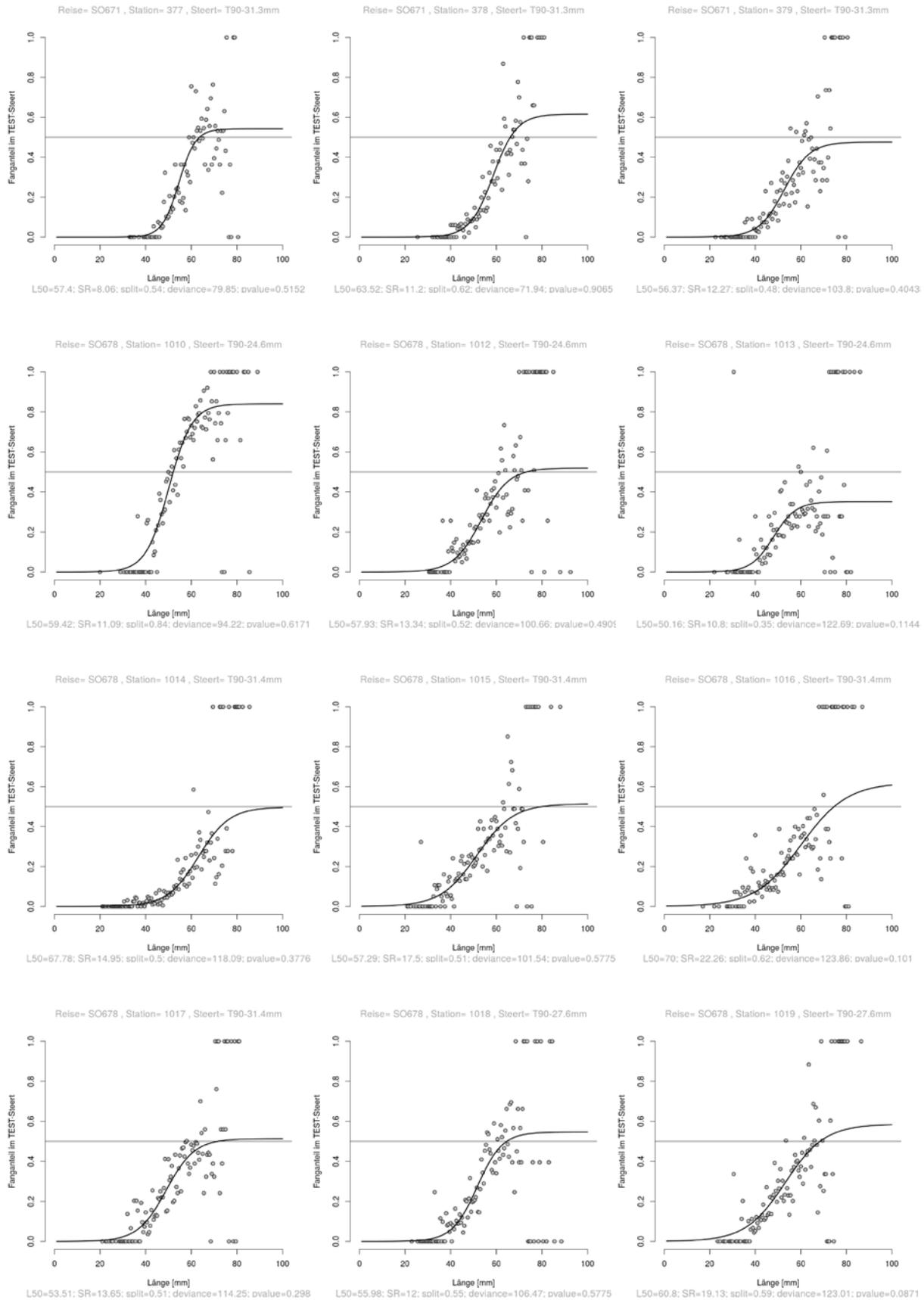


Abbildung 102: Fortsetzung 4

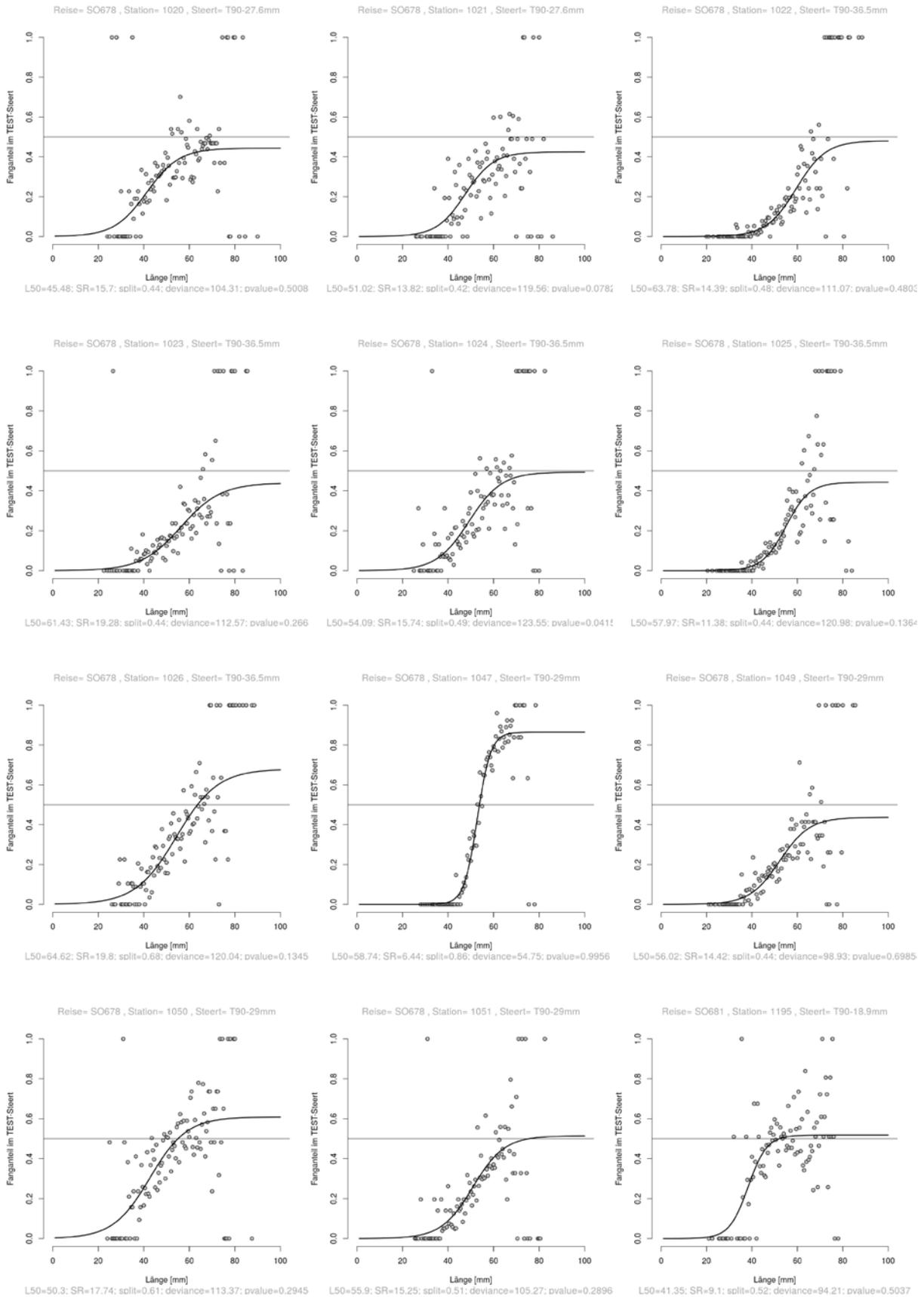
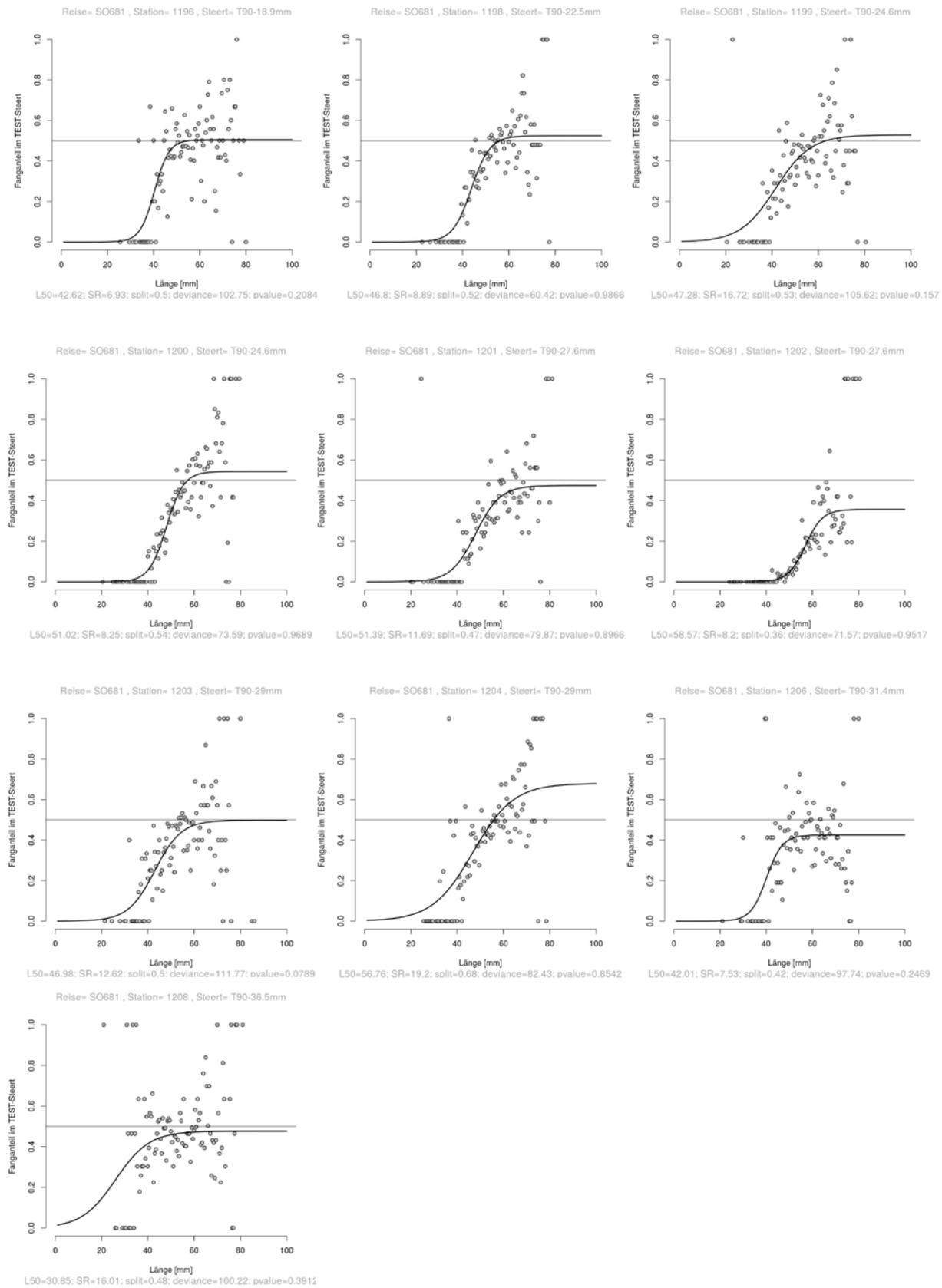


Abbildung 102: Fortsetzung 5



**Tabelle 64:** Holübersicht für T90-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).

Reise	Station	Maschentyp	MÖ nominal [mm]	MÖ gemessen [mm]	Anzahl Maschen im Umfang	Seegang	Anzahl Arten im Test-Steert	Gesamtfang im Test-Steert	L50	L50 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall	Devianz	p-Wert
667	183	T90	18	18,8	195	3	23	10.924	32.502	30.662-34.342	4.417	2.187-6.647	0.492	0.469-0.514	106,7	0.544
667	184	T90	18	18,8	195	3	25	17.923	34.594	32.484-36.704	7.513	4.853-10.173	0.518	0.490-0.546	161,7	0.002
667	185	T90	18	18,8	195	3	23	18.322	25.466	9.146-41.786	29.525	-41.435-100.485	0.526	0.373-0.680	148,4	0.004
681	1195	T90	18	18,8	195	3	20	91.043	41.348	38.298-44.398	9.101	4.381-13.821	0.518	0.480-0.556	94,2	0.504
681	1196	T90	18	18,8	195	3	22	45.915	42.619	40.409-45.189	6.927	2.947-10.907	0.505	0.469-0.541	102,8	0.208
667	180	T90	20	20,2	190	3	17	16.518	37.844	36.404-39.284	5.513	3.733-7.293	0.464	0.438-0.490	88,0	0.884
667	181	T90	20	20,2	190	3	21	18.379	35.262	33.452-37.072	6.583	3.953-9.213	0.474	0.445-0.503	136,9	0.032
667	182	T90	20	20,2	190	3	21	13.305	35.174	33.274-37.074	7.733	4.683-10.783	0.501	0.476-0.527	107,9	0.592
671	351	T90	20	21,1	190	2	25	6.782	41.676	39.016-44.336	5.718	1.258-10.178	0.455	0.425-0.485	97,2	0.137
671	352	T90	20	21,1	190	2	17	5.866	51.850	43.950-59.750	17.901	8.461-27.341	0.656	0.561-0.751	85,8	0.307
671	354	T90	20	21,1	190	2	24	8.756	44.688	41.788-47.588	8.995	4.585-13.405	0.512	0.461-0.562	115,8	0.035
671	355	T90	20	21,1	190	2	26	12.073	41.099	39.039-43.159	3.079	0.159-5.999	0.435	0.396-0.473	124,8	0.011
671	356	T90	20	21,1	190	2	26	17.336	44.630	41.060-48.200	10.873	5.303-16.443	0.492	0.435-0.548	95,3	0.531
671	357	T90	20	21,1	190	2	27	22.032	42.092	40.142-44.042	7.802	4.942-10.662	0.425	0.389-0.460	90,6	0.523
667	177	T90	22	22,5	182	3	14	15.812	44.201	39.741-48.661	17.190	11.560-22.820	0.501	0.442-0.559	117,9	0.263
667	178	T90	22	22,5	182	3	14	3.677	45.195	42.175-48.215	10.107	6.387-13.827	0.469	0.415-0.523	96,4	0.838
667	179	T90	22	22,5	182	3	16	14.499	46.497	43.597-49.397	11.936	8.836-15.036	0.556	0.506-0.606	130,5	0.070
667	201	T90	22	22,5	182	4	18	1.619	48.789	45.139-52.439	8.557	5.467-11.647	0.430	0.336-0.524	139,9	0.001
667	202	T90	22	22,5	182	3	21	9.921	41.542	37.742-45.342	11.694	7.114-16.274	0.499	0.437-0.560	155,8	0.001
681	1198	T90	22	22,5	182	5	15	130.393	46.796	44.126-49.466	8.891	4.861-12.921	0.525	0.472-0.577	60,4	0.987
671	365	T90	24	24,4	154	1	22	9.758	42.983	38.303-47.663	12.475	0.725-24.225	0.539	0.477-0.600	78,7	0.612
671	366	T90	24	24,4	154	1	21	10.147	47.035	43.555-50.515	11.034	6.214-15.854	0.468	0.409-0.527	81,3	0.756
671	368	T90	24	24,4	154	1	18	2.585	50.567	45.557-55.577	13.312	7.632-18.992	0.550	0.472-0.627	99,1	0.341
671	369	T90	24	24,4	154	1	21	7.357	43.642	41.502-45.782	6.850	3.650-10.050	0.453	0.419-0.488	79,6	0.674
671	370	T90	24	24,4	154	1	22	8.126	49.250	45.580-52.920	11.843	6.993-16.693	0.616	0.563-0.669	100,5	0.153
671	371	T90	24	24,4	154	2	22	7.916	49.142	46.222-52.062	9.481	5.311-13.651	0.665	0.619-0.712	111,2	0.021
671	372	T90	24	24,4	154	2	24	13.522	33.330	23.550-43.110	0.147	-8.473-8.767	0.499	0.470-0.527	111,3	0.036
678	1010	T90	24	24,6	144	2	17	24.263	59.417	54.887-63.947	11.090	8.490-13.690	0.840	0.782-0.898	94,2	0.617
678	1012	T90	24	24,6	144	2	23	10.129	57.931	52.311-63.551	13.339	9.509-17.169	0.519	0.409-0.630	100,7	0.612
678	1013	T90	24	24,6	144	2	24	28.329	50.156	47.006-53.306	10.795	6.735-14.855	0.351	0.301-0.401	122,7	0.114
681	1199	T90	24	24,6	144	5	17	93.023	47.276	40.226-54.326	16.720	5.930-27.510	0.529	0.433-0.625	105,6	0.157
681	1200	T90	24	24,6	144	6	16	97.497	51.020	48.530-53.510	8.245	5.645-10.845	0.543	0.485-0.601	73,6	0.969
678	1018	T90	26	27,6	145	4	18	35.966	55.979	52.219-59.739	12.004	9.384-14.624	0.547	0.470-0.623	106,5	0.578
678	1019	T90	26	27,6	145	4	13	33.522	60.795	45.195-76.395	19.133	10.783-27.483	0.586	0.363-0.809	123,0	0.087
678	1020	T90	26	27,6	145	4	18	102.583	45.481	40.611-50.351	15.698	8.468-22.928	0.443	0.382-0.505	104,3	0.501
678	1021	T90	26	27,6	145	4	14	97.817	51.022	45.212-56.832	13.819	6.859-20.779	0.425	0.343-0.507	119,6	0.078
681	1201	T90	26	27,6	145	6	18	55.771	51.393	47.803-54.983	11.693	6.923-16.463	0.474	0.413-0.535	79,9	0.897
681	1202	T90	26	27,6	145	5	21	24.551	58.575	55.745-61.405	8.199	6.089-10.309	0.356	0.290-0.423	71,6	0.952
671	358	T90	26	27,8	144	1	20	8.284	67.931	31.991-103.871	27.686	8.526-46.846	0.671	0.334-1.008	72,1	0.840
671	359	T90	26	27,8	144	1	20	6.101	60.078	55.998-64.158	10.564	8.144-12.984	0.636	0.546-0.726	74,8	0.822
671	360	T90	26	27,8	144	1	19	4.006	56.662	54.002-59.322	8.522	6.522-10.522	0.541	0.476-0.605	67,2	0.965
671	361	T90	26	27,8	144	1	19	2.255	45.532	43.002-48.062	7.608	4.138-11.078	0.342	0.300-0.385	114,3	0.050
671	362	T90	26	27,8	144	1	24	5.809	52.780	48.880-56.680	12.006	8.046-15.966	0.524	0.457-0.590	84,4	0.648
671	364	T90	26	27,8	144	1	22	14.586	45.093	42.883-47.303	8.424	5.324-11.524	0.446	0.404-0.489	83,9	0.827
678	1047	T90	28	29,0	146	3	19	9.497	58.744	56.444-61.044	6.437	5.277-7.597	0.864	0.823-0.905	54,8	0.996
678	1049	T90	28	29,0	146	4	15	66.234	56.022	50.212-61.832	14.423	10.723-18.123	0.437	0.337-0.537	98,9	0.699
678	1050	T90	28	29,0	146	4	17	165.189	50.303	43.363-57.243	17.736	10.656-24.816	0.609	0.523-0.695	113,4	0.295
678	1051	T90	28	29,0	146	4	13	100.941	55.903	49.553-62.253	15.249	10.919-19.579	0.514	0.405-0.623	105,3	0.290
681	1203	T90	28	29,0	146	5	16	103.243	46.983	43.083-50.883	12.624	7.074-18.174	0.498	0.433-0.563	111,8	0.079
681	1204	T90	28	29,0	146	4	15	109.228	56.763	44.403-69.123	19.198	9.678-28.718	0.680	0.536-0.823	82,4	0.854
671	373	T90	30	31,3	136	3	19	5.488	66.367	60.027-72.707	11.542	9.122-13.962	0.528	0.363-0.692	88,4	0.557
671	375	T90	30	31,3	136	3	20	5.308	56.106	48.996-63.216	13.155	7.105-19.205	0.469	0.353-0.584	86,2	0.504
671	376	T90	30	31,3	136	3	20	5.724	57.780	54.730-60.830	9.011	6.771-11.251	0.690	0.629-0.750	72,7	0.880
671	377	T90	30	31,3	136	3	21	4.470	57.398	54.758-60.038	8.056	5.936-10.176	0.542	0.480-0.605	79,9	0.515
671	378	T90	30	31,3	136	3	17	3.813	63.519	58.049-68.989	11.204	8.654-13.754	0.615	0.488-0.743	71,9	0.907
671	379	T90	30	31,3	136	3	19	4.680	56.375	50.975-61.775	12.265	8.635-15.895	0.476	0.373-0.578	103,8	0.404
678	1014	T90	30	31,4	133	2	20	18.461	67.778	58.528-77.028	14.945	12.165-17.725	0.497	0.284-0.710	118,1	0.378
678	1015	T90	30	31,4	133	3	20	26.944	57.294	47.724-66.864	17.499	11.539-23.459	0.514	0.370-0.658	101,5	0.578
678	1016	T90	30	31,4	133	3	17	28.548	69.998	49.808-90.188	22.256	15.536-28.976	0.620	0.328-0.913	123,9	0.101
678	1017	T90	30	31,4	133	4	13	33.397	53.512	48.872-58.152	13.652	9.912-17.392	0.513	0.435-0.591	114,3	0.298
681	1206	T90	30	31,4	133	4	21	89.334	42.012	38.702-45.322	7.533	3.123-11.943	0.425	0.393-0.456	97,7	0.247
678	1022	T90	34	36,5	114	4	17	65.722	63.784	54.704-72.864	14.386	10.786-17.986	0.481	0.289-0.673	111,1	0.480
678	1023	T90	34	36,5	114	4	15	146.799	61.435	50.065-72.805	19.278	12.928-25.628	0.440	0.278-0.602	112,6	0.266
678	1024	T90	34	36,5	114	3	13	50.802	54.088	47.068-61.108	15.742	9.902-21.582	0.494	0.387-0.601	123,6	0.042
678	1025	T90	34	36,5	114	3	11	52.900	57.969	53.289-62.649	11.379	8.759-13.999	0.443	0.341-0.544	121,0	0.136
678	1026	T90	34	36,5	114	3	15	71.364	64.623	48.803-80.443	19.803	13.123-26.483	0.680	0.467-0.892	120,0	0.135
681	1208	T90	34	36,5	114	4	15	150.291	30.848	19.028-42.668	16.005	-12.385-44.395	0.476	0.421-0.531	100,2	0.391

## 15.2 Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols

### 15.2.1 Berechnungsmethode Selektionskurve und Selektionsparameter

Es ist hinreichend bekannt, dass die Selektion und damit auch die Selektionskurven von verschiedenen unkontrollierbaren Faktoren beeinflusst werden, die eine starke Zwischen-Hol-Variation und damit Streuung um den Mittelwert verursachen können. Solche Variationen können nach dem Zusammenfassen der Daten nicht mehr berücksichtigt werden, da der Maximum Likelihood Koeffizient nur die binominale Verteilung der zusammengefassten Kurve berücksichtigt. Um trotzdem der Zwischen-Hol-Variation Rechnung zu tragen, wurde ein 2-facher Bootstrap Ansatz mit 10.000 Wiederholungen, basierend auf der Technik von Millar (1993) für nicht-parametrische Selektionskurven, benutzt. Die doppelte Bootstrap Prozedur wurde wie folgt auf die empirischen Daten angewandt:

- i. Basierend auf den beobachteten Hols,  $H = (h_1, \dots, h_n)$ , wird eine Zufallstichprobe  $H^{*b} = (h_1^{*b}, \dots, h_n^{*b})$  durch Resampling mit Zurücklegen simuliert. Einfach ausgedrückt: Nach der Verwendung eines Elements wird dieses wieder in die Originalprobe zurückgegeben, so dass es wieder verwendet werden kann. Dieser erste Schritt bei der Bootstrap Methode berücksichtigt die Variation zwischen den Hols in den Daten.
- ii. Ein verschachteltes Resampling Schema (ohne Zurücklegen) ist in jeden Pseudo-Hol  $h_i^{*b}, i = (1, \dots, n)$  aus Schritt (i) implementiert. Dieser Schritt wird für jeden Steert  $C \in \{\text{ref}, \text{test}\}$  separat durchgeführt für die Garnelendaten vor der Hochrechnung auf den Gesamtfang. Bei diesem Schritt simulieren wir eine Test-Steert-Pseudo-Unterprobe  $nt_{il}^{**b}$  und eine Referenz-Steert-Pseudo-Unterprobe  $nr_{il}^{**b}$  innerhalb jedes Pseudo-Hols  $h_i^{*b}, i = (1, \dots, n)$  erzeugt in (i).
- iii. Die Pseudo-Teilproben die man durch Schritt (ii) erhalten hat, werden anschließend auf die Gesamtfangmenge hochgerechnet unter Benutzung der Hochrechnungsfaktoren für den Test-Steert  $qt_i$  und den Referenz-Steert  $qr_i$ .
- iv. Die erhaltenen Daten nach Schritt (iii) werden über die Hols zusammengefasst und verwendet, um  $\theta_b(l)$  abzuschätzen (siehe Gleichung (6)).
- v. Die Schritte (i), (ii), (iii) und (iv) werden vielfach wiederholt ( $B=10.000$ ).
- vi. Die Verteilung der asymptotischen Abschätzungen  $\theta_b(l)$  und der resultierenden Selektivitätsparameter werden durch das auf Basis von  $\theta_1(l), \dots, \theta_B(l)$  erhaltene Histogramm abgeschätzt.
- vii. Letztendlich werden die Konfidenzintervalle für die unterschiedlichen Koeffizienten aus  $\theta_1(l), \dots, \theta_B(l)$  geschätzt unter Berücksichtigung der  $\alpha$ -Perzentile aus dem Histogramm aus Schritt ii, wo  $\alpha$  ursprünglich auf 0.05 gesetzt wurde, um 95% Konfidenz Intervalle zu erhalten.



## 16 Selektionsberechnungen für Beifangarten - Anhang

### 16.1 Analyse der Selektionsdaten zusammengefasster Hols

Im Folgenden wird eine vollständige Übersicht der Beifangselektionsdaten (zusammengefasst nach Steerttyp) der Forschungsfahrten mit FFS „Solea“ gegeben. Für eine Beschreibung der Methodik und der Ergebnisse, siehe Kapitel 9.

Dargestellt sind die Fangvergleichskurven aus den *Paired-Gear*-Versuchen. Hierfür wird zunächst für jede Längensklasse der Anteil des Fanges im Test-Steert am Gesamtfang ermittelt (Fang im Test-Steert + Fang im Referenz-Steert). Dementsprechend ergibt sich bei gleichem Fang in Test-Steert und Referenz-Steert ein Anteil des Fanges im Test-Steert von 0.5 (=50%). Ist der Test-Steert in einigen Längen selektiver (d.h. lässt mehr Individuen entkommen), dann liegt der Fanganteil im Test-Steert für diese Längensklasse unter 0.5.

### 16.1.1 Kliesche (*Limanda limanda*)

**Tabelle 65:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Klieschen (*Limanda limanda*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	3.152	-0.490-38.651	4.748	0.000-70.365	6.344	0.200-151.407	3.191	0.195-98.739	0.500	0.291-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	4.077	3.522-9.096	4.896	4.248-12.157	5.714	4.652-15.335	1.637	0.645-5.993	0.560	0.481-0.889
T0-20mm	T0-21.4mm	4.433	3.755-7.943	4.804	4.000-9.287	5.175	4.232-10.588	0.742	0.106-2.734	0.617	0.460-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	5.172	3.690-7.633	5.788	4.079-8.620	6.404	4.379-9.601	1.233	0.100-2.485	0.499	0.150-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	6.061	3.567-13.350	7.323	4.433-16.295	8.585	4.514-19.281	2.524	0.106-6.041	0.623	0.375-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	5.178	4.503-13.312	5.786	4.602-15.458	6.394	4.658-17.609	1.217	0.095-4.662	0.388	0.262-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	16.195	-131415.358-847095.504	19.131	6.889-1066817.961	22.067	8.994-1286540.419	5.871	2.064-439444.915	0.950	0.050-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	4.949	0.697-18.650	6.499	0.935-23.576	8.049	1.093-28.611	3.099	0.206-9.857	0.480	0.255-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	3.956	3.563-57.400	4.259	3.633-77.752	4.561	3.688-91.985	0.605	0.045-28.466	0.068	0.054-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	7.393	4.649-50.752	8.866	5.110-74.162	10.338	5.401-85.336	2.945	0.556-23.128	0.217	0.050-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	7.957	6.107-13.993	9.322	7.019-16.424	10.687	7.909-18.854	2.730	1.430-4.914	0.695	0.448-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.675	3.914-14.201	6.976	4.211-16.687	8.277	4.467-19.270	2.601	0.112-5.323	0.433	0.193-0.950
T0-34mm	T0-36.4mm	14.531	7.578-20.093	16.286	8.243-22.721	18.041	8.965-25.352	3.510	1.252-5.608	0.950	0.277-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	3.408	1.644-10.196	3.470	1.770-13.074	3.532	1.877-16.065	0.124	0.039-6.147	0.496	0.422-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	3.980	2.846-9.055	5.208	3.517-11.588	6.437	3.581-14.128	2.456	0.110-5.167	0.674	0.462-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	3.309	1.542-20.081	4.054	1.724-28.257	4.798	1.838-36.558	1.489	0.042-17.351	0.538	0.385-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	4.004	2.777-5.345	4.602	3.542-6.594	5.200	3.662-8.172	1.196	0.102-3.080	0.363	0.271-0.645
T45-24mm	T45-24.9mm	5.694	3.515-13.599	6.871	4.554-17.767	8.048	4.684-21.901	2.354	0.210-9.571	0.751	0.428-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	4.436	1.742-14.538	4.494	1.893-18.225	4.552	2.049-21.962	0.117	0.041-8.023	0.492	0.438-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	5.479	4.743-9.291	6.098	5.134-10.494	6.716	5.474-11.719	1.238	0.472-2.361	0.432	0.249-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	8.070	4.715-11.858	8.872	5.387-13.614	9.675	5.603-15.695	1.605	0.379-4.220	0.905	0.313-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.606	1.629-13.134	4.290	1.760-18.350	4.975	1.866-23.469	1.369	0.122-10.017	0.609	0.489-0.950
T90-20mm	T90-20.2mm	4.079	3.559-4.976	4.434	3.647-5.945	4.790	3.701-7.120	0.711	0.095-2.867	0.376	0.289-0.683
T90-20mm	T90-21.1mm	4.550	1.741-4.866	4.798	1.858-5.200	5.047	1.976-5.611	0.497	0.091-1.348	0.397	0.258-0.607
T90-22mm	T90-22.5mm	4.661	4.177-8.425	4.875	4.466-9.605	5.088	4.552-10.812	0.427	0.091-2.480	0.634	0.340-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	1.595	-0.208-12.689	1.725	0.163-17.296	1.854	0.363-21.655	0.260	0.065-10.645	0.577	0.479-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	4.486	4.006-8.943	4.542	4.032-10.167	4.597	4.059-11.396	0.112	0.043-2.627	0.290	0.227-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	8.810	5.471-10.770	9.702	5.555-12.416	10.594	5.628-13.842	1.785	0.105-3.237	0.950	0.226-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	6.166	2.059-17.717	7.097	2.197-22.033	8.027	2.332-26.392	1.861	0.112-8.676	0.704	0.291-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	4.956	-0.071-55.626	6.253	0.000-70.261	7.551	3.447-114.270	2.595	0.053-39.388	0.307	0.087-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	8.876	5.536-11.665	9.841	5.588-13.127	10.806	5.651-14.560	1.930	0.099-2.999	0.862	0.366-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	6.348	3.843-23.153	7.407	3.940-29.447	8.467	3.977-35.281	2.118	0.048-10.245	0.391	0.052-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	13.579	-0.218-90.951	15.396	0.000-44981.860	17.212	0.121-264704.317	3.633	0.121-439444.915	0.950	0.050-0.950

**Abbildung 103:** Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

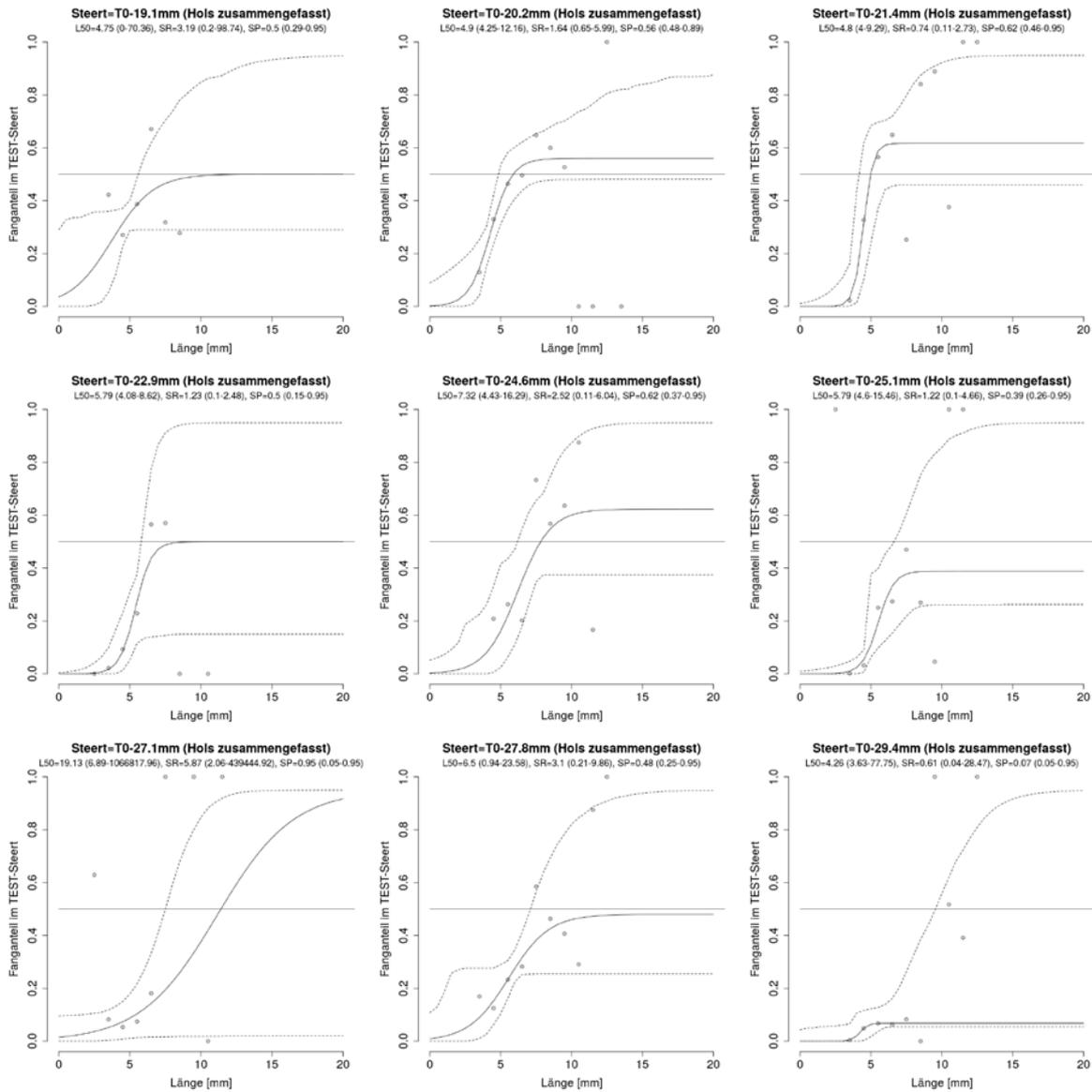
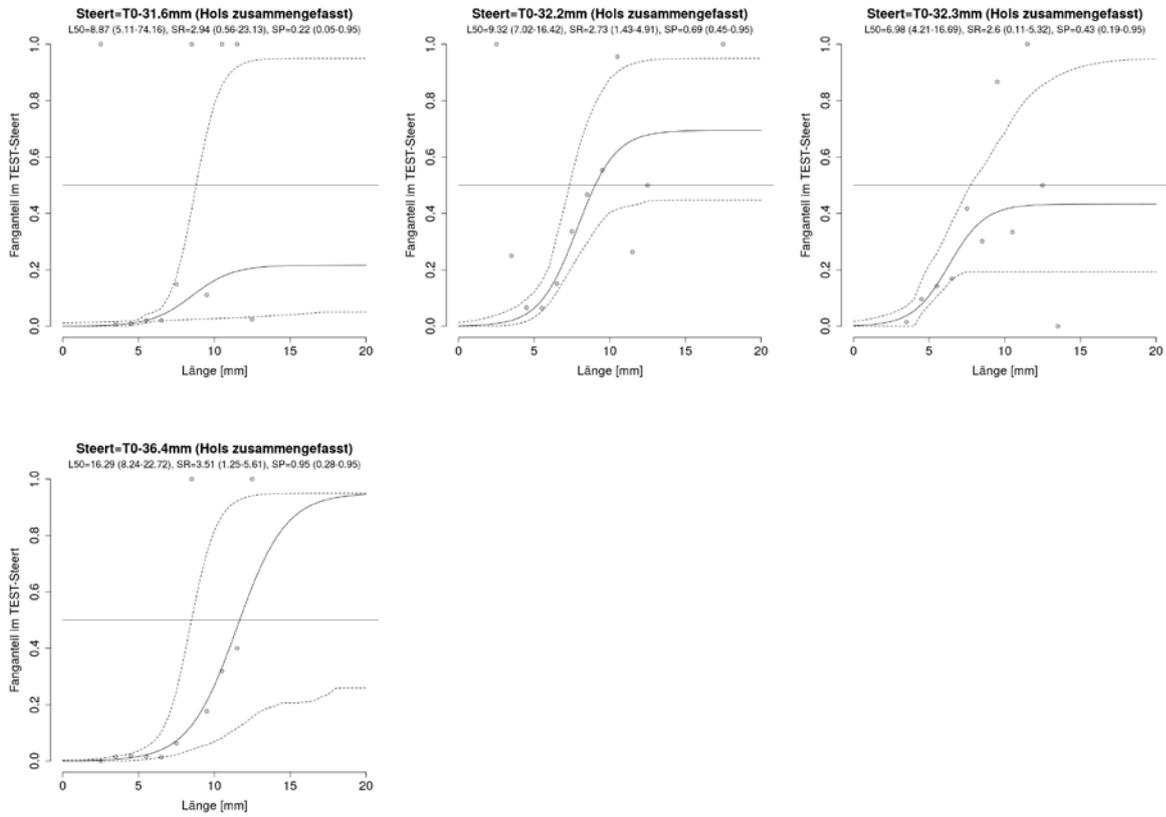
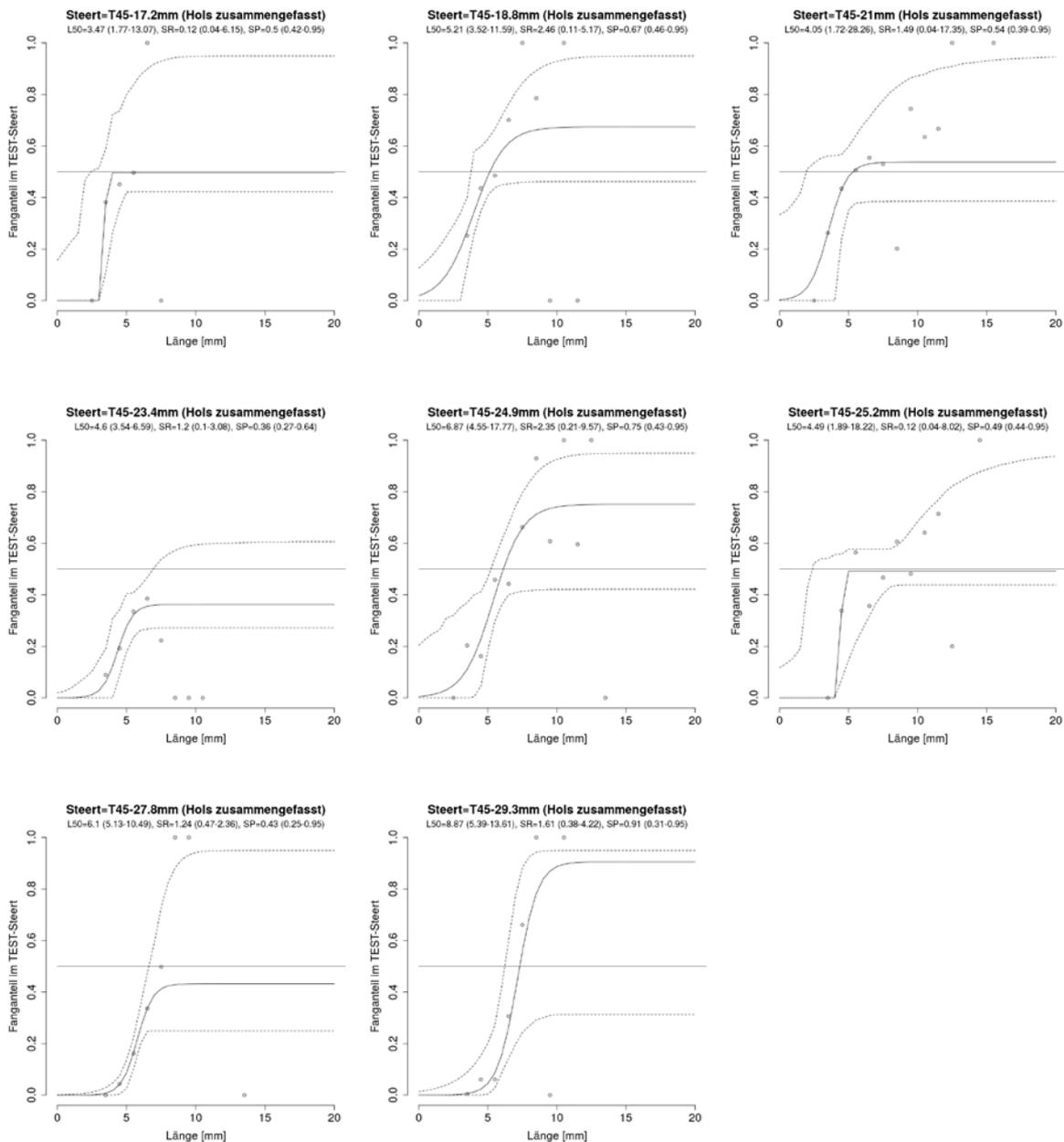


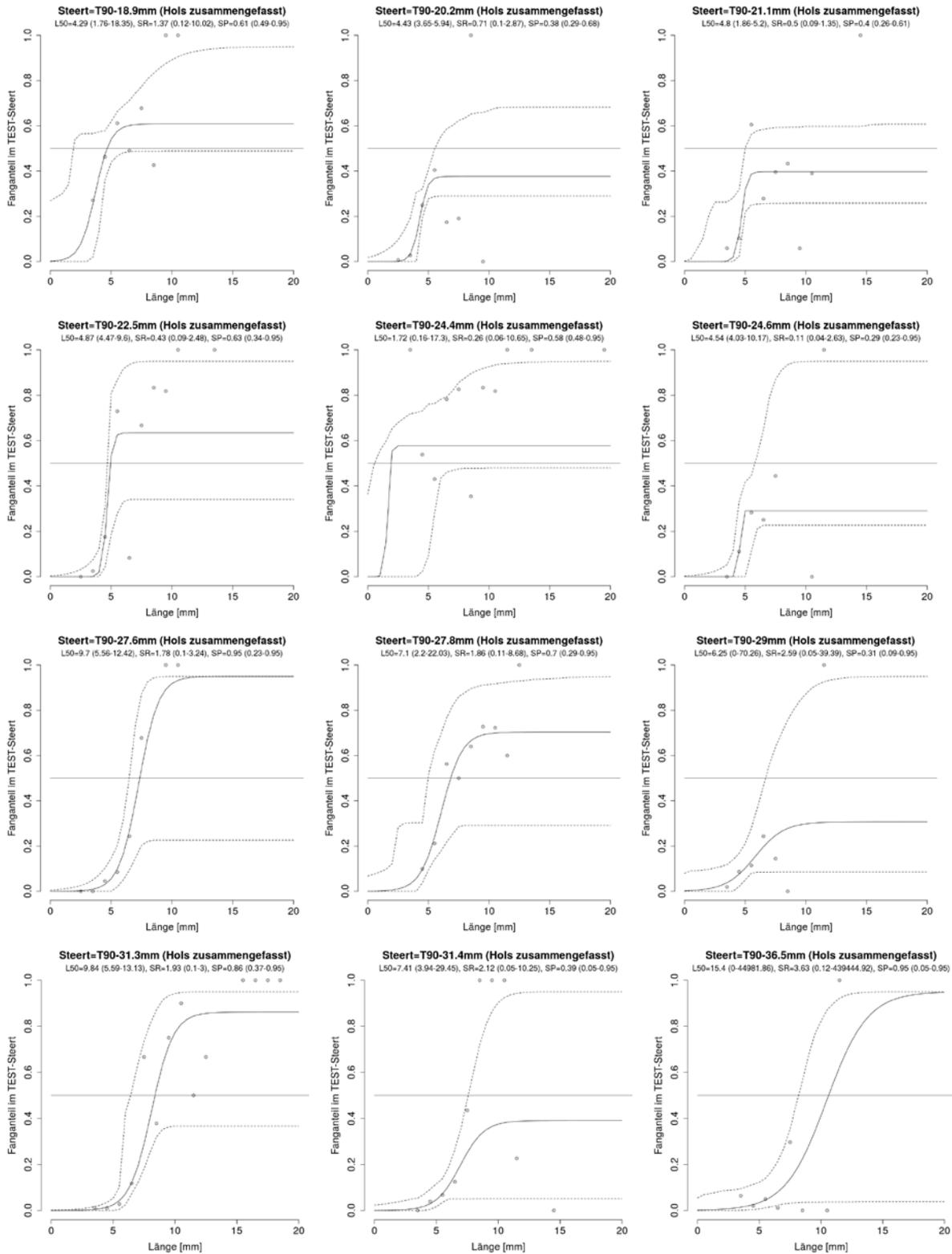
Abbildung 103: Fortsetzung 1



**Abbildung 104:** Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 105:** Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



## 16.1.2 Scholle (*Pleuronectes platessa*)

**Tabelle 66:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Schollen (*Pleuronectes platessa*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.714	2.435-11.711	6.613	2.603-13.746	7.511	2.778-15.885	1.797	0.031-4.276	0.569	0.460-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	1.823	-0.267-4.819	1.942	0.000-4.845	2.061	0.068-4.870	0.238	0.043-0.587	0.532	0.488-0.609
T0-20mm	T0-21.4mm	1.274	-0.240-6.162	1.411	0.000-6.384	1.547	0.257-6.683	0.273	0.042-1.905	0.526	0.458-0.560
T0-22mm	T0-22.9mm	4.502	0.343-15.927	5.179	0.598-20.785	5.856	0.854-25.644	1.354	0.045-10.657	0.520	0.471-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	2.452	2.031-16.000	2.651	2.239-20.509	2.849	2.437-25.014	0.397	0.040-9.306	0.469	0.403-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	1.972	-0.308-13.149	2.169	0.000-16.110	2.365	0.346-17.928	0.393	0.280-3.029	0.331	0.133-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	5.448	1.572-9.714	5.503	1.632-11.601	5.558	1.850-13.563	0.110	0.025-3.837	0.666	0.488-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	3.851	0.897-5.337	3.877	1.134-5.485	3.904	1.364-5.834	0.053	0.043-1.299	0.514	0.462-0.566
T0-28mm	T0-29.4mm	6.271	0.802-19.527	6.343	1.202-25.038	6.414	1.530-30.549	0.143	0.055-12.612	0.462	0.407-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	7.041	-0.057-19.741	7.066	0.000-26.625	7.091	0.115-42.772	0.050	0.025-18.664	0.527	0.446-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	13.459	0.224-15.172	16.390	0.540-19.036	19.320	0.873-22.931	5.862	0.248-7.916	0.950	0.443-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.756	0.081-7.554	6.885	0.498-9.213	8.013	0.801-11.175	2.258	0.101-4.525	0.477	0.367-0.637
T0-34mm	T0-36.4mm	7.547	-0.058-8.608	7.595	0.000-9.288	7.642	0.064-13.444	0.096	0.026-3.318	0.709	0.529-0.849
T45-15mm	T45-17.2mm	2.552	1.725-9.113	2.712	1.935-10.536	2.871	2.134-11.868	0.319	0.282-2.730	0.609	0.475-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	2.199	-0.312-6.917	2.369	0.000-8.075	2.538	0.296-9.536	0.339	0.039-4.078	0.633	0.487-0.861
T45-20mm	T45-21.0mm	7.162	1.482-11.770	8.927	1.632-14.607	10.692	1.781-17.580	3.531	0.059-6.144	0.793	0.448-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	5.812	2.719-12.566	5.844	2.899-15.048	5.876	3.083-17.556	0.064	0.032-5.272	0.417	0.319-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	6.471	3.009-6.908	6.523	3.193-7.286	6.575	3.385-7.739	0.104	0.048-1.253	0.541	0.490-0.645
T45-24mm	T45-25.2mm	6.346	2.654-7.397	6.408	2.863-7.545	6.471	3.070-8.370	0.125	0.051-2.156	0.444	0.353-0.579
T45-26mm	T45-27.8mm	3.029	2.662-6.263	3.211	2.847-6.282	3.393	3.034-6.297	0.364	0.025-0.397	0.548	0.497-0.628
T45-28mm	T45-29.3mm	2.270	-0.111-10.321	2.412	0.207-11.915	2.555	0.465-13.833	0.285	0.043-3.263	0.455	0.197-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.404	1.941-16.217	4.274	2.172-21.235	5.143	2.378-26.483	1.739	0.095-10.325	0.536	0.486-0.950
T90-20mm	T90-20.2mm	2.147	0.899-13.988	2.297	1.159-17.599	2.448	1.388-20.954	0.301	0.110-7.553	0.498	0.445-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	2.667	1.878-6.651	2.830	2.129-7.046	2.992	2.325-7.524	0.325	0.055-1.183	0.446	0.371-0.511
T90-22mm	T90-22.5mm	2.803	2.241-6.315	2.975	2.428-6.455	3.147	2.614-6.703	0.343	0.047-1.489	0.445	0.392-0.654
T90-24mm	T90-24.4mm	5.883	2.995-6.991	5.905	3.176-7.057	5.927	3.357-7.450	0.045	0.039-1.477	0.600	0.493-0.767
T90-24mm	T90-24.6mm	4.410	0.186-6.569	4.478	0.513-6.836	4.546	0.861-7.151	0.136	0.045-1.538	0.505	0.346-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.118	-0.059-8.994	7.140	0.000-10.551	7.161	1.016-13.907	0.043	0.026-6.738	0.481	0.383-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	6.416	-0.117-17.655	6.475	0.000-22.491	6.534	0.061-27.636	0.118	0.040-9.982	0.521	0.493-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	6.023	2.797-6.481	6.050	2.997-6.546	6.077	3.193-6.610	0.054	0.047-0.417	0.512	0.435-0.575
T90-30mm	T90-31.3mm	6.439	2.898-13.875	6.497	3.082-16.779	6.556	3.267-19.679	0.116	0.037-5.779	0.494	0.360-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	2.961	-45706.127-24941.925	3.153	0.000-237641.192	3.344	0.054-457363.650	0.383	0.044-439444.915	0.460	0.283-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	6.416	3.012-11.677	6.967	3.183-13.641	7.519	3.364-15.606	1.104	0.055-4.078	0.590	0.312-0.950

**Abbildung 106:** Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

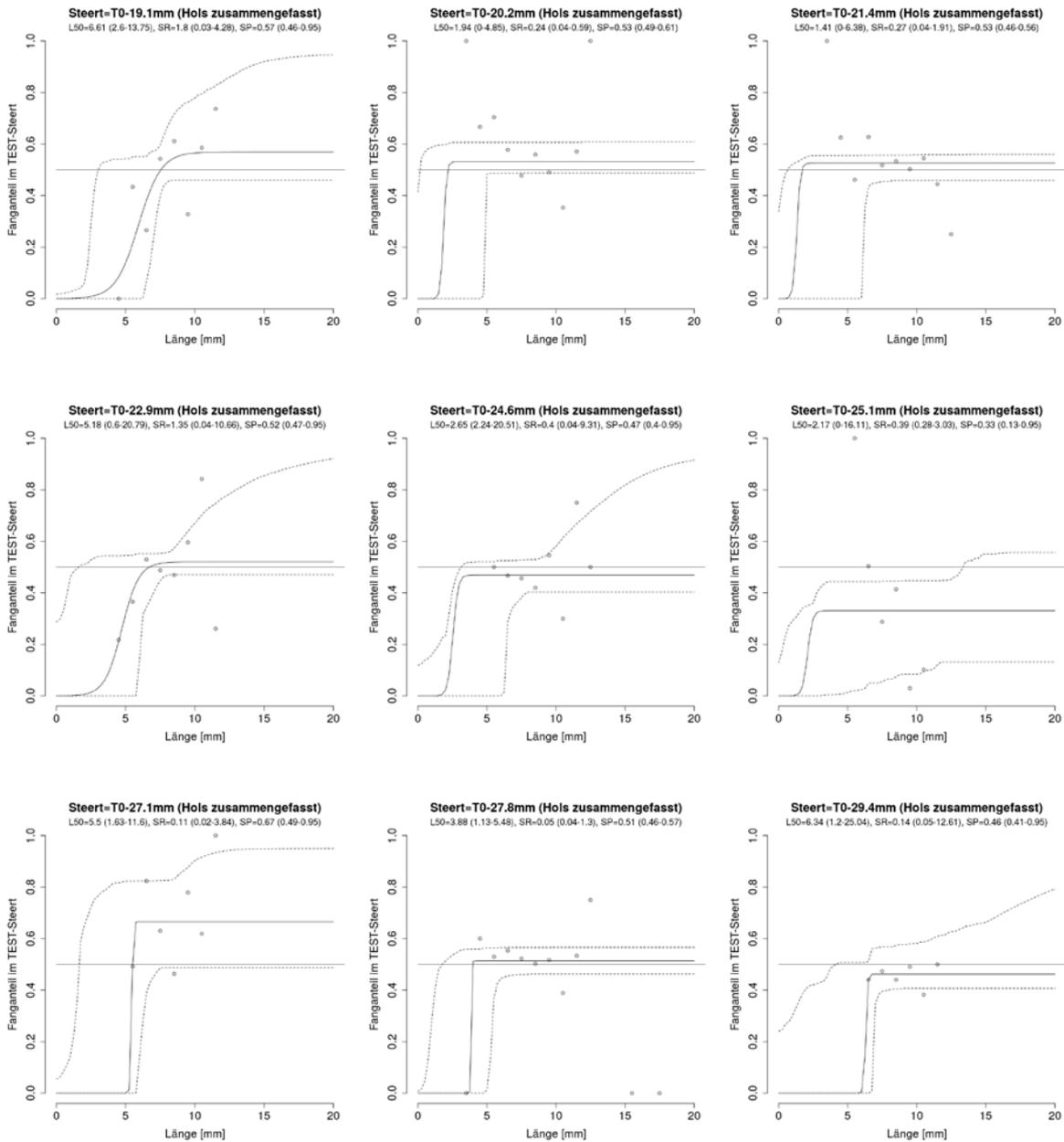
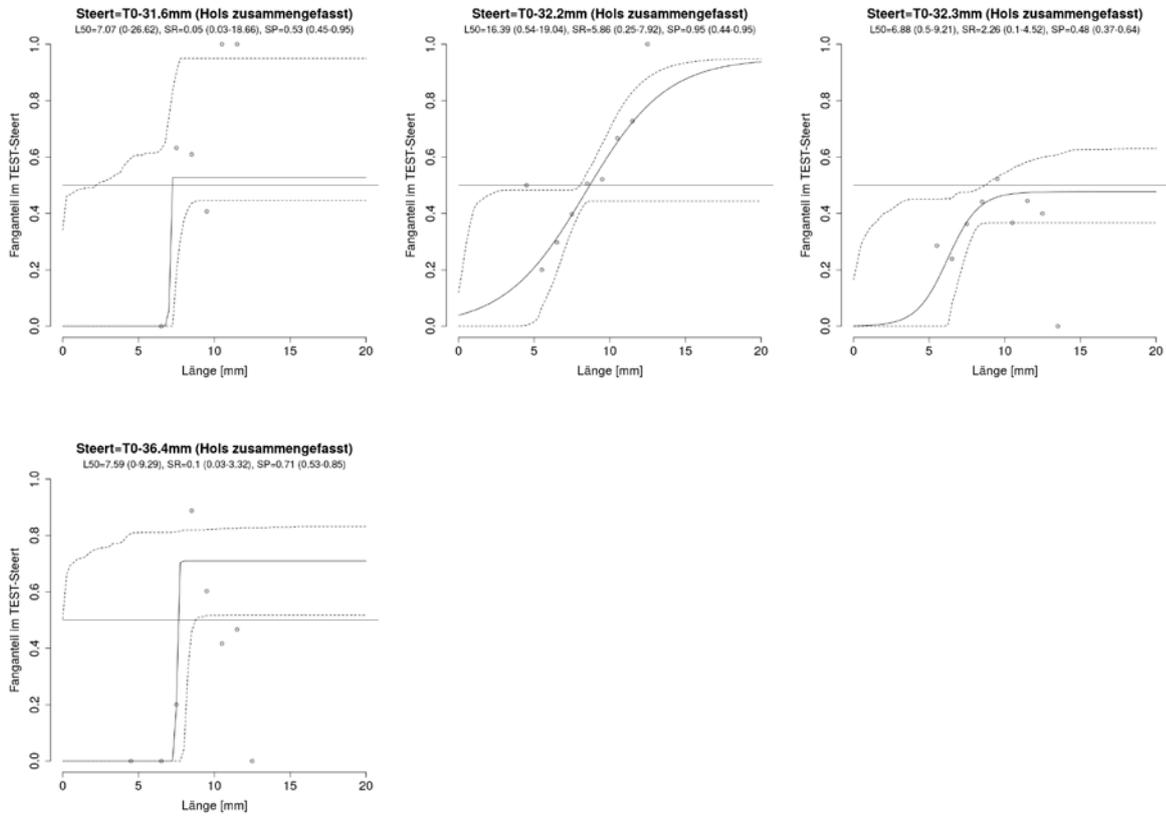
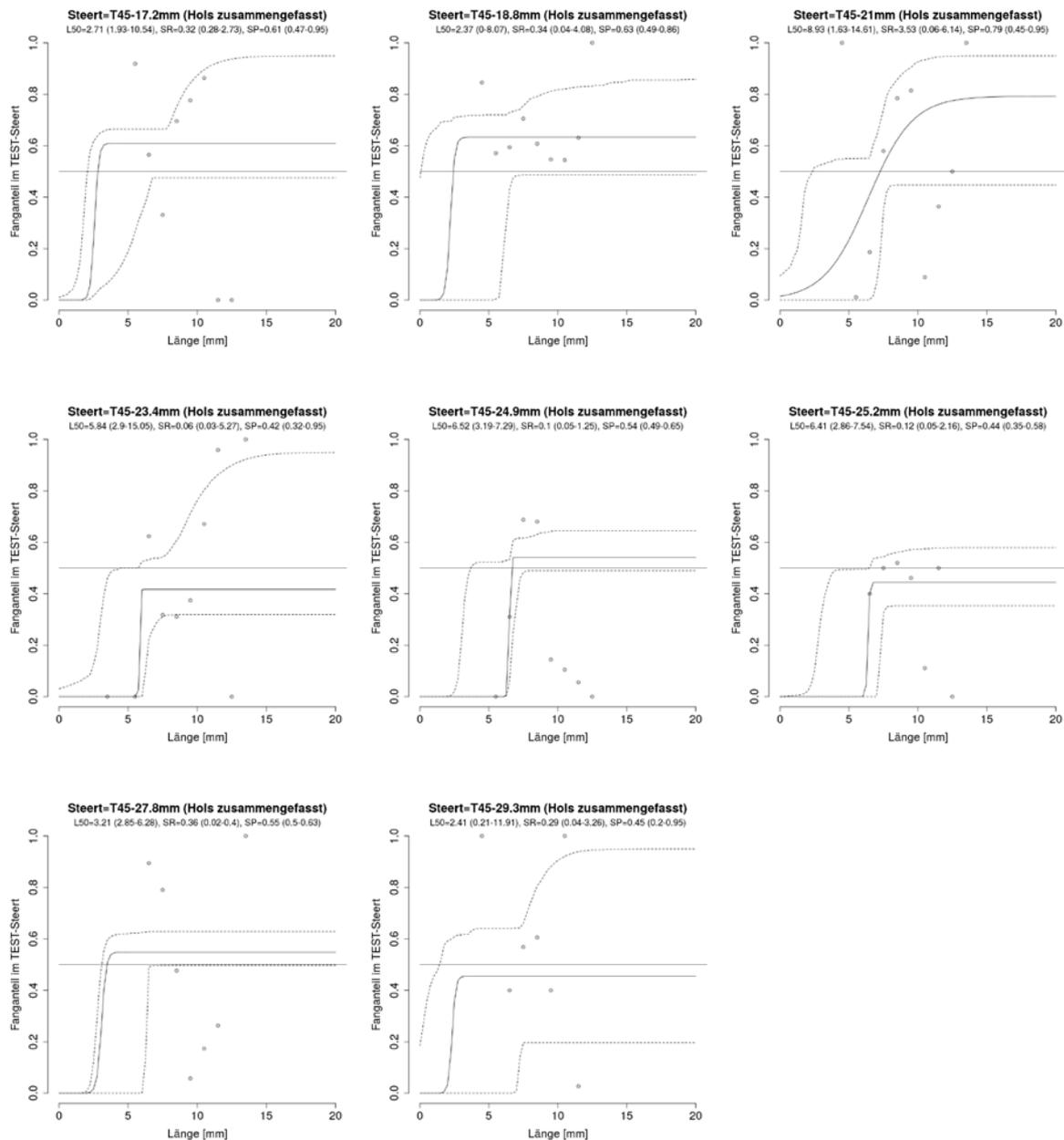


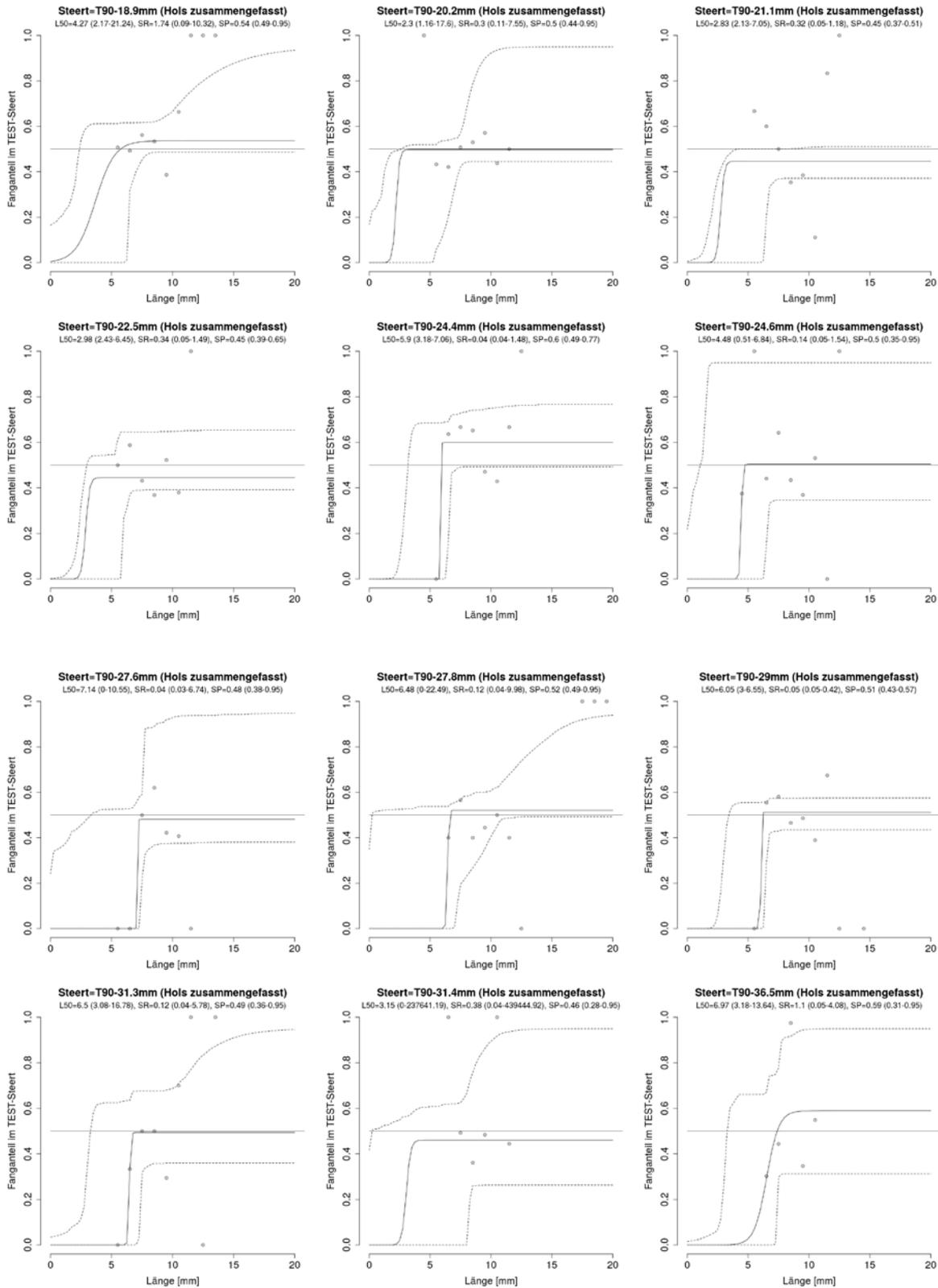
Abbildung 106: Fortsetzung 1



**Abbildung 107:** Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 108:** Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



### 16.1.3 Sandgrundel (*Pomatoschistus minutus*)

**Tabelle 67:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sandgrundeln (*Pomatoschistus minutus*) für die verschiedenen Maschenty-  
pen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Ent-  
kommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selekti-  
onsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.614	5.150-6.076	6.113	5.370-6.585	6.612	5.589-7.095	0.998	0.439-1.019	0.378	0.360-0.498
T0-20mm	T0-20.2mm	8.242	5.417-8.584	9.647	6.084-9.790	11.053	6.750-11.047	2.811	1.286-2.835	0.928	0.775-0.949
T0-20mm	T0-21.4mm	5.399	4.974-10.743	6.147	5.167-12.171	6.895	5.359-13.599	1.497	0.385-2.855	0.268	0.197-0.882
T0-22mm	T0-22.9mm	6.559	5.567-9.456	7.431	6.059-10.649	8.302	6.552-11.842	1.743	0.983-2.401	0.551	0.405-0.922
T0-24mm	T0-24.6mm	5.466	4.893-5.559	5.520	4.916-5.608	5.574	4.939-5.658	0.108	0.047-0.108	0.359	0.262-0.447
T0-24mm	T0-25.1mm	6.006	5.135-7.927	6.537	5.434-8.673	7.069	5.734-9.426	1.063	0.100-1.506	0.353	0.266-0.796
T0-26mm	T0-27.1mm	5.747	5.721-8.501	6.387	6.013-9.571	7.028	6.305-10.643	1.281	0.584-2.144	0.121	0.123-0.524
T0-26mm	T0-27.8mm	6.417	6.394-7.176	6.975	6.812-7.902	7.534	7.070-8.629	1.118	0.503-1.478	0.551	0.500-0.706
T0-28mm	T0-29.4mm	6.141	5.431-6.860	6.765	5.673-7.606	7.389	5.915-8.351	1.248	0.471-1.490	0.171	0.099-0.290
T0-30mm	T0-31.6mm	6.046	5.453-6.106	6.641	5.518-6.816	7.236	5.583-7.525	1.190	0.130-1.418	0.111	0.054-0.120
T0-30mm	T0-32.2mm	7.867	6.378-12.420	8.962	6.898-14.008	10.057	7.417-15.596	2.190	1.028-3.176	0.531	0.209-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	5.841	5.341-5.838	6.535	5.992-6.568	7.229	6.491-7.697	1.388	0.906-2.299	0.336	0.275-0.334
T0-34mm	T0-36.4mm	5.566	5.128-7.900	5.905	5.920-9.393	6.244	6.249-10.926	0.678	0.497-3.093	0.050	0.050-0.175
T45-15mm	T45-17.2mm	5.823	5.744-6.080	6.339	6.100-6.580	6.854	6.451-7.117	1.031	0.669-1.121	0.465	0.469-0.553
T45-18mm	T45-18.8mm	6.994	6.110-10.320	8.021	6.704-11.713	9.048	7.298-13.107	2.054	1.187-2.787	0.670	0.457-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	10.406	10.437-12.329	11.692	11.728-14.120	12.978	13.019-15.912	2.572	2.582-3.728	0.950	0.950-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	9.896	4.469-11.105	11.667	4.523-12.716	13.438	4.576-14.327	3.543	0.106-3.507	0.844	0.139-0.939
T45-24mm	T45-24.9mm	21.160	0.720-350876.877	24.922	0.900-548627.465	28.684	1.080-746378.053	7.524	0.360-395501.176	0.950	0.154-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	6.486	5.945-8.321	7.169	6.603-8.827	7.852	7.261-9.345	1.366	0.984-1.864	0.203	0.160-0.888
T45-26mm	T45-27.8mm	6.987	6.132-12.909	7.665	6.768-14.184	8.342	7.404-15.458	1.355	1.272-2.548	0.211	0.113-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	6.683	6.708-14.452	8.130	8.135-16.421	9.576	9.438-18.390	2.893	2.520-3.937	0.267	0.268-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	5.932	5.831-10.385	6.745	6.460-11.929	7.558	7.089-13.476	1.627	1.254-3.122	0.484	0.425-0.918
T90-20mm	T90-20.2mm	8.897	5.863-9.022	9.710	6.544-9.896	10.522	7.225-10.770	1.624	0.712-1.748	0.950	0.480-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	5.558	5.005-7.347	6.121	5.614-8.480	6.684	6.222-9.614	1.126	1.118-2.267	0.393	0.340-0.769
T90-22mm	T90-22.5mm	2.880	3.436-691019.020	2.957	3.564-888769.840	3.034	3.692-1086520.661	0.153	0.256-395501.641	0.125	0.207-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	5.942	5.514-6.813	6.287	5.569-7.276	6.632	5.625-7.738	0.690	0.111-1.338	0.596	0.498-0.763
T90-24mm	T90-24.6mm	5.446	5.296-5.541	5.499	5.503-5.616	5.552	5.556-5.927	0.106	0.102-0.621	0.148	0.107-0.162
T90-26mm	T90-27.6mm	6.894	5.999-7.889	7.447	6.169-8.453	8.001	6.332-9.017	1.108	0.126-1.128	0.216	0.117-0.440
T90-26mm	T90-27.8mm	7.072	6.476-7.125	7.533	6.818-7.636	7.994	7.160-8.147	0.922	0.587-1.022	0.588	0.474-0.627
T90-28mm	T90-29.0mm	5.646	5.193-11.416	6.083	5.792-12.753	6.521	6.385-14.091	0.874	0.882-2.702	0.208	0.132-0.878
T90-30mm	T90-31.3mm	10.024	7.188-13.032	10.887	7.793-14.438	11.751	8.399-15.843	1.727	1.211-2.811	0.950	0.461-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	12.181	6.185-12.105	13.553	6.905-13.456	14.925	7.622-14.808	2.744	1.435-2.703	0.950	0.203-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	17.393	13.068-26.917	20.022	14.613-31.568	22.651	16.158-36.219	5.258	3.090-9.302	0.950	0.950-0.950

**Abbildung 109:** Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

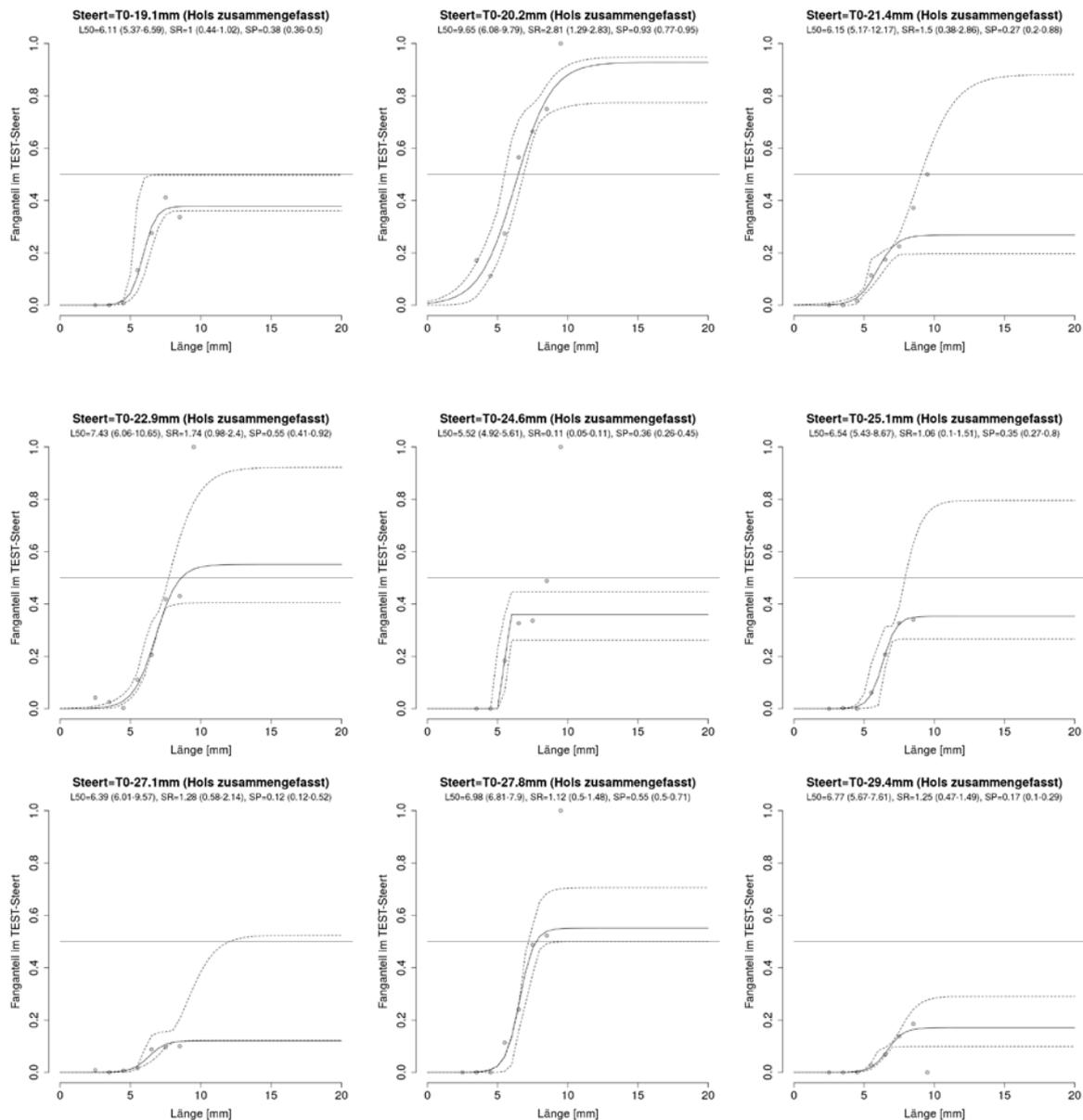
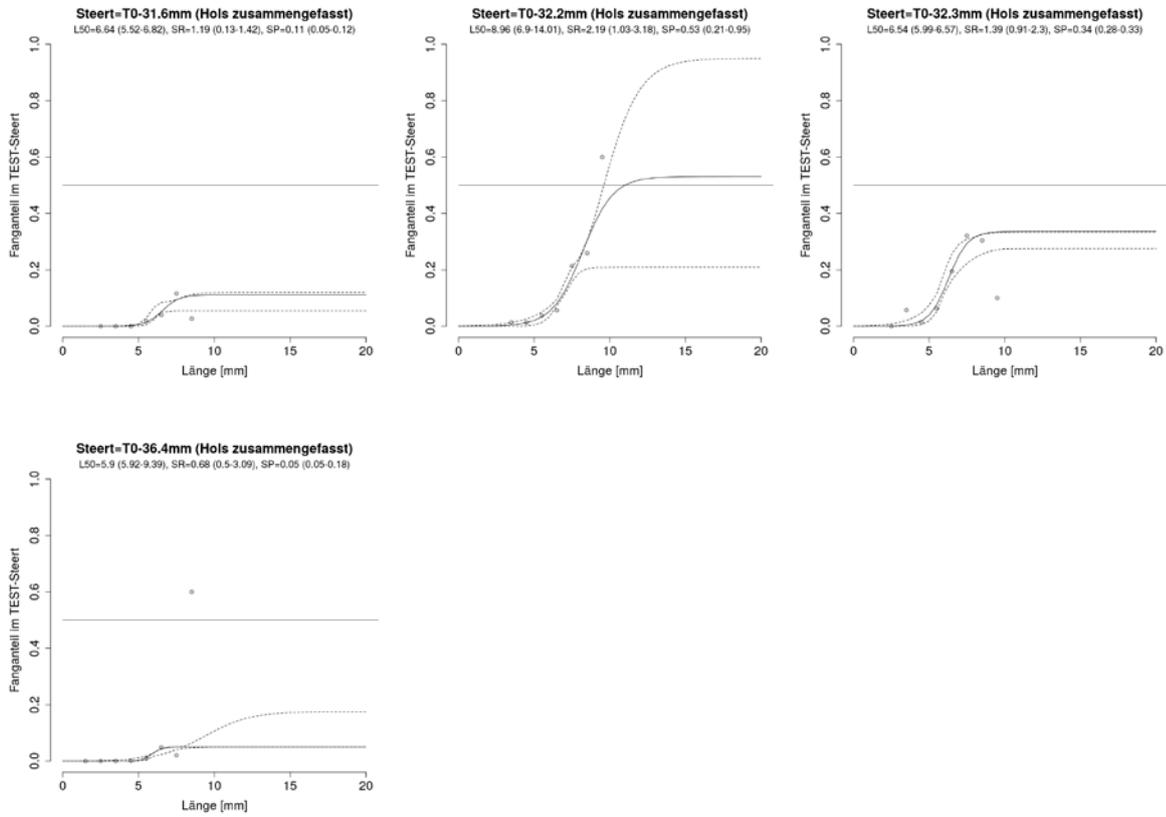
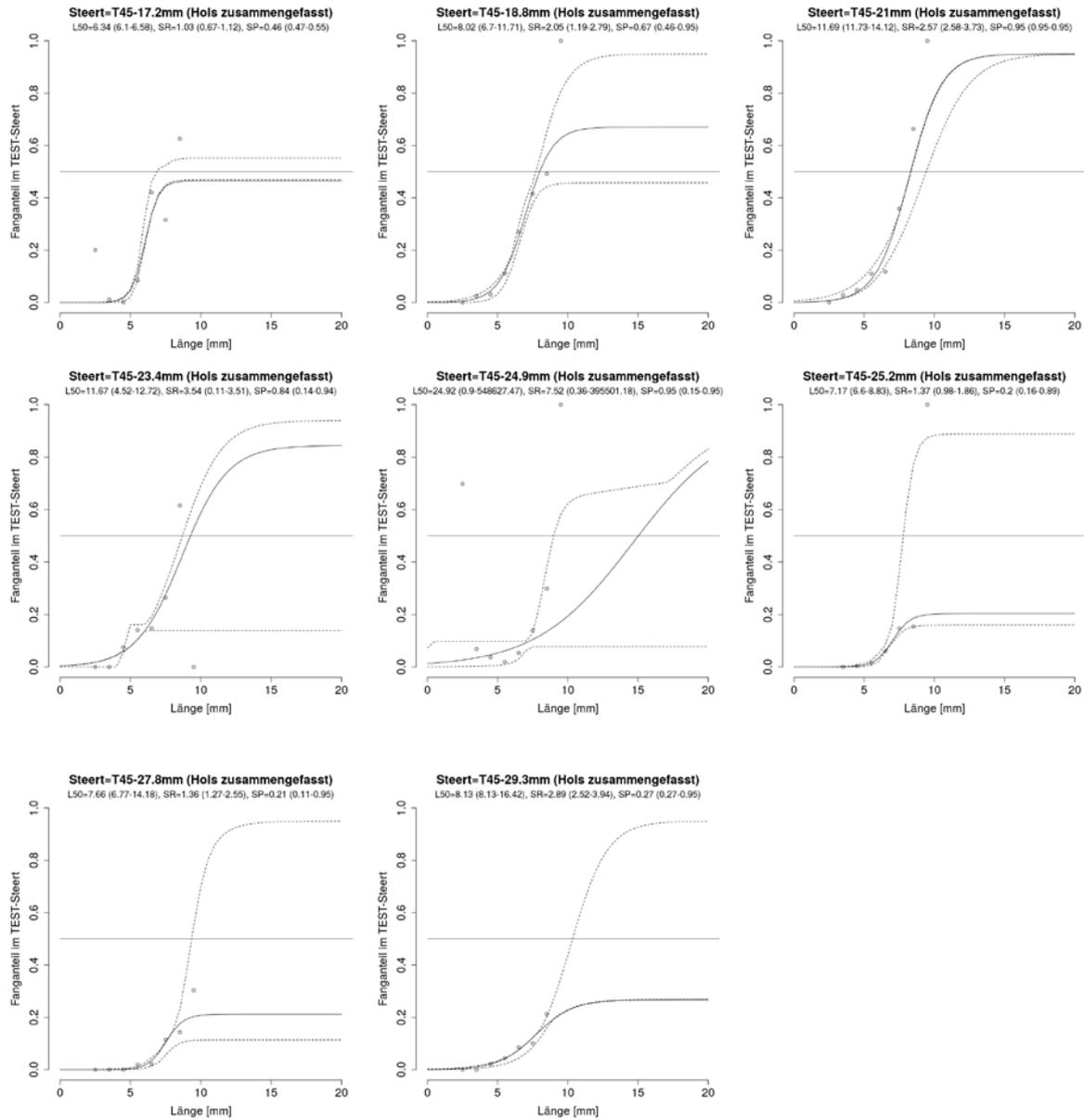


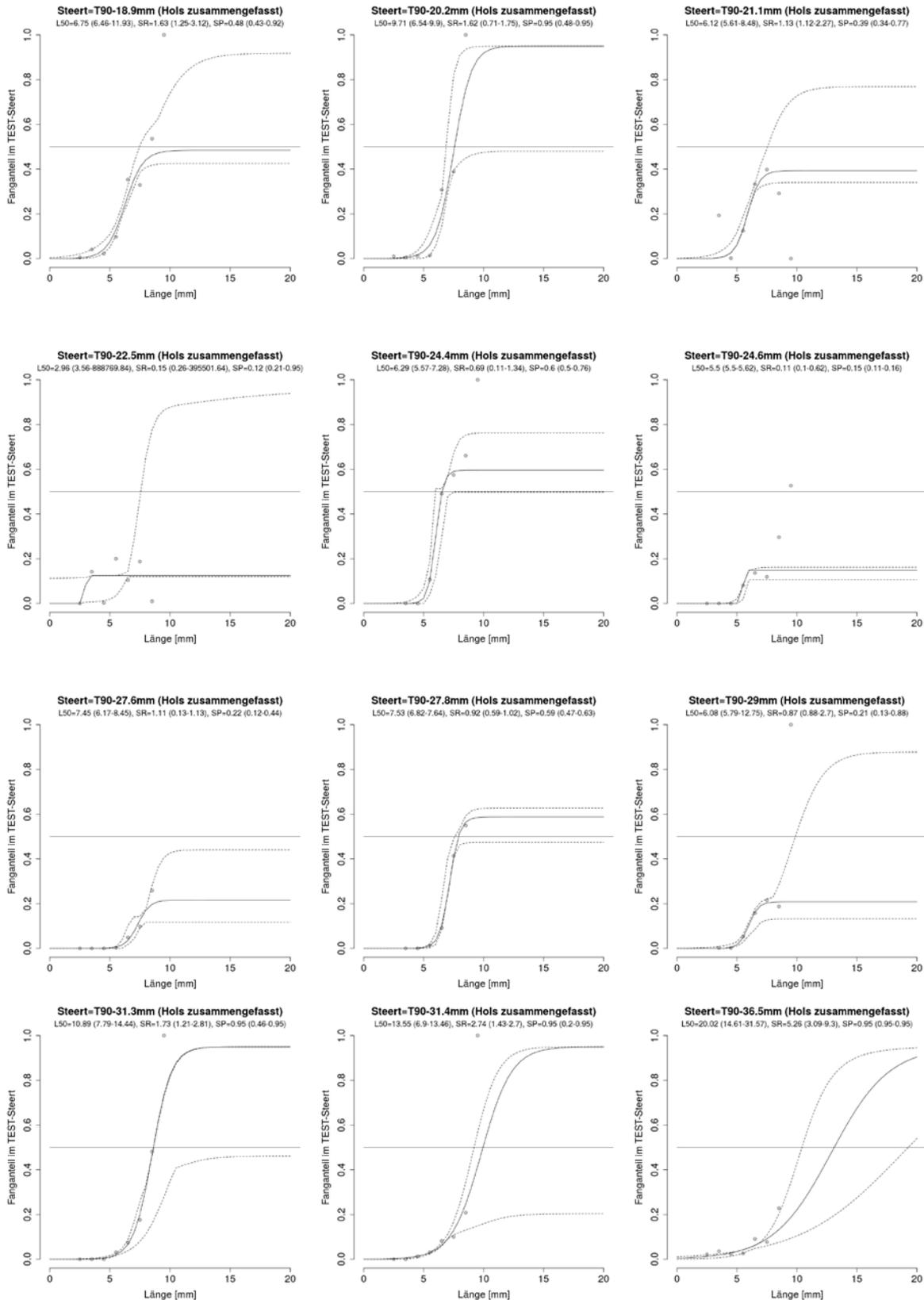
Abbildung 109: Fortsetzung



**Abbildung 110:** Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 111:** Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



### 16.1.4 Steinpicker (*Agonus cataphractus*)

**Tabelle 68:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Steinpickern (*Agonus cataphractus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	0.145	-0.249-7.790	0.379	0.000-9.996	0.614	0.295-12.336	0.469	0.038-4.372	0.537	0.474-0.905
T0-20mm	T0-20.2mm	4.503	1.358-5.433	4.568	1.553-5.530	4.634	1.748-6.005	0.132	0.034-1.568	0.542	0.506-0.587
T0-20mm	T0-21.4mm	-0.230	-0.238-16.076	0.000	0.000-21.992	0.230	0.070-27.908	0.460	0.048-11.747	0.432	0.322-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	2.197	-0.269-15.481	2.321	0.000-20.137	2.444	0.267-24.793	0.247	0.048-10.905	0.454	0.413-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	4.951	0.443-11.758	5.585	0.876-14.854	6.220	1.094-17.951	1.269	0.106-7.109	0.550	0.475-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	5.404	2.588-8.475	5.464	2.757-10.297	5.524	2.917-11.909	0.120	0.037-3.864	0.506	0.483-0.905
T0-26mm	T0-27.1mm	13.792	-0.044-764035.337	16.284	0.127-983757.795	18.777	0.357-1203480.252	4.985	0.043-439444.915	0.950	0.158-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	5.392	2.369-13.774	5.463	2.540-18.186	5.533	2.710-22.607	0.141	0.039-9.176	0.526	0.451-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	4.544	-0.058-24.770	4.599	0.000-31.827	4.653	0.117-39.017	0.109	0.024-14.153	0.380	0.247-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	5.522	0.595-1002428.832	5.574	0.790-1222151.290	5.627	0.913-1441873.748	0.106	0.021-439444.915	0.364	0.055-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	6.211	1.679-9.894	6.905	1.945-11.410	7.600	2.092-13.113	1.389	0.363-3.960	0.581	0.390-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	-0.387	-2.033-16.336	1.550	0.000-21.689	3.488	0.076-31.749	3.875	0.047-15.818	0.435	0.362-0.886
T0-34mm	T0-36.4mm	4.499	-0.110-987553.429	5.013	0.000-1207275.887	5.528	0.071-1426998.344	1.028	0.024-439444.915	0.277	0.051-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	4.780	1.716-5451182.227	5.348	1.891-5670904.685	5.916	2.071-5890627.142	1.136	0.043-439444.915	0.497	0.050-0.609
T45-18mm	T45-18.8mm	4.790	-0.178-28.654	5.015	0.000-42.012	5.239	0.119-54.855	0.449	0.039-26.635	0.490	0.412-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	3.883	-0.249-4.814	4.330	0.000-5.441	4.777	0.149-6.181	0.894	0.103-2.288	0.635	0.489-0.753
T45-22mm	T45-23.4mm	3.642	0.018-7.756	5.134	0.166-9.093	6.626	0.402-11.249	2.983	0.031-4.986	0.433	0.297-0.635
T45-24mm	T45-24.9mm	7.166	2.798-10.832	8.841	3.575-13.169	10.516	3.597-15.574	3.350	0.044-5.559	0.827	0.409-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	5.693	2.328-11.224	6.651	2.506-13.118	7.609	2.697-14.902	1.915	0.039-3.936	0.425	0.211-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	5.609	4.282-14.911	6.564	4.464-17.939	7.519	4.521-20.915	1.909	0.106-6.044	0.488	0.354-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	13.226	1.693-18.135	14.838	2.814-21.636	16.450	2.850-25.122	3.225	0.036-7.084	0.950	0.174-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	1.918	0.332-5.354	2.061	0.570-5.409	2.203	0.808-5.466	0.285	0.039-0.510	0.537	0.493-0.660
T90-20mm	T90-20.2mm	5.318	2.456-6.334	5.370	2.661-7.304	5.423	2.821-8.707	0.105	0.036-4.060	0.385	0.331-0.590
T90-20mm	T90-21.1mm	4.887	2.304-5.579	4.911	2.456-6.298	4.935	2.617-7.253	0.047	0.040-1.978	0.459	0.350-0.709
T90-22mm	T90-22.5mm	7.380	-0.186-13.294	11.001	0.000-20.062	14.622	0.088-28.304	7.242	0.090-13.603	0.872	0.542-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	0.908	-0.308-10.087	1.153	0.000-13.322	1.398	0.358-16.348	0.490	0.030-6.609	0.621	0.509-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	5.717	4.586-13.536	6.221	5.137-15.877	6.725	5.267-18.379	1.008	0.038-5.564	0.515	0.404-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.467	4.671-13.653	8.638	4.907-16.082	9.809	4.943-18.572	2.342	0.088-5.282	0.718	0.472-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	5.570	5.499-6.171	5.617	5.552-6.447	5.665	5.603-6.731	0.096	0.087-0.663	0.526	0.432-0.668
T90-28mm	T90-29.0mm	5.535	3.309-9.071	6.309	4.476-10.954	7.084	4.558-12.991	1.548	0.091-4.420	0.647	0.338-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	6.433	5.986-9.499	6.864	6.199-10.546	7.295	6.403-11.594	0.862	0.097-2.110	0.549	0.415-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	7.284	5.032-14.254	7.352	5.408-17.032	7.420	5.457-19.458	0.136	0.027-4.950	0.495	0.388-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	5.439	4.301-17.130	5.489	4.769-20.186	5.540	4.803-23.194	0.101	0.026-7.063	0.288	0.180-0.950

**Abbildung 112:** Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

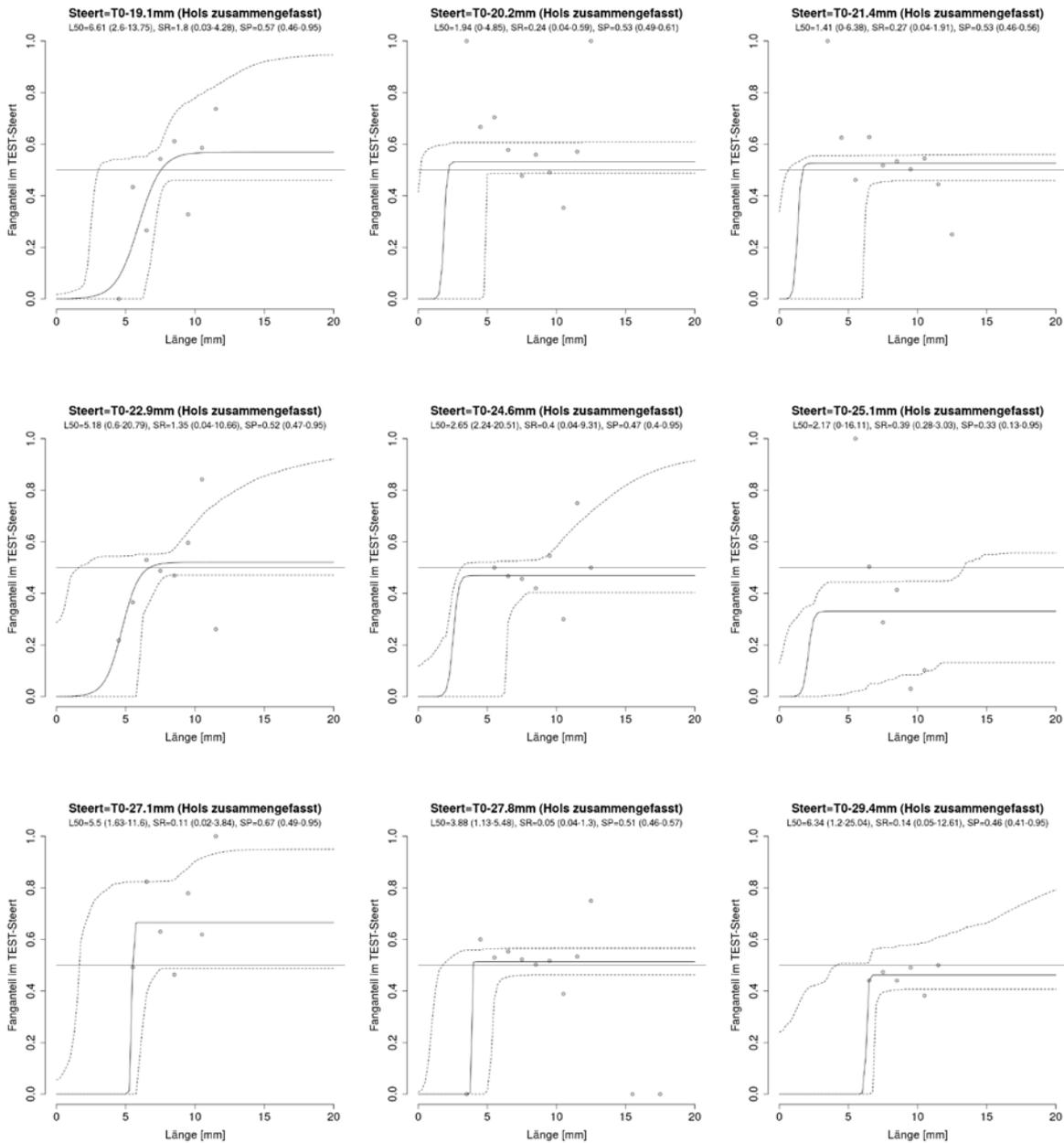
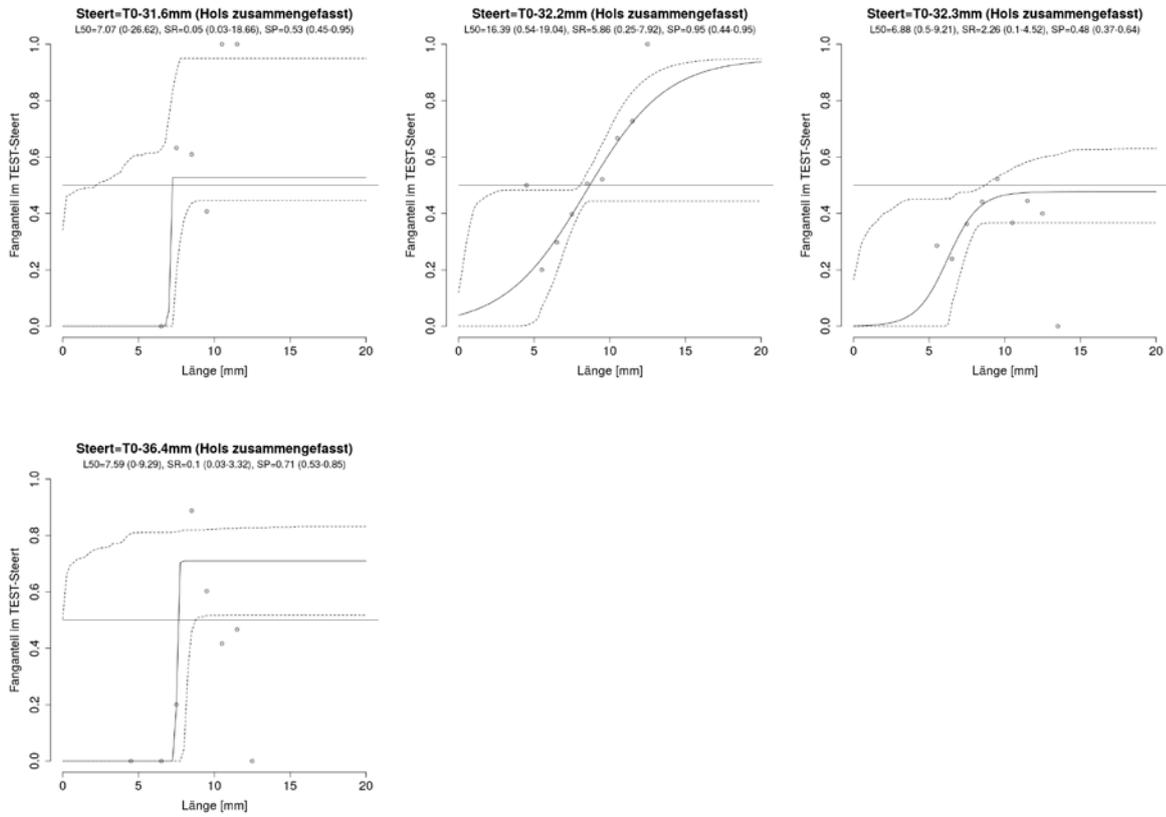
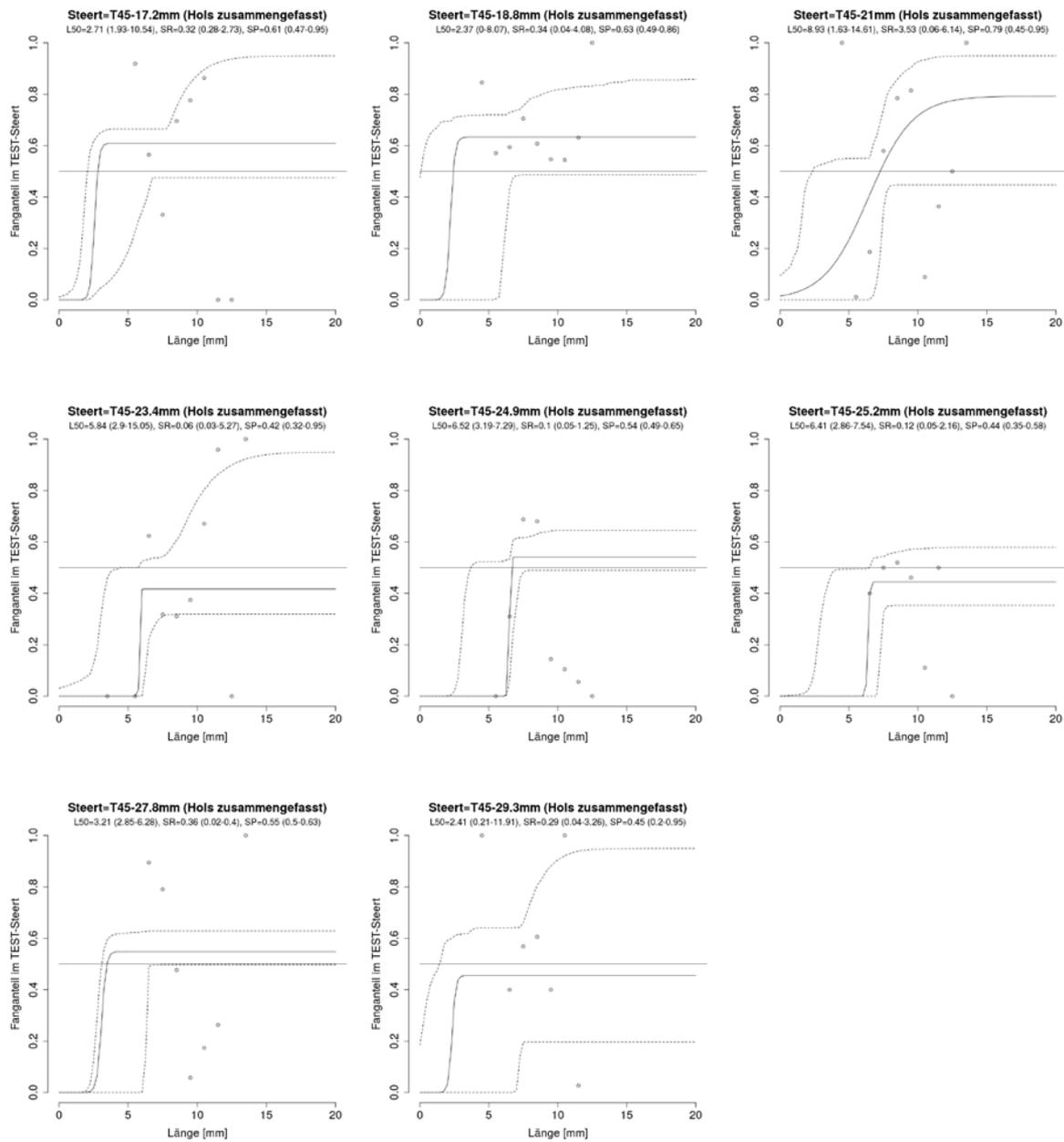


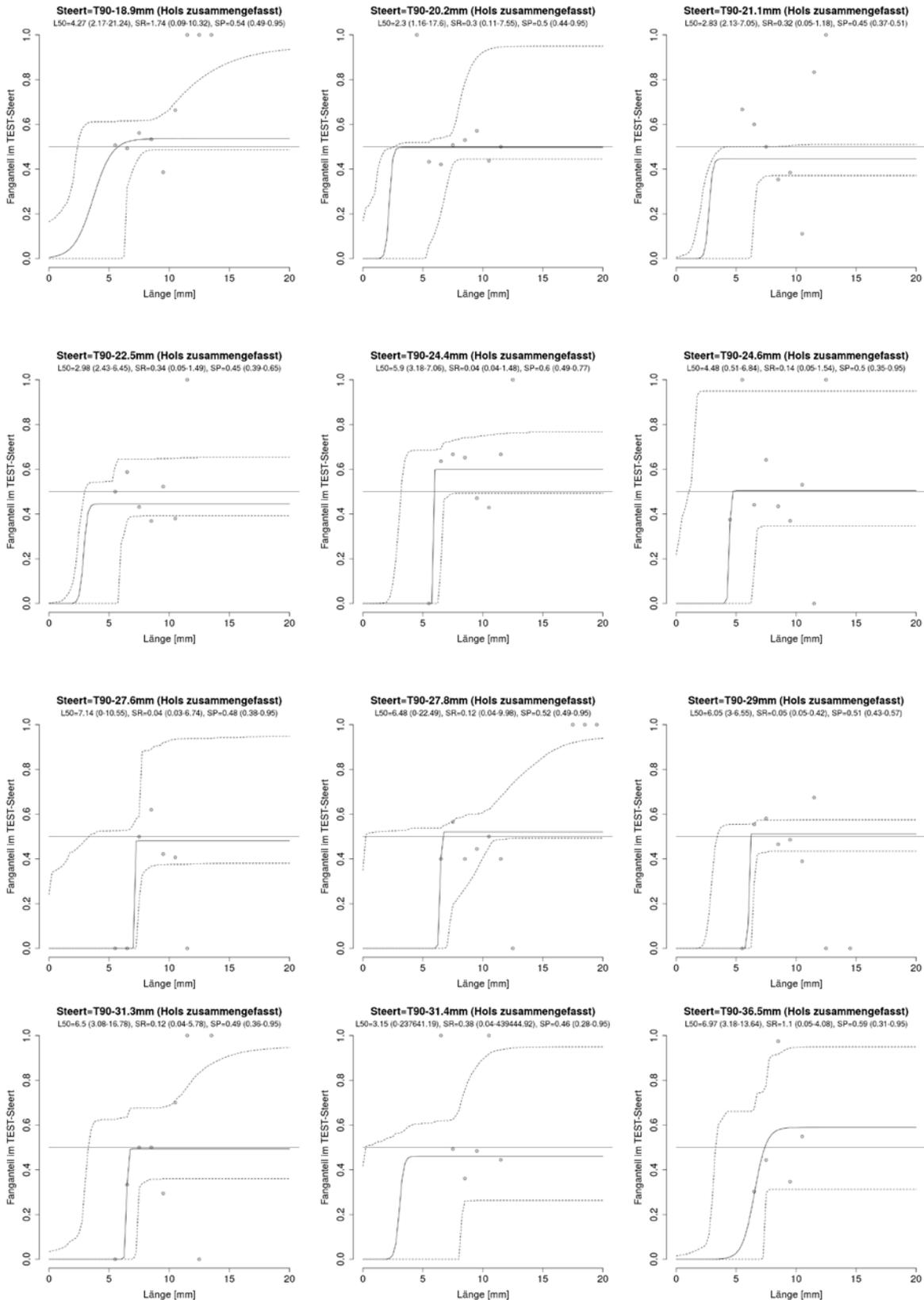
Abbildung 112: Fortsetzung



**Abbildung 113:** Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 114:** Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.

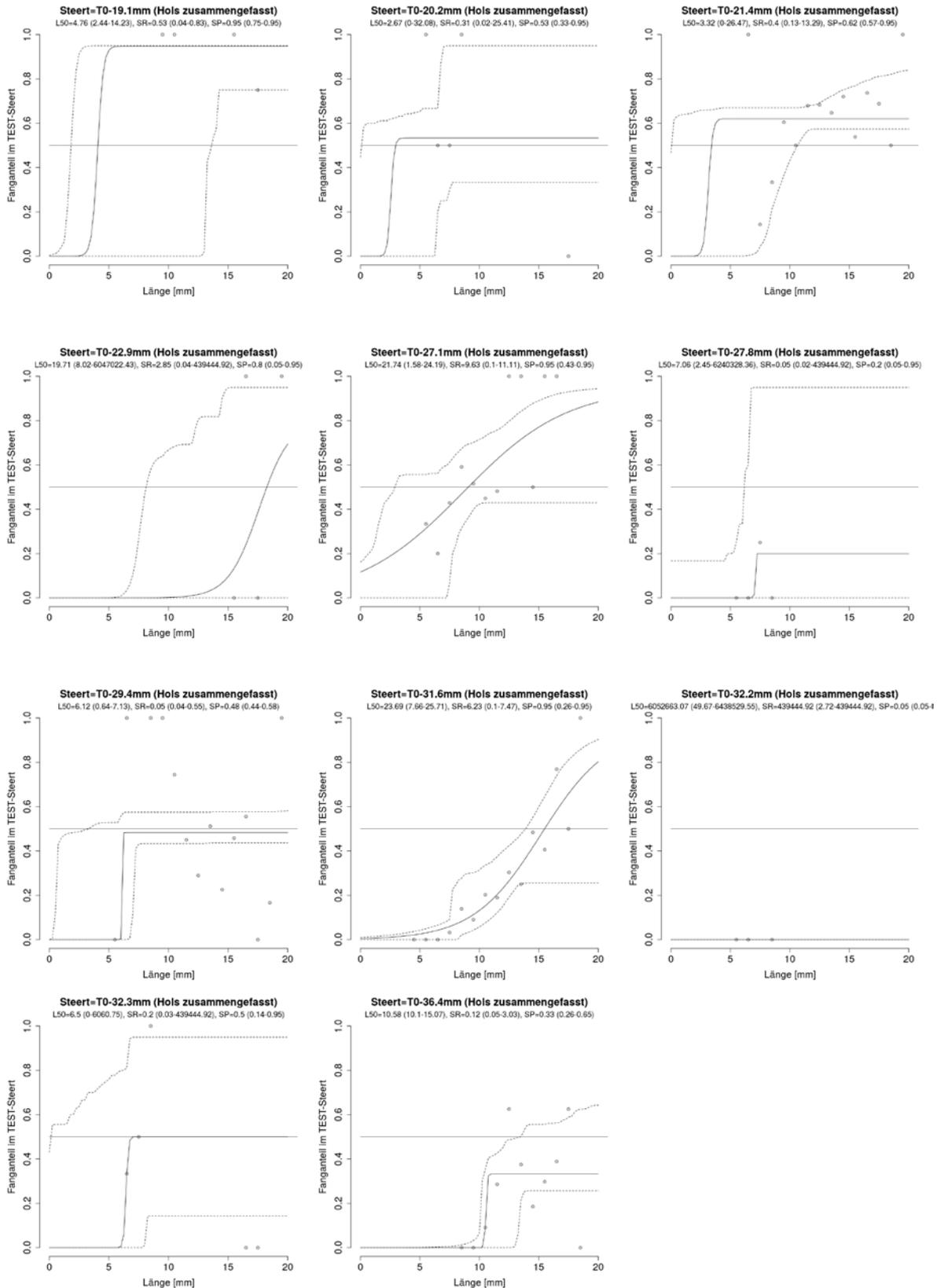


### 16.1.5 Wittling (*Merlangius merlangus*)

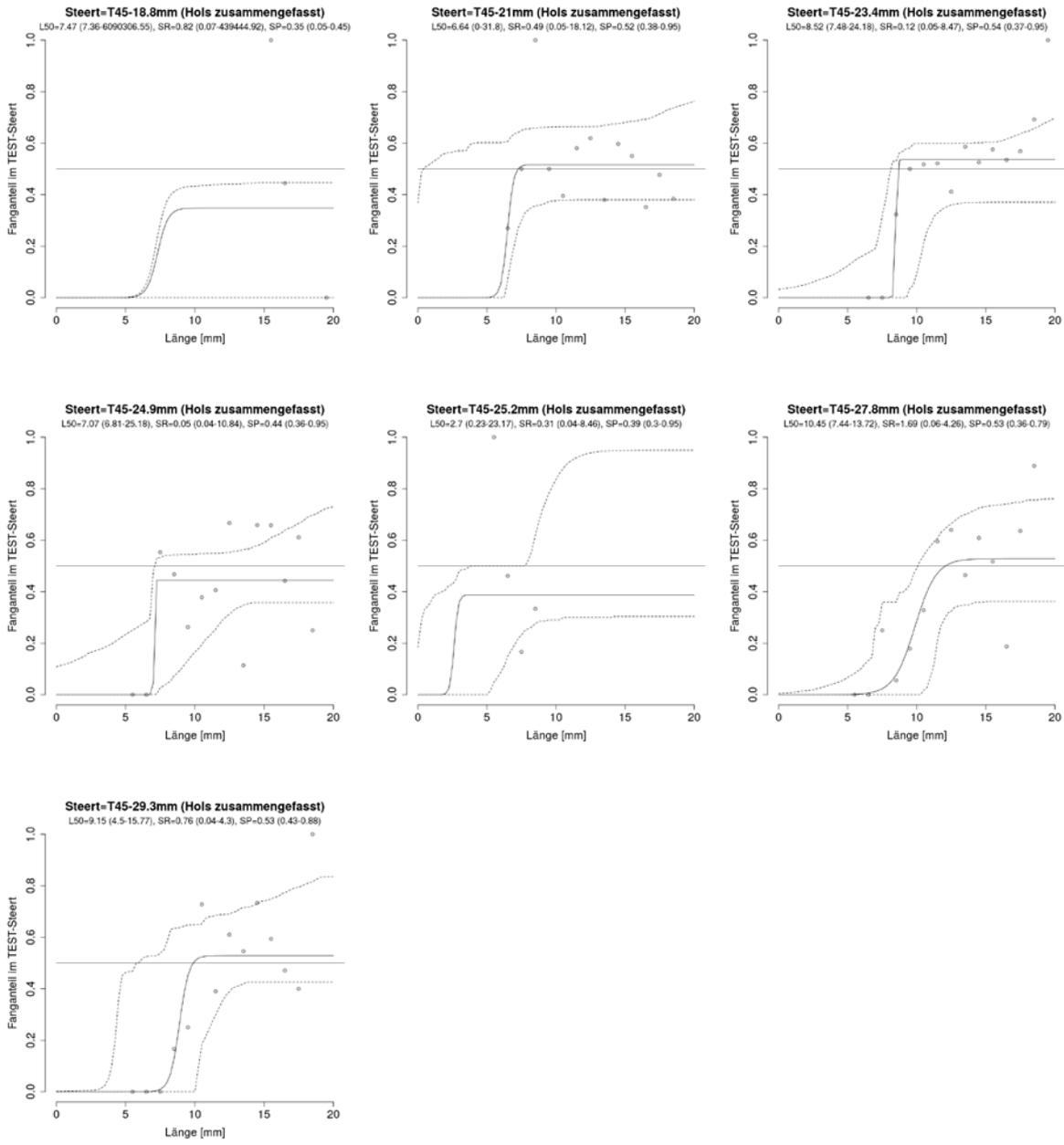
**Tabelle 69:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Wittlingen (*Merlangius merlangus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	4.494	2.227-14.164	4.758	2.444-14.227	5.023	2.724-14.535	0.529	0.038-0.832	0.947	0.750-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	2.511	-0.111-19.373	2.666	0.000-32.075	2.822	0.055-49.951	0.312	0.024-25.407	0.533	0.333-0.950
T0-20mm	T0-21.4mm	3.120	-0.134-20.143	3.318	0.000-26.470	3.516	0.069-32.790	0.396	0.131-13.289	0.621	0.574-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	18.282	7.582-5827299.972	19.709	8.023-6047022.430	21.135	8.464-6266744.888	2.853	0.037-439444.915	0.803	0.050-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	16.926	1.349-18.746	21.741	1.579-24.186	26.557	1.808-30.025	9.631	0.100-11.112	0.950	0.429-0.950
T0-26mm	T0-27.8mm	7.036	1.536-6020605.901	7.059	2.451-6240328.359	7.082	2.580-6460050.817	0.046	0.020-439444.915	0.200	0.050-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	6.099	0.562-7.049	6.123	0.642-7.128	6.147	0.719-7.206	0.048	0.042-0.547	0.483	0.436-0.582
T0-30mm	T0-31.6mm	20.570	7.604-22.073	23.687	7.659-25.712	26.803	7.715-29.350	6.233	0.100-7.471	0.950	0.255-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	5832940.608	48.308-6218807.095	6052663.065	49.671-6438529.553	6272385.523	51.033-6658252.011	439444.915	2.725-439444.915	0.050	0.050-0.050
T0-30mm	T0-32.3mm	6.398	-0.122-41.264	6.500	0.000-6060.745	6.602	0.054-225783.203	0.203	0.025-439444.915	0.500	0.143-0.950
T0-34mm	T0-36.4mm	10.516	10.063-13.625	10.578	10.097-15.069	10.639	10.127-16.884	0.123	0.049-3.026	0.333	0.257-0.647
T45-18mm	T45-18.8mm	7.060	6.951-5870584.097	7.471	7.356-6090306.555	7.882	7.761-6310029.012	0.823	0.071-439444.915	0.348	0.050-0.447
T45-20mm	T45-21.0mm	6.398	-0.212-23.896	6.644	0.000-31.803	6.889	0.072-40.329	0.490	0.050-18.120	0.516	0.380-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	8.460	7.424-20.085	8.519	7.480-24.184	8.577	7.536-28.282	0.117	0.050-8.468	0.537	0.371-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	7.040	5.896-20.920	7.066	6.808-25.185	7.092	6.846-29.500	0.052	0.036-10.836	0.444	0.358-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	2.542	0.108-18.541	2.696	0.232-23.174	2.849	0.335-27.378	0.307	0.043-8.455	0.387	0.304-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	9.602	6.976-12.111	10.448	7.444-13.719	11.293	7.498-15.518	1.691	0.061-4.259	0.529	0.364-0.787
T45-28mm	T45-29.3mm	8.771	4.246-14.238	9.150	4.497-15.769	9.529	4.741-17.589	0.758	0.042-4.302	0.529	0.427-0.885
T90-18mm	T90-18.8mm	11.576	5.829-17.757	11.624	6.158-17.914	11.673	6.498-18.075	0.097	0.042-0.707	0.513	0.270-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	6.423	-0.305-28.940	6.485	0.000-54.961	6.547	0.076-219722.458	0.124	0.070-439444.915	0.450	0.233-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	2.487	-0.056-11.506	2.636	0.000-130.645	2.784	0.103-120955.961	0.297	0.021-241703.884	0.643	0.286-0.950
T90-24mm	T90-24.6mm	7.848	0.268-17.250	7.923	0.370-19.947	7.998	0.428-23.017	0.150	0.029-8.059	0.677	0.399-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	7.472	0.598-26.042	10.474	0.756-32.871	13.477	0.977-39.713	6.005	0.043-15.122	0.564	0.383-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	7.500	1.865-5586423.215	7.549	2.002-5806145.673	7.597	2.448-6025868.131	0.097	0.025-439444.915	0.667	0.050-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	9.489	4.487-12.202	10.107	4.750-13.076	10.725	5.014-14.560	1.236	0.045-3.717	0.608	0.449-0.826
T90-30mm	T90-31.3mm	2.964	0.495-36.730	3.142	0.652-58.698	3.321	0.724-78.542	0.357	0.021-41.592	0.500	0.286-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	10.374	8.526-23.326	11.480	8.599-28.278	12.586	8.651-33.218	2.213	0.101-10.434	0.564	0.381-0.950
T90-34mm	T90-36.5mm	2.201	3.098-27.948	2.525	3.364-33.919	2.850	3.594-39.889	0.649	0.051-12.662	0.314	0.281-0.950

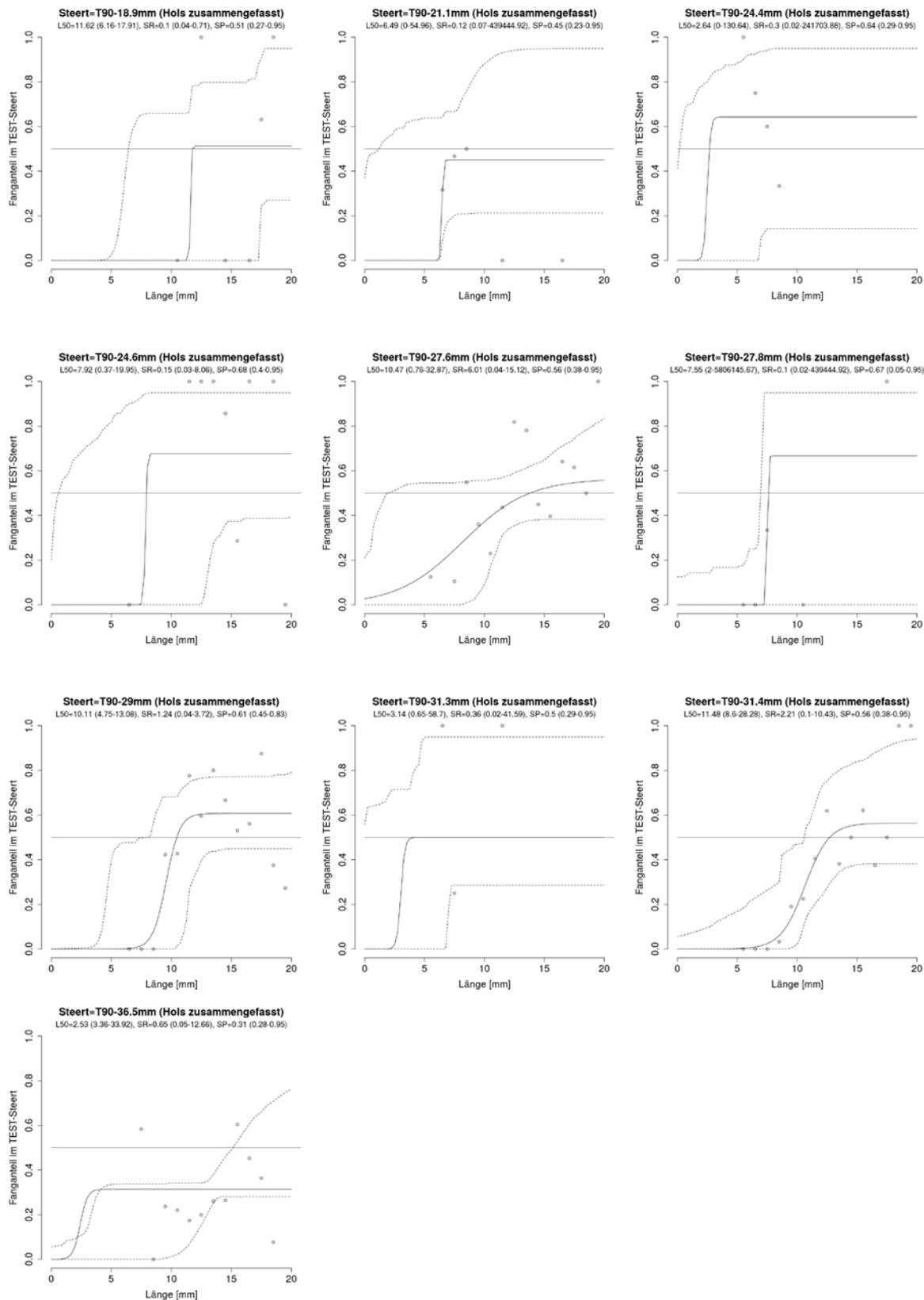
**Abbildung 115:** Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 116:** Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 117:** Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.

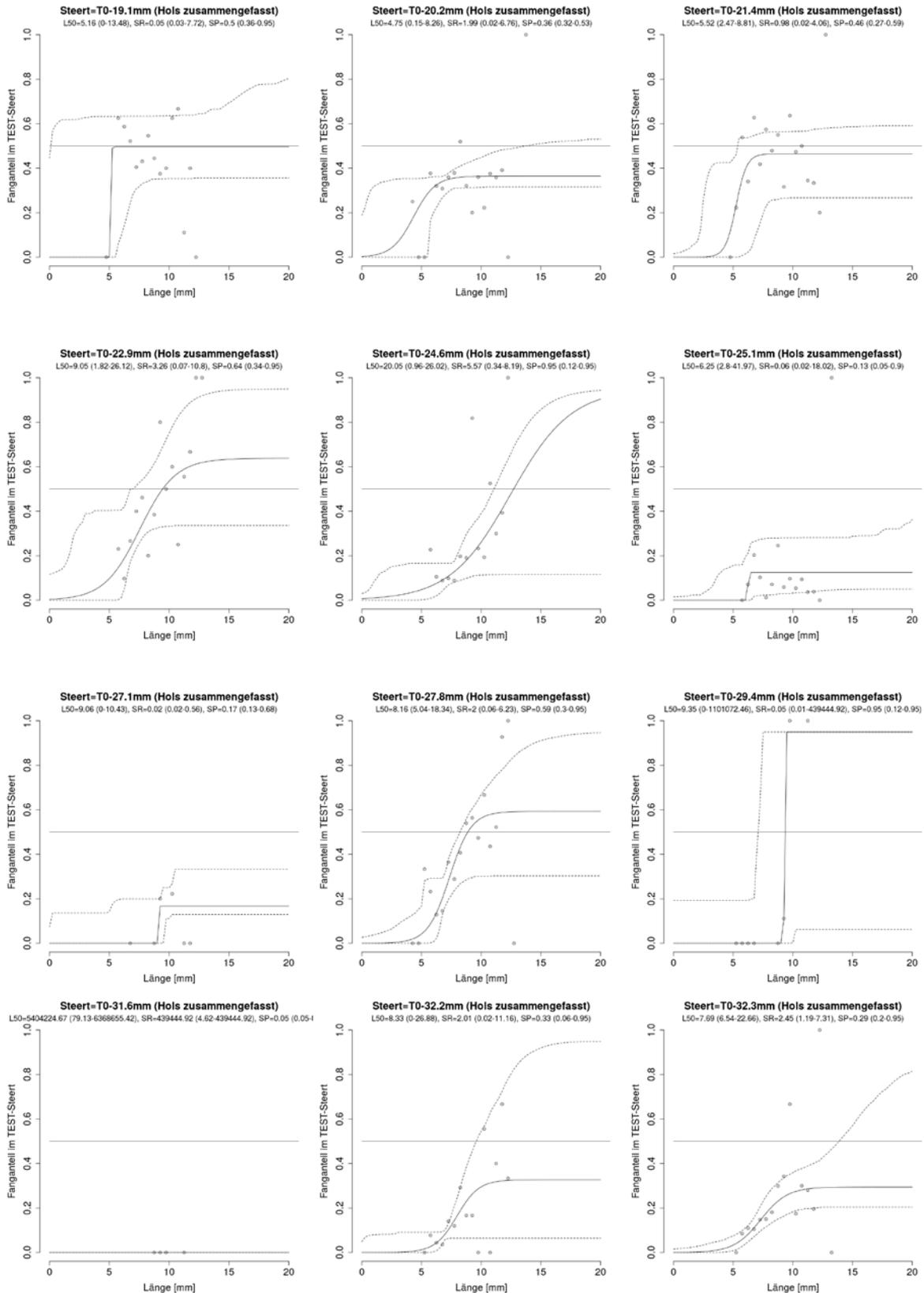


### 16.1.6 Sprotte (*Sprattus sprattus*)

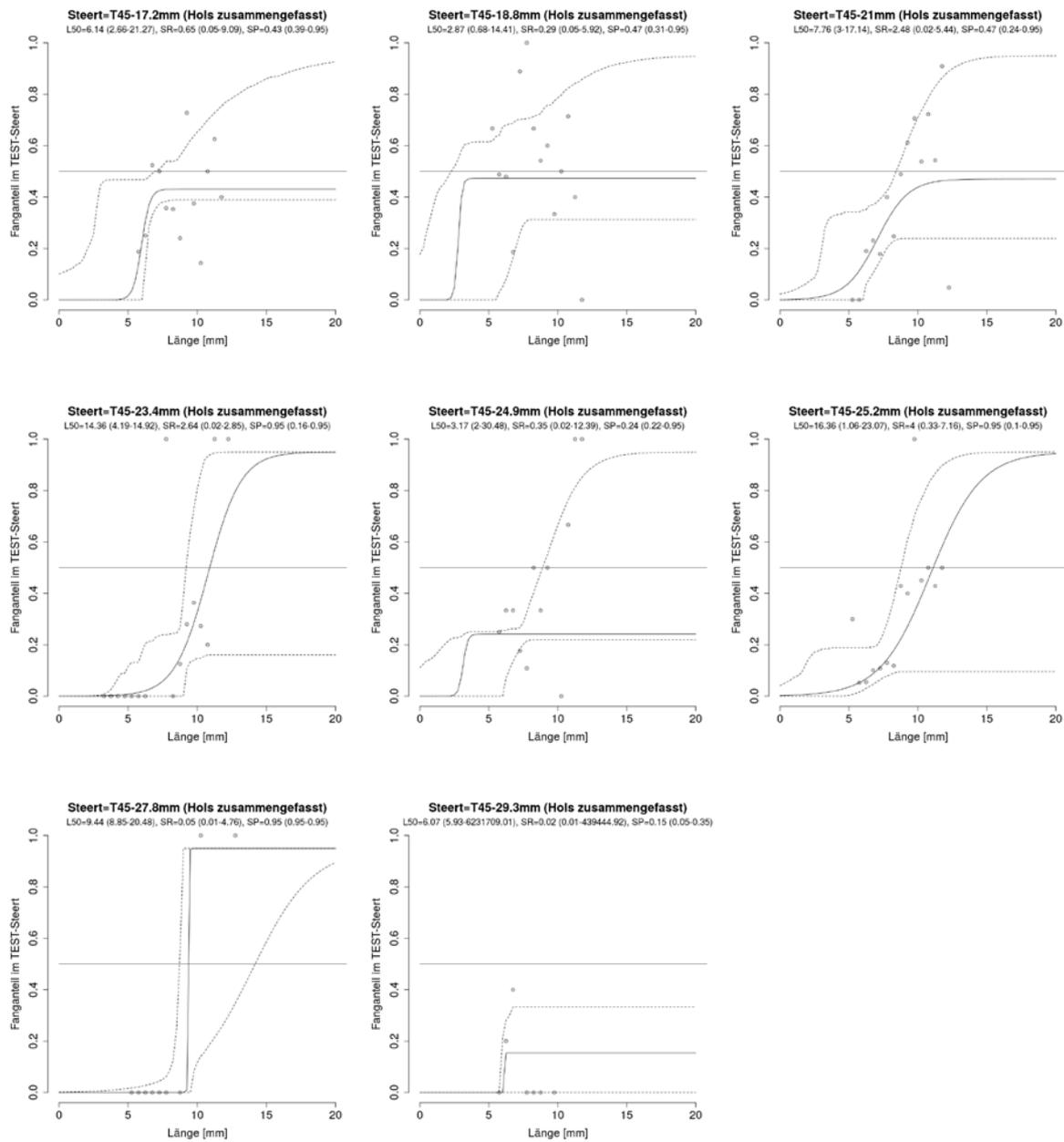
**Tabelle 70:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sprotte (*Sprattus sprattus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	5.131	-0.202-10.338	5.159	0.000-13.477	5.186	0.063-17.040	0.055	0.027-7.715	0.496	0.359-0.950
T0-20mm	T0-20.2mm	3.754	-0.177-5.949	4.751	0.151-8.255	5.748	0.582-11.036	1.994	0.021-6.757	0.364	0.316-0.535
T0-20mm	T0-21.4mm	5.032	2.291-7.650	5.520	2.468-8.811	6.009	2.639-10.346	0.978	0.023-4.059	0.464	0.267-0.591
T0-22mm	T0-22.9mm	7.418	1.681-20.676	9.048	1.819-26.117	10.678	1.949-31.510	3.260	0.072-10.801	0.638	0.336-0.950
T0-24mm	T0-24.6mm	17.263	0.550-22.312	20.048	0.964-26.017	22.832	1.265-30.083	5.569	0.342-8.190	0.950	0.115-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	6.213	2.139-29.231	6.246	2.796-41.969	6.278	3.065-58.193	0.064	0.021-18.019	0.125	0.050-0.896
T0-26mm	T0-27.8mm	7.164	5.031-15.575	8.161	5.045-18.339	9.159	5.061-21.309	1.995	0.057-6.233	0.593	0.303-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	9.332	-94461.530-881350.006	9.355	0.000-1101072.464	9.378	0.220-1320794.922	0.046	0.012-439444.915	0.950	0.122-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	5184502.215	76.819-6148932.962	5404224.672	79.131-6368655.420	5623947.130	81.442-6588377.877	439444.915	4.624-439444.915	0.050	0.050-0.050
T0-30mm	T0-32.2mm	7.327	-0.180-22.697	8.331	0.000-26.885	9.335	0.455-39.592	2.008	0.024-11.163	0.327	0.065-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	6.470	5.504-19.489	7.695	6.544-22.656	8.920	7.362-25.831	2.450	1.189-7.315	0.294	0.204-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	5.817	2.493-16.642	6.144	2.663-21.272	6.470	2.834-26.244	0.653	0.052-9.088	0.431	0.389-0.950
T45-18mm	T45-18.8mm	2.727	0.417-11.743	2.871	0.679-14.411	3.015	1.035-16.876	0.288	0.051-5.915	0.473	0.313-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	6.519	2.804-14.512	7.759	2.996-17.144	8.999	3.197-19.738	2.480	0.024-5.441	0.470	0.239-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	2.997	1.777-24.282	3.175	2.001-30.475	3.352	2.225-36.669	0.355	0.019-12.388	0.242	0.219-0.950
T45-24mm	T45-25.2mm	14.363	0.807-19.640	16.362	1.060-23.074	18.361	1.313-26.467	3.997	0.328-7.158	0.950	0.096-0.950
T45-26mm	T45-27.8mm	9.410	8.812-18.077	9.437	8.855-20.479	9.464	8.873-22.904	0.054	0.012-4.765	0.950	0.950-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	6.056	5.913-6011986.548	6.066	5.932-6231709.006	6.076	5.947-6451431.464	0.020	0.014-439444.915	0.154	0.050-0.346
T90-18mm	T90-18.8mm	5.493	-0.117-6.883	6.152	0.000-7.941	6.810	0.057-12.574	1.317	0.041-5.949	0.501	0.421-0.809
T90-20mm	T90-20.2mm	16.033	1.584-18.667	19.400	1.807-22.930	22.767	2.033-27.474	6.734	0.050-8.968	0.950	0.207-0.950
T90-20mm	T90-21.1mm	5.353	1.868-8.579	6.617	2.067-11.164	7.881	2.279-14.414	2.528	0.021-5.980	0.412	0.264-0.700
T90-22mm	T90-22.5mm	14.810	-0.334-836103.560	16.763	0.000-1055826.018	18.715	0.112-1275548.476	3.905	0.052-439444.915	0.950	0.069-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	6.575	1.874-23.699	7.892	2.069-29.316	9.208	2.263-34.928	2.633	0.352-10.728	0.311	0.188-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	18.015	0.825-23.140	20.889	1.114-28.074	23.763	1.405-32.620	5.748	0.022-9.327	0.950	0.124-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	6.544	2.049-804859.428	6.554	2.498-1024581.886	6.565	2.744-1244304.344	0.022	0.013-439444.915	0.316	0.143-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	5.162	1.928-10.213	5.188	2.147-13.032	5.214	2.367-15.743	0.051	0.020-4.949	0.101	0.050-0.399

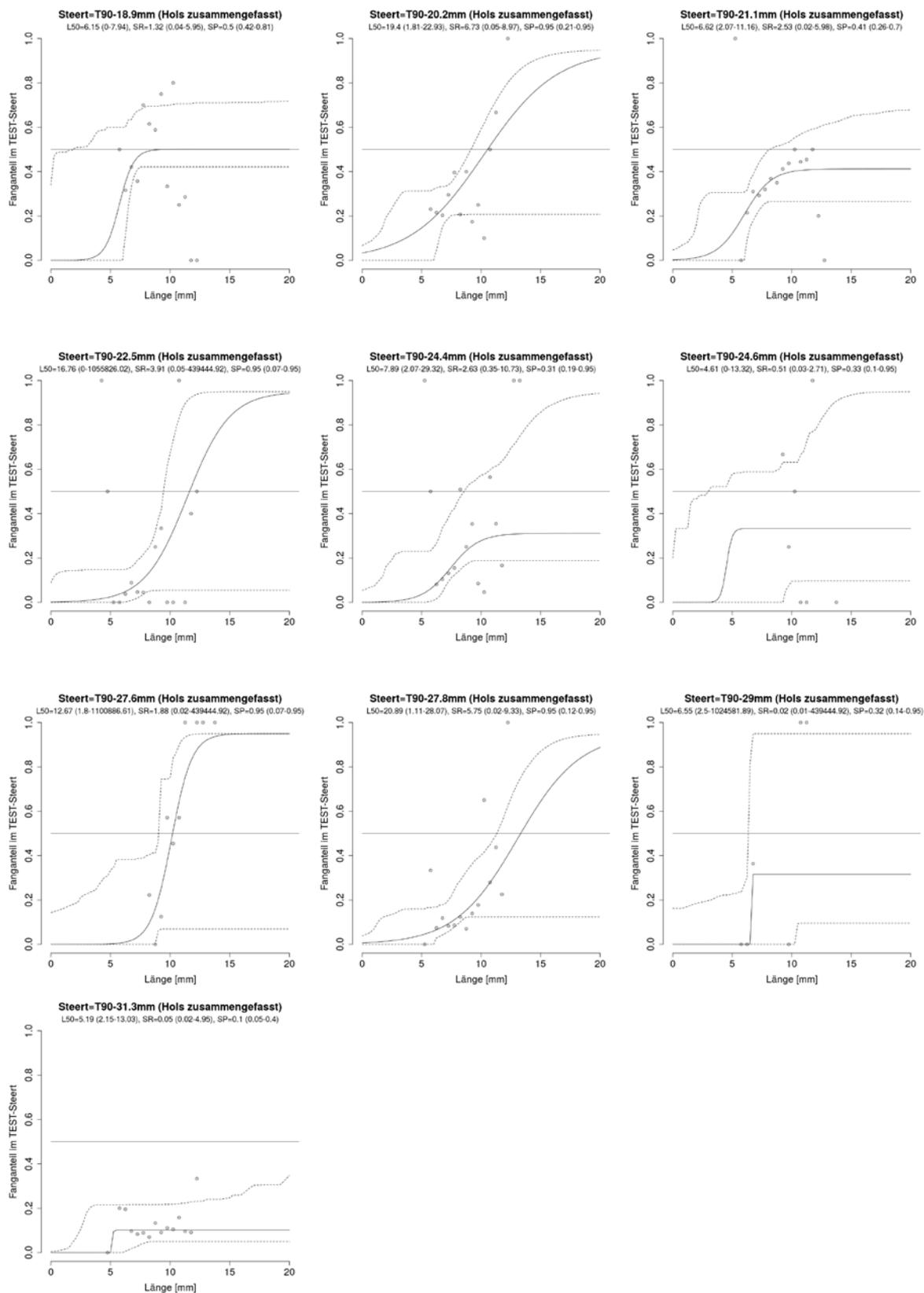
**Abbildung 118:** Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 119:** Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 120:** Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.

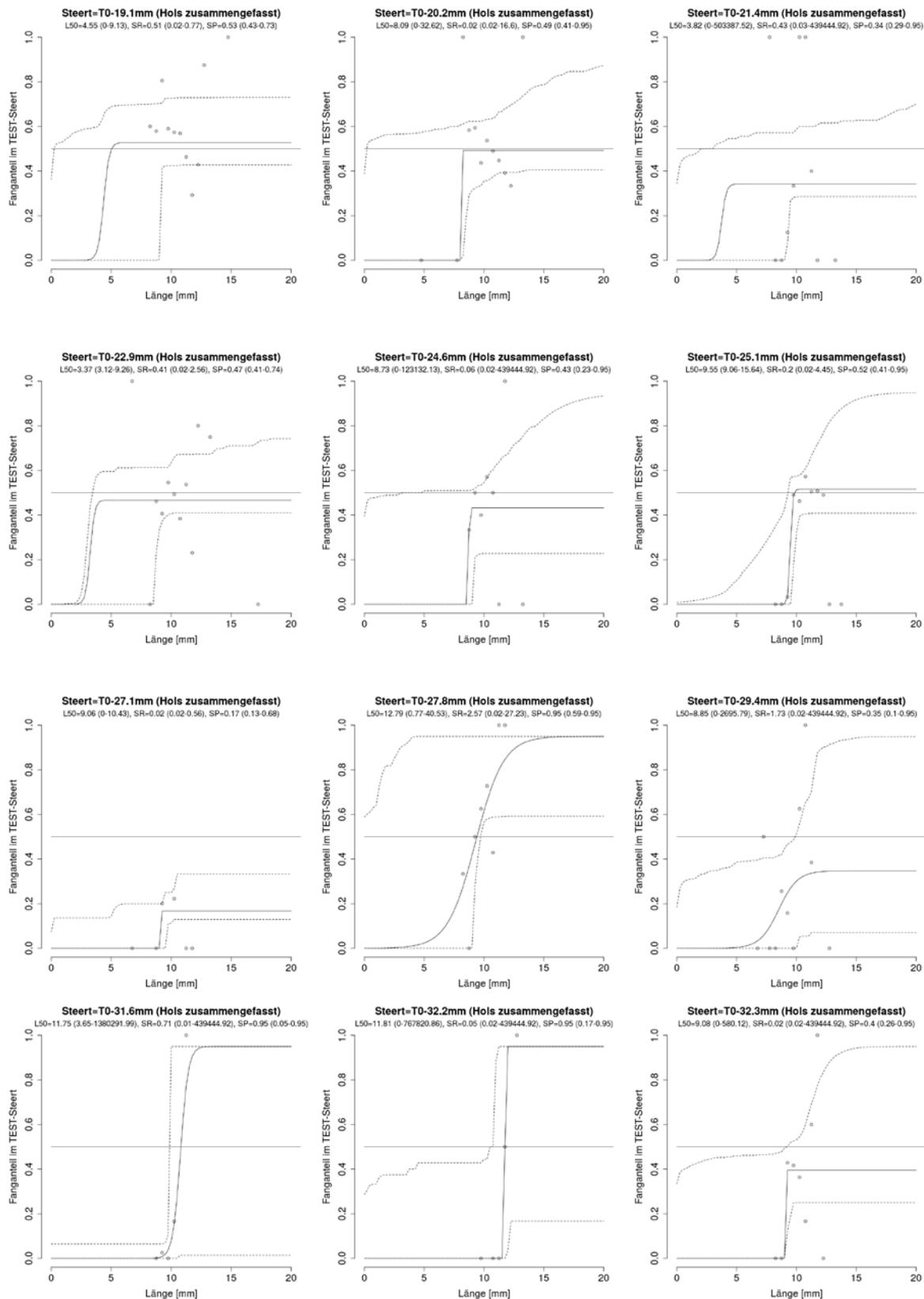


## 16.1.7 Hering (*Clupea harengus*)

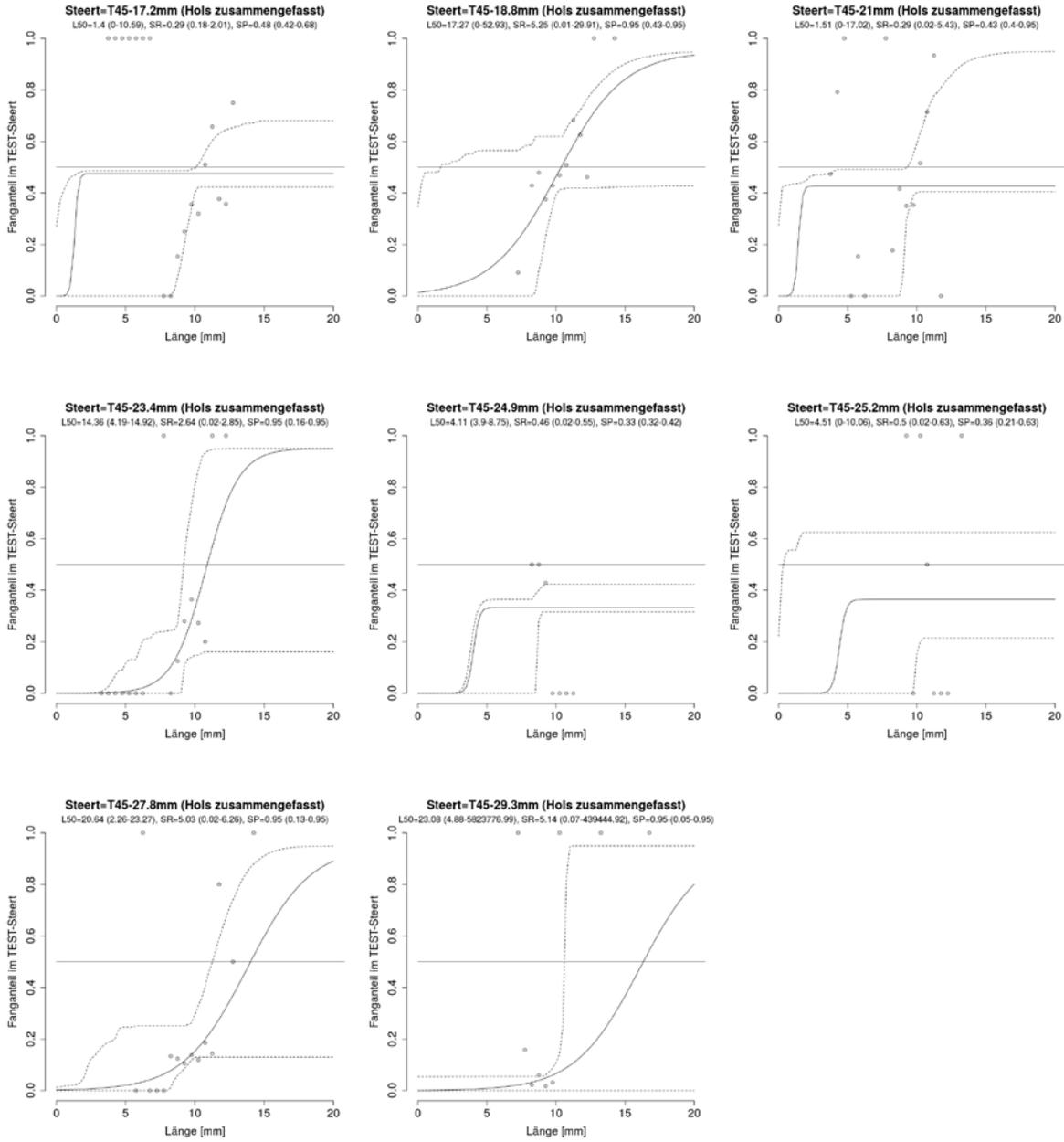
**Tabelle 71:** Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Heringen (*Clupea harengus*) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche

Steert nominale MÖ	Steert gemessene MÖ	L25	L25 Konfidenzintervall	L50	L50 Konfidenzintervall	L75	L75 Konfidenzintervall	SR	SR Konfidenzintervall	SP	SP Konfidenzintervall
T0-18mm	T0-19.1mm	4.294	-0.126-9.093	4.547	0.000-9.125	4.800	0.112-9.191	0.507	0.019-0.772	0.528	0.428-0.730
T0-20mm	T0-20.2mm	8.078	-0.135-23.822	8.088	0.000-32.621	8.099	0.060-40.991	0.021	0.018-16.602	0.492	0.409-0.950
T0-20mm	T0-21.4mm	3.607	-219722.458-283665.065	3.820	0.000-503387.523	4.034	0.056-723109.981	0.427	0.035-439444.915	0.342	0.289-0.950
T0-22mm	T0-22.9mm	3.163	2.909-8.836	3.368	3.116-9.255	3.572	3.319-10.212	0.409	0.024-2.556	0.467	0.410-0.742
T0-24mm	T0-24.6mm	8.702	-0.114-52.955	8.732	0.000-123132.133	8.762	0.057-342854.591	0.060	0.018-439444.915	0.432	0.227-0.950
T0-24mm	T0-25.1mm	9.455	8.870-13.429	9.554	9.061-15.636	9.652	9.102-17.719	0.197	0.022-4.453	0.516	0.409-0.950
T0-26mm	T0-27.1mm	9.048	-0.162-10.367	9.059	0.000-10.429	9.070	0.107-10.500	0.022	0.015-0.556	0.167	0.129-0.675
T0-26mm	T0-27.8mm	11.507	0.456-24.653	12.792	0.768-40.534	14.078	0.841-54.079	2.570	0.020-27.229	0.950	0.593-0.950
T0-28mm	T0-29.4mm	7.988	-69519.768-25.391	8.854	0.000-2695.792	9.721	0.059-222418.250	1.733	0.023-439444.915	0.347	0.098-0.950
T0-30mm	T0-31.6mm	11.394	-214523.609-1160569.532	11.748	3.654-1380291.990	12.103	9.852-1600014.447	0.709	0.014-439444.915	0.950	0.050-0.950
T0-30mm	T0-32.2mm	11.790	-0.103-548098.404	11.814	0.000-767820.862	11.838	0.118-987543.320	0.049	0.020-439444.915	0.950	0.167-0.950
T0-30mm	T0-32.3mm	9.072	-0.180-167.405	9.083	0.000-580.123	9.093	0.057-219722.458	0.021	0.016-439444.915	0.395	0.261-0.950
T45-15mm	T45-17.2mm	1.256	-0.209-9.735	1.401	0.000-10.590	1.546	0.259-11.456	0.289	0.179-2.009	0.476	0.422-0.681
T45-18mm	T45-18.8mm	14.649	-0.062-36.887	17.275	0.000-52.929	19.901	0.176-68.524	5.252	0.014-29.915	0.950	0.430-0.950
T45-20mm	T45-21.0mm	1.369	-0.073-14.437	1.513	0.000-17.016	1.657	0.069-19.808	0.288	0.025-5.433	0.427	0.405-0.950
T45-22mm	T45-23.4mm	13.046	3.943-13.483	14.364	4.187-14.918	15.682	4.431-16.302	2.635	0.021-2.847	0.950	0.160-0.950
T45-24mm	T45-24.9mm	3.880	3.682-8.724	4.109	3.902-8.750	4.339	4.124-8.780	0.460	0.021-0.545	0.333	0.316-0.423
T45-24mm	T45-25.2mm	4.257	-0.054-10.056	4.507	0.000-10.063	4.758	0.053-10.071	0.502	0.022-0.629	0.364	0.214-0.625
T45-26mm	T45-27.8mm	18.128	2.016-20.143	20.643	2.260-23.267	23.159	2.507-26.325	5.031	0.020-6.258	0.950	0.130-0.950
T45-28mm	T45-29.3mm	20.513	4.662-5604054.531	23.083	4.881-5823776.989	25.653	5.668-6043499.446	5.139	0.072-439444.915	0.950	0.050-0.950
T90-18mm	T90-18.8mm	3.529	3.137-8.746	3.753	3.356-8.888	3.976	3.584-9.360	0.447	0.055-1.486	0.494	0.467-0.578
T90-20mm	T90-20.2mm	9.098	3.229-13.432	9.378	3.450-15.801	9.658	3.661-18.282	0.561	0.050-5.765	0.528	0.386-0.918
T90-20mm	T90-21.1mm	4.562	-0.056-11.155	4.830	0.000-12.345	5.099	0.062-13.809	0.537	0.030-4.202	0.500	0.182-0.950
T90-22mm	T90-22.5mm	8.656	-0.314-28.269	8.919	0.000-40.586	9.182	0.064-57.509	0.526	0.027-22.454	0.304	0.103-0.950
T90-24mm	T90-24.4mm	9.207	-178944.842-5223196.489	9.234	0.000-5442918.947	9.260	0.068-5662641.405	0.052	0.022-439444.915	0.333	0.050-0.942
T90-24mm	T90-24.6mm	4.354	-0.054-12.112	4.610	0.000-13.316	4.867	0.056-15.043	0.513	0.026-2.709	0.333	0.097-0.950
T90-26mm	T90-27.6mm	11.734	1.289-881164.157	12.672	1.803-1100886.614	13.609	2.437-1320609.072	1.875	0.021-439444.915	0.950	0.069-0.950
T90-26mm	T90-27.8mm	10.058	-0.086-40.082	10.080	0.000-145.380	10.102	0.067-219722.458	0.044	0.024-439444.915	0.500	0.231-0.950
T90-28mm	T90-29.0mm	3.627	-0.191-37700.727	3.842	0.000-257423.184	4.058	0.055-477145.642	0.431	0.024-439444.915	0.560	0.155-0.950
T90-30mm	T90-31.3mm	9.176	-186113.301-6024213.181	9.202	0.000-6243935.639	9.227	0.287-6463658.096	0.050	0.029-439444.915	0.111	0.050-0.950
T90-30mm	T90-31.4mm	7.239	7.507-6013175.936	8.604	7.893-6232898.394	9.970	7.908-6452620.851	2.731	0.014-439444.915	0.065	0.050-0.366

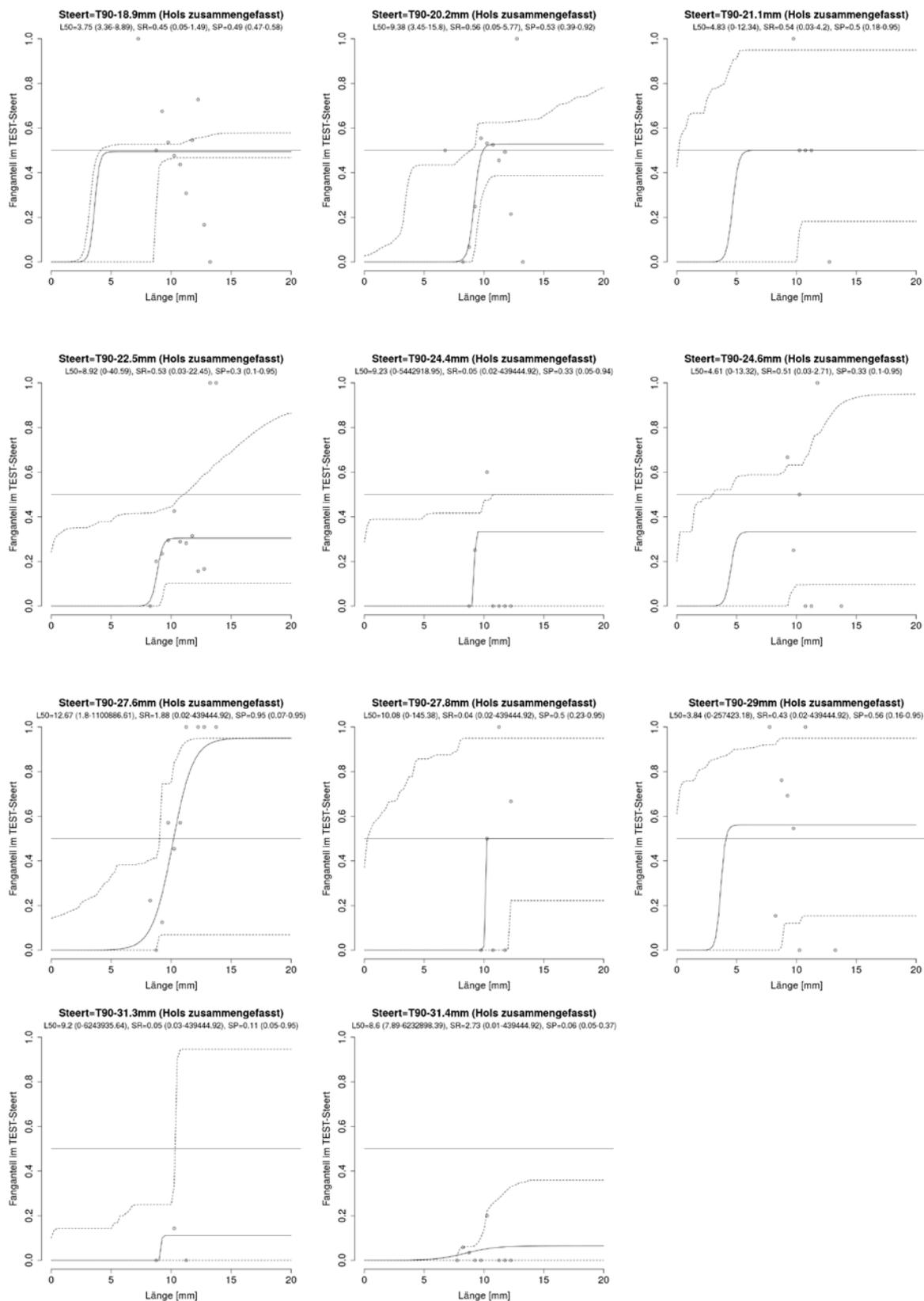
**Abbildung 121:** Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen.



**Abbildung 122:** Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen



**Abbildung 123:** Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Holz, inkl. Vertrauensbereichen





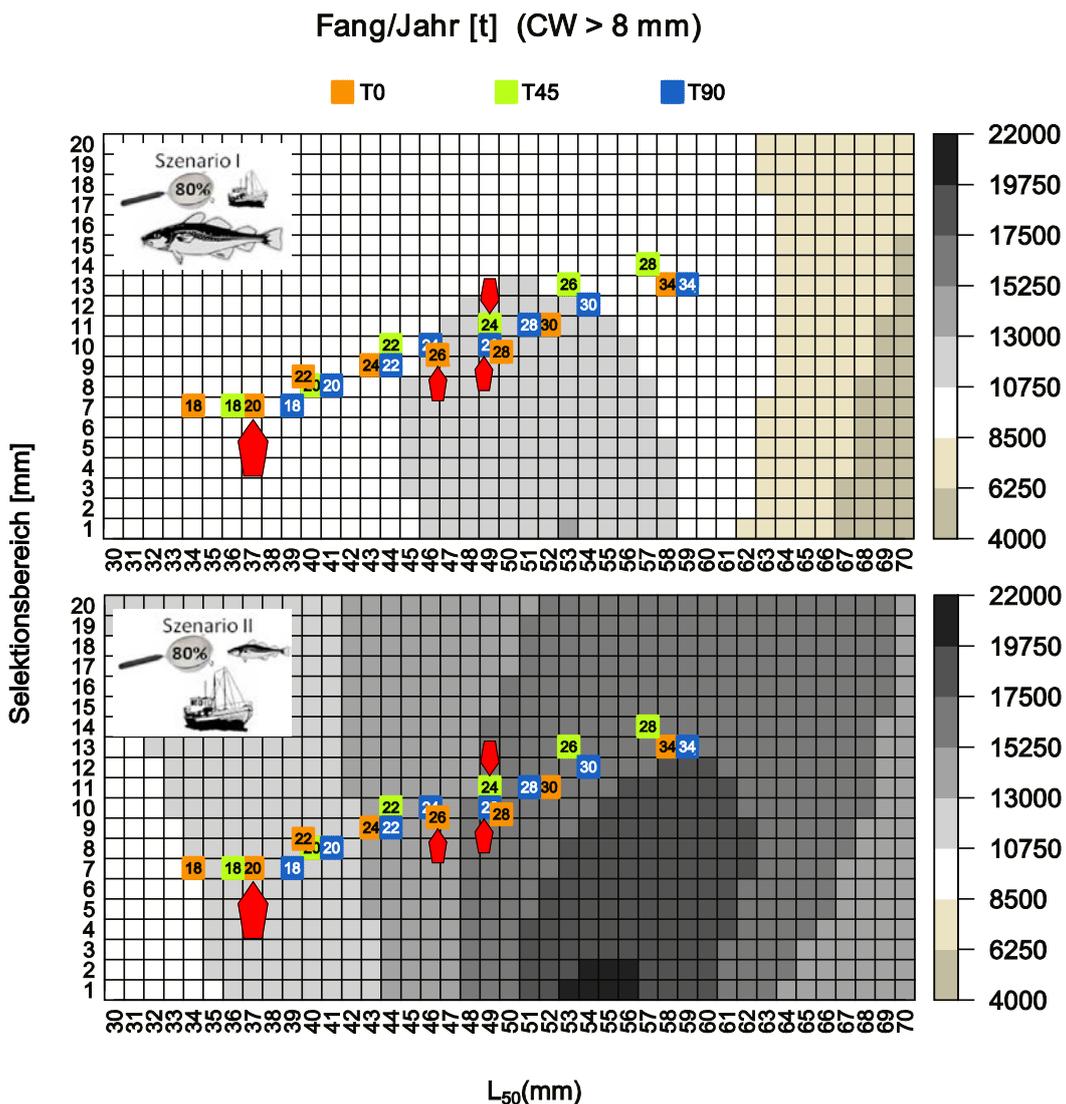
## 17 Populationsdynamik - Anhang

**Tabelle 72:** Modellparameter, welche in der Sensitivitätsanalyse untersucht wurden. Angegeben sind Funktionsbeschreibungen, Einheiten, Formeln, Werte und der Schwankungsbereich, der getestet wurde. Die Sensitivitätsanalyse wurde in den Modelleinstellungen vorgenommen, welche am besten die Ergebnisse des Standardlaufs von Rückert (2011) abbilden.

Parameter	Funktion und Beschreibung	Einheit	Formel	Schwankungsbereich		
				Wert	-	+
T <sub>1</sub>	Temperaturkurve; Offset		$T = T_1 + 7.3877 * \sin(0.01756 * (\text{Kalendertag} - 131.1761))$	9.8933	4.9467	10.8826
T <sub>2</sub>	Temperaturkurve; Amplitude		$T = 9.8933 + T_2 * \sin(0.01756 * (\text{Kalendertag} - 131.1761))$	7.3877	3.6939	8.1265
T <sub>3</sub>	Temperaturkurve; Zeitpunkt Maximum		$T = 9.8933 + 7.3877 * \sin(0.01756 * (\text{Kalendertag} - T_3))$	131.1761	65.5881	144.2937
spawn <sub>gem</sub>	minimales Laichalter	d	-	180	90	198
spawn <sub>min</sub>	minimale Laichlänge	mm	-	30	15	33
Effort <sub>1</sub>	Fischereiaufwand Januar	Index	-	0.1	0.00	0.15
Effort <sub>2</sub>	Fischereiaufwand Februar	Index	-	0.1	0.00	0.15
Effort <sub>3</sub>	Fischereiaufwand März	Index	-	0.7	0.00	0.42
Effort <sub>4</sub>	Fischereiaufwand April	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>5</sub>	Fischereiaufwand Mai	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>6</sub>	Fischereiaufwand Juni	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>7</sub>	Fischereiaufwand Juli	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>8</sub>	Fischereiaufwand August	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>9</sub>	Fischereiaufwand September	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>10</sub>	Fischereiaufwand Oktober	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>11</sub>	Fischereiaufwand November	Index	-	3.1	0.91	1.51
Effort <sub>12</sub>	Fischereiaufwand Dezember	Index	-	0.7	0.00	0.42
M <sub>min</sub>	Nat. Sterblichkeit Adulte Garmelen (>50 mm)	a <sup>-1</sup>	Mit konstanten F (2,2 a <sup>-1</sup> )	3.3	1.65	3.63
M <sub>larvae1</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Januar	Index	-	0.22634	0.0003	0.3263
M <sub>larvae2</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Februar	Index	-	0.22634	0.0003	0.3263
M <sub>larvae3</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven März	Index	-	0.27238	0.0004	0.3724
M <sub>larvae4</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven April	Index	-	0.28005	0.0000	0.3801
M <sub>larvae5</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Mai	Index	-	0.56394	0.0639	0.6639
M <sub>larvae6</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Juni	Index	-	1.12788	0.6279	1.2279
M <sub>larvae7</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Juli	Index	-	1.69182	1.1918	1.7918
M <sub>larvae8</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven August	Index	-	2.25575	1.7558	2.3558
M <sub>larvae9</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven September	Index	-	2.25575	1.7558	2.3558
M <sub>larvae10</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Oktober	Index	-	1.69182	1.1918	1.7918
M <sub>larvae11</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven November	Index	-	1.12788	0.6279	1.2279
M <sub>larvae12</sub>	Nat. Sterblichkeit Larven Dezember	Index	-	0.28005	0.0000	0.3801
M <sub>juv1_1</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Januar	Index	-	0.22556	0.00056	0.32556
M <sub>juv1_2</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Februar	Index	-	0.22556	0.00056	0.32556
M <sub>juv1_3</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) März	Index	-	0.27068	0.00068	0.37068
M <sub>juv1_4</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) April	Index	-	0.28195	0.00095	0.38195
M <sub>juv1_5</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Mai	Index	-	0.56391	0.06391	0.66391
M <sub>juv1_6</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Juni	Index	-	1.12782	0.62782	1.22782
M <sub>juv1_7</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Juli	Index	-	1.69173	1.19173	1.79173
M <sub>juv1_8</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) August	Index	-	2.25564	1.75564	2.35564
M <sub>juv1_9</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) September	Index	-	2.25564	1.75564	2.35564
M <sub>juv1_10</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Oktober	Index	-	1.69173	1.19173	1.79173
M <sub>juv1_11</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) November	Index	-	1.12782	0.62782	1.22782
M <sub>juv1_12</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (6-20 mm) Dezember	Index	-	0.28195	0.00095	0.38195
M <sub>juv2_1</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Januar	Index	-	0.22278	0.00078	0.32278
M <sub>juv2_2</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Februar	Index	-	0.22278	0.00078	0.32278
M <sub>juv2_3</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) März	Index	-	0.27342	0.00042	0.37342
M <sub>juv2_4</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) April	Index	-	0.28354	0.00054	0.38354
M <sub>juv2_5</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Mai	Index	-	0.56709	0.06709	0.66709
M <sub>juv2_6</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Juni	Index	-	1.12405	0.62405	1.22405
M <sub>juv2_7</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Juli	Index	-	1.69114	1.19114	1.79114
M <sub>juv2_8</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) August	Index	-	2.25823	1.75823	2.35823
M <sub>juv2_9</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) September	Index	-	2.25823	1.75823	2.35823
M <sub>juv2_10</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Oktober	Index	-	1.69114	1.19114	1.79114
M <sub>juv2_11</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) November	Index	-	1.12405	0.62405	1.22405
M <sub>juv2_12</sub>	Nat. Sterblichkeit Juvenil (20-50 mm) Dezember	Index	-	0.28354	0.00054	0.38354
M <sub>adult1</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Januar	Index	-	0.32827	0.00027	0.42827
M <sub>adult2</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Februar	Index	-	0.32827	0.00027	0.42827
M <sub>adult3</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) März	Index	-	0.32827	0.00027	0.42827
M <sub>adult4</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) April	Index	-	0.32827	0.00027	0.42827
M <sub>adult5</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Mai	Index	-	0.32827	0.00027	0.42827
M <sub>adult6</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Juni	Index	-	0.94833	0.44833	1.04833
M <sub>adult7</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Juli	Index	-	1.53191	1.03191	1.63191
M <sub>adult8</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) August	Index	-	2.00608	1.50608	2.10608
M <sub>adult9</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) September	Index	-	2.15198	1.65198	2.25198
M <sub>adult10</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Oktober	Index	-	2.00608	1.50608	2.10608
M <sub>adult11</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) November	Index	-	1.2766	0.7766	1.3766
M <sub>adult12</sub>	Nat. Sterblichkeit Adult (>50 mm) Dezember	Index	-	0.43769	0.00069	0.53769
GR <sub>egg1</sub>	1. Parameter Entwicklung Ei		$GR_E = GR_{egg1} * T^{1.254}$	1031.44	515.72	1134.584
GR <sub>egg2</sub>	2. Parameter Entwicklung Ei		$GR_E = 1031.44 * T^{GR_{egg2}}$	1.354	0.677	1.4894
GR <sub>larvae1</sub>	1. Parameter Entwicklung Larve		$GR_L = (5.5 / GR_{larvae1}) * T^{1.347}$	0.00584	0.00292	0.006424
GR <sub>larvae2</sub>	2. Parameter Entwicklung Larve		$GR_L = (5.5 / GR_{larvae1}) * T^{1.347}$	1.347	0.6735	1.4817
GR <sub>female1</sub>	1. Parameter Wachstum Weibchen	mm/d/°C	$GR_F = GR_{female1} * T - 0.00177 * e^{0.0951 * T} * Length$	0.03946	0.01973	0.043406
GR <sub>female2</sub>	2. Parameter Wachstum Weibchen	1/d	$GR_F = 0.03946 * T - GR_{female2} * e^{0.0951 * T} * Length$	0.00177	0.000885	0.001947
GR <sub>female3</sub>	3. Parameter Wachstum Weibchen	1/°C	$GR_F = 0.03946 * T - 0.00177 * e^{0.0951 * T} * Length$	0.0951	0.04755	0.10461
GR <sub>male1</sub>	1. Parameter Wachstum Männchen	mm/d/°C	$GR_M = GR_{male1} * T - 0.00187 * e^{0.0951 * T} * Length$	0.03238	0.01619	0.035618
GR <sub>male2</sub>	2. Parameter Wachstum Männchen	1/d	$GR_M = 0.03238 * T - GR_{male2} * e^{0.0951 * T} * Length$	0.00187	0.000935	0.002057
GR <sub>male3</sub>	3. Parameter Wachstum Männchen	1/°C	$GR_M = 0.03238 * T - 0.00187 * e^{0.0951 * T} * Length$	0.0951	0.04755	0.10461
moulting <sub>1</sub>	1. Parameter Häutungsrate		$moultingrate = 1 / (moulting_1 * Length^{0.7364} * e^{(0.029363 * T)})$	5.7066	2.8533	6.2726
moulting <sub>2</sub>	2. Parameter Häutungsrate		$moultingrate = 1 / (5.7066 * Length^{0.7364} * e^{(0.029363 * T)})$	0.7364	0.3682	0.81004
moulting <sub>3</sub>	3. Parameter Häutungsrate		$moultingrate = 1 / (5.7066 * Length^{0.7364} * e^{(0.029363 * T)})$	0.09363	0.046815	0.102993

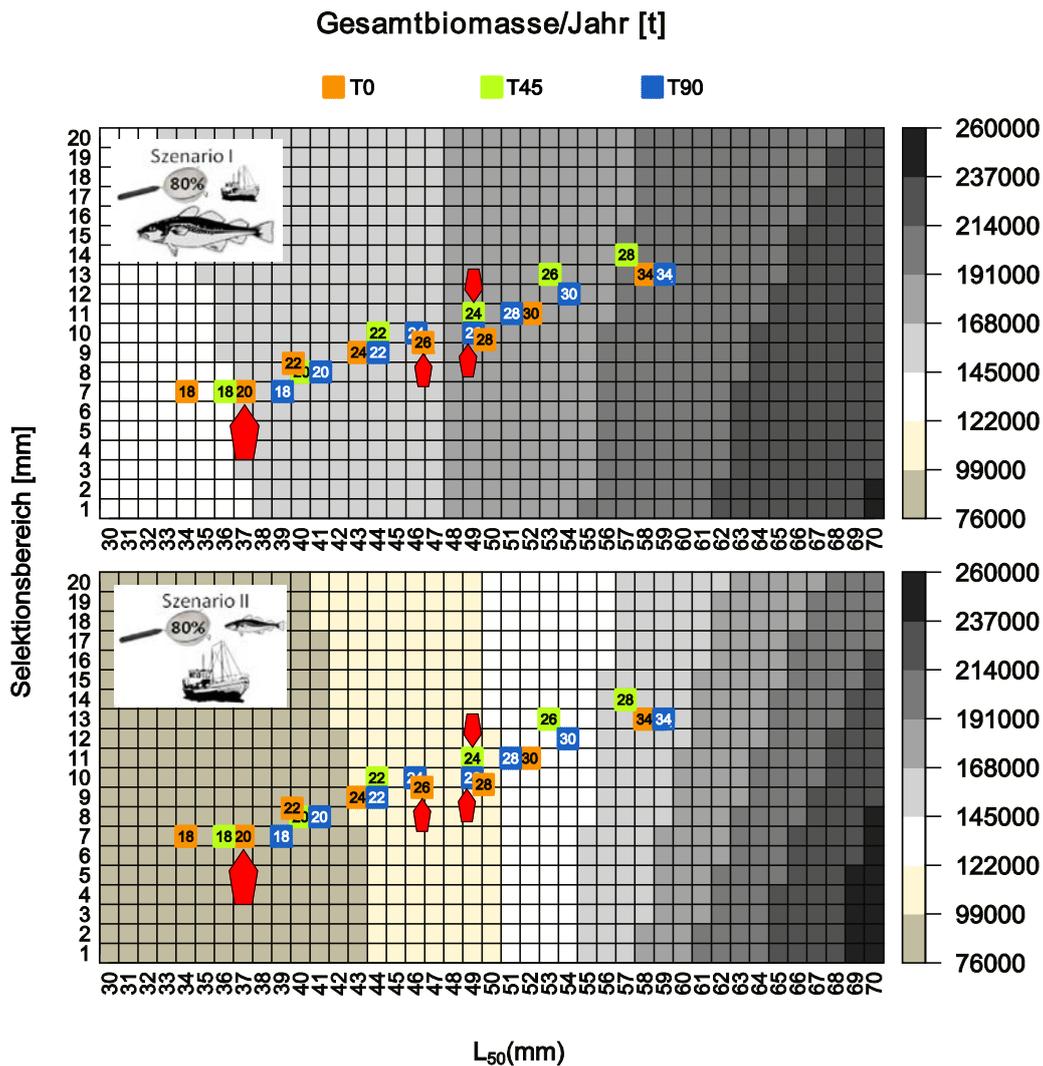
**Abbildung 124:**

Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Standard-Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.



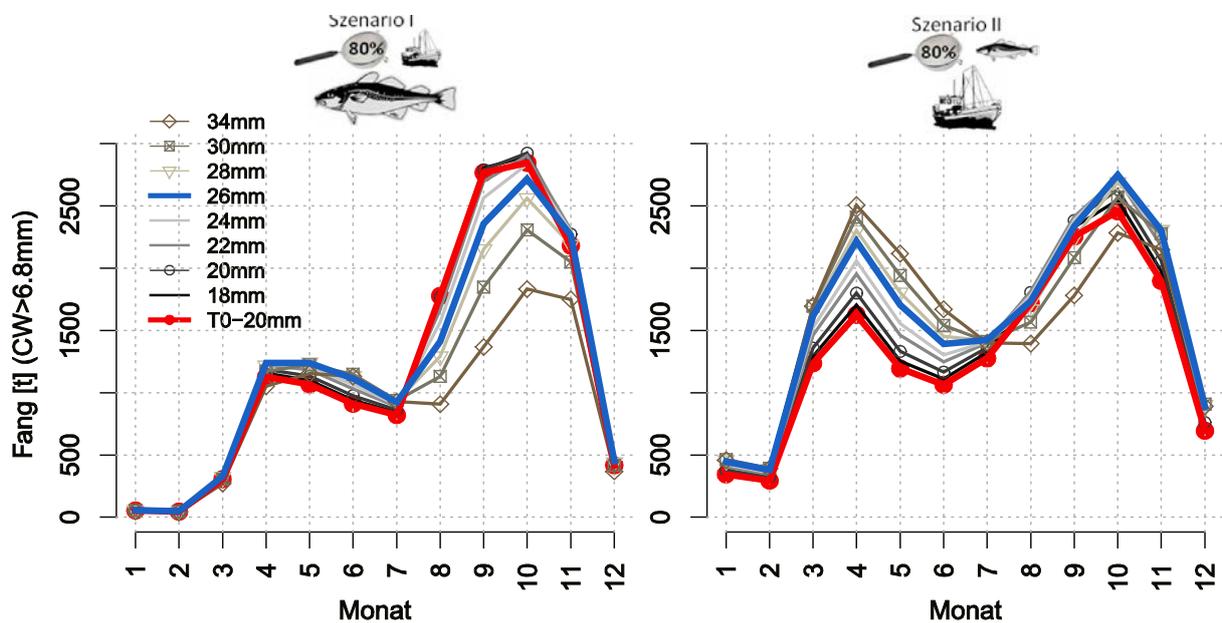
**Abbildung 125:**

Simulierte kumulative Gesamtbiomasse (Summe von Jan–Dez) der deutschen Nordseegarnelenpopulation bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von braun über weiß bis schwarz symbolisiert die jährliche kumulative Gesamtbiomasse von Garnelen (Tonnen). Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Standard-Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.





**Abbildung 127:** Saisonale Schwankungen der Fänge bei unterschiedlichen Maschenöffnungen der T90-Steerte (gedrehte Rautenmasche). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist in rot dargestellt, der Test-Steert T90 26 in blau.

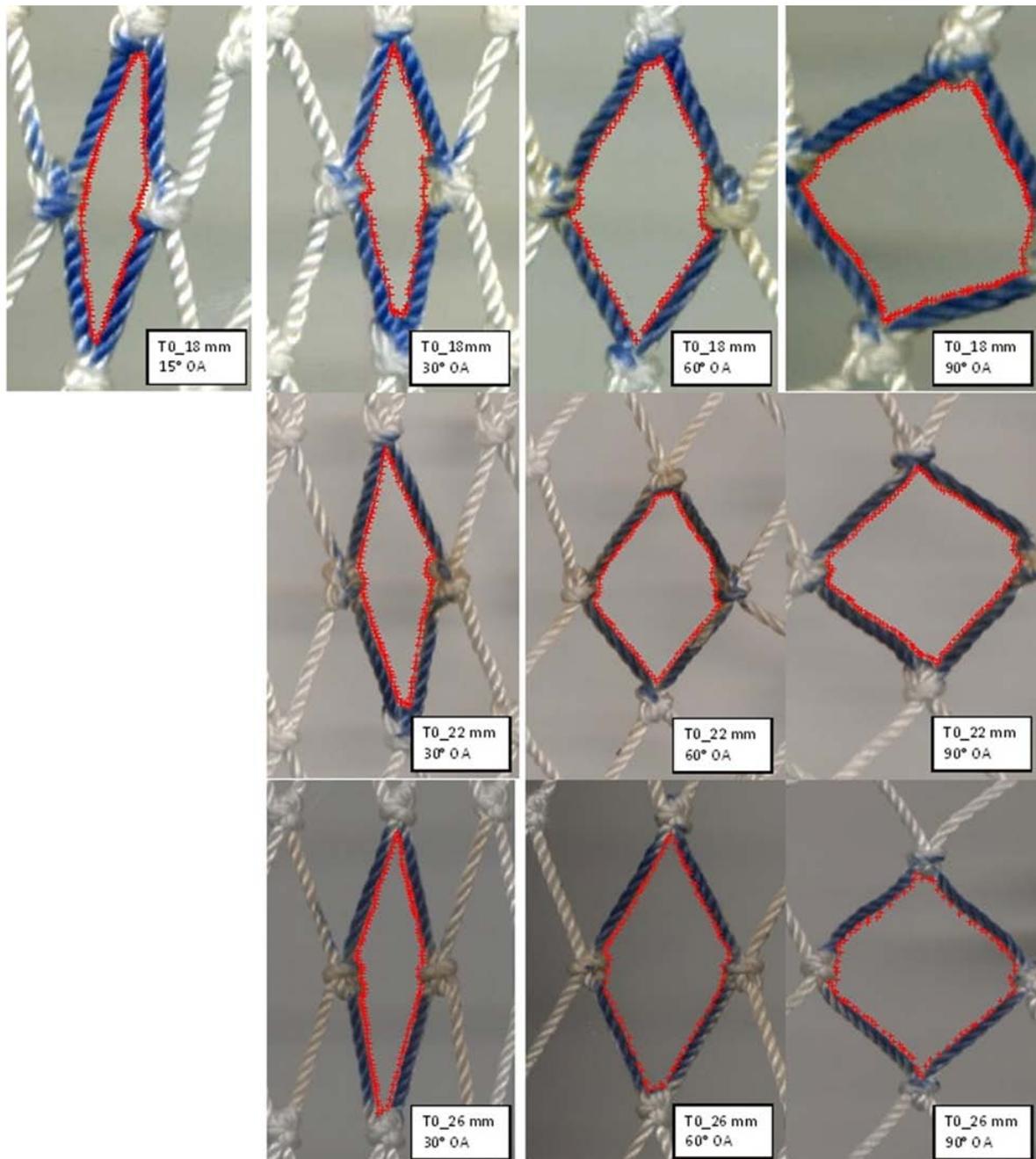




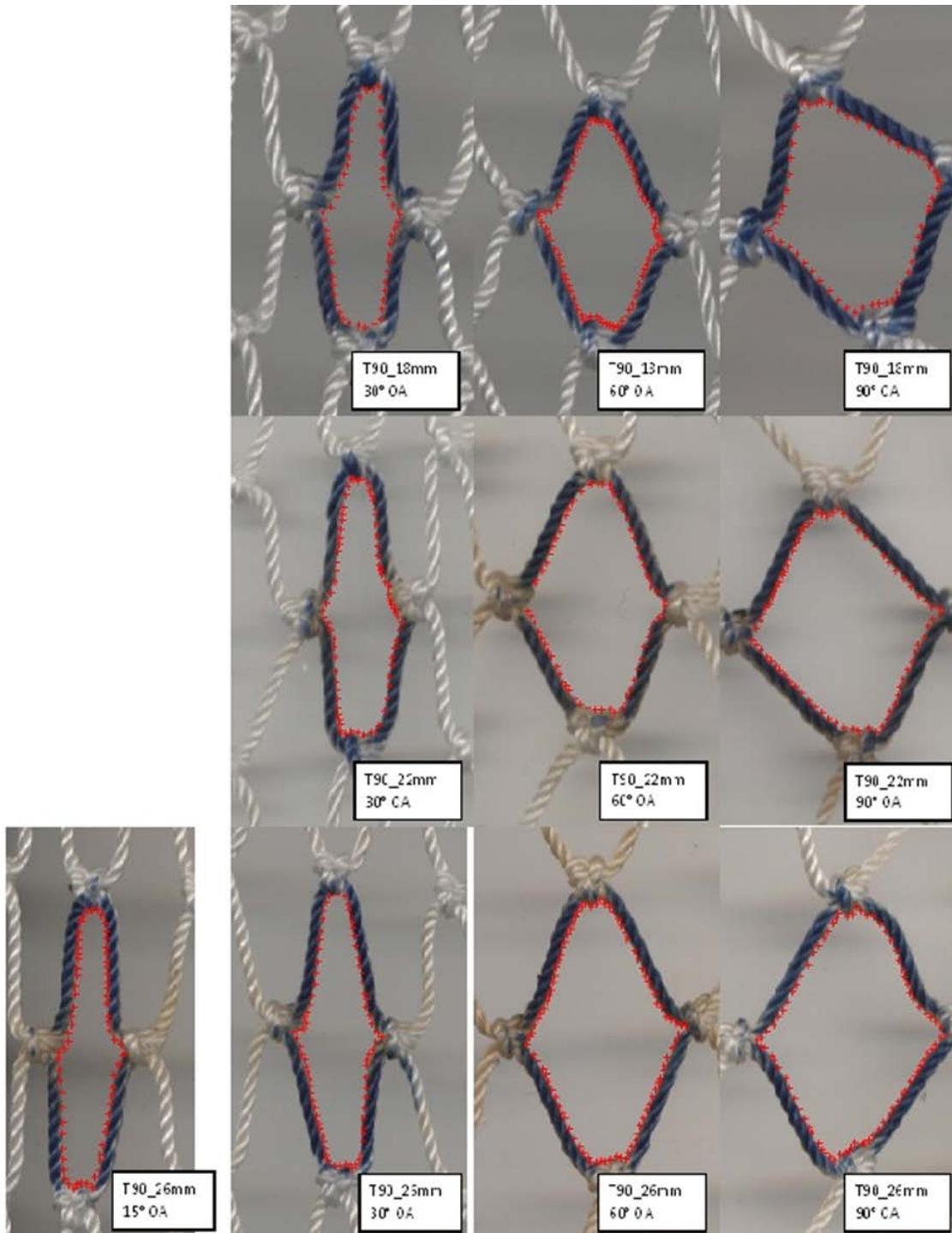
## 18 Theoretische Selektionsberechnungen für *C. crangon* - Anhang

### 18.1 Maschenkonfigurationen für Penetrationsexperimente

**Abbildung 128:** Für die Penetrationsexperimente genutzte Maschen in Standard-Netzausrichtung (T0) mit den nominellen Maschenöffnung 18mm, 22mm und 26mm, sowie den nominellen Öffnungswinkeln  $\sim 15^\circ$ ,  $\sim 30^\circ$ ,  $\sim 60^\circ$ ,  $\sim 90^\circ$ . Eingezeichnet sind auch die Punkte (rot), die zur parametrischen Beschreibung der Maschen verwendet wurden.



**Abbildung 129:** Für die Penetrationsexperimente genutzte Maschen in 90° gedrehter Netzausrichtung (T90) mit den nominellen Maschenöffnung 18mm, 22mm und 26mm, sowie den nominellen Öffnungswinkeln ~15°, ~30°, ~60°, ~90°. Eingezeichnet sind auch die Punkte (rot), die zur parametrischen Beschreibung der Maschen verwendet wurden.



## 18.2 Penetrationsexperimente

### 18.2.1 Berechnung der Größenselektion für jeden Modus

**Tabelle 73:** L50-Selektionsparameter der Penetrationsexperimente für die verschiedenen Maschenöffnungen, Maschenöffnungswinkel und Kontakt-Modi.

Maschenöffnung		Maschenöffnungswinkel	Modus 1	Modus 2	Modus 3	Modus 4	Modus 5	Modus 6	Modus 7	Modus 8	Modus 9	Modus 10	Modus 11	Modus 12	Modus 13	Modus 14
nomi nell	ermittelt															
18	17.18	26.4	27.7	30.1	27.7	29.0	26.0	0.1	26.0	9.7	0.1	0.1	14.5	4.8	26.0	0.1
		30.6	33.3	32.9	32.9	33.3	30.1	0.1	30.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	27.7	0.1
		59.7	60.5	60.5	55.5	56.0	48.3	33.5	47.0	33.7	30.8	0.1	0.1	0.1	36.0	0.1
		91.0	144.4	177.1	144.2	188.3	46.3	47.3	47.5	47.5	32.7	33.2	0.1	0.1	34.0	35.1
		105.0	179.9	95.9	176.1	127.4	45.0	45.0	45.0	45.0	29.0	29.0	0.1	0.1	36.3	36.3
		128.0	108.5	75.2	59.7	60.3	51.2	37.5	49.5	37.5	32.0	0.1	0.1	0.1	39.6	0.1
		169.8	42.3	42.0	41.3	41.5	37.0	26.0	37.5	26.0	0.1	10.0	0.1	0.1	29.5	0.1
		22	20.54	33.9	49.6	50.5	48.6	49.7	43.3	26.5	42.7	26.5	28.5	0.1	0.1	26.5
		69.5	136.0	158.2	175.9	161.8	58.3	49.7	59.2	52.5	38.1	32.0	14.0	24.1	50.0	38.7
		94.3	188.8	118.5	171.7	186.0	53.2	56.4	58.0	60.3	37.3	37.7	0.1	25.5	42.2	46.3
		103.9	96.3	186.5	148.0	148.1	61.2	57.0	60.5	57.3	37.5	36.5	26.3	20.5	40.7	39.0
		140.1	200.0	120.8	68.7	74.3	63.4	44.3	56.6	47.0	37.3	29.0	27.3	0.1	43.7	32.0
		163.7	48.0	50.1	47.7	48.3	47.7	44.0	44.0	27.7	20.4	0.1	29.0	0.1	37.7	0.1
26	24.64	31.8	48.7	49.3	44.3	47.3	46.7	26.0	40.7	27.2	25.5	0.1	0.1	0.1	36.3	0.1
		60.5	200.0	174.5	76.3	186.8	66.8	48.3	63.4	48.3	38.7	22.5	0.1	0.1	43.7	26.6
		94.7	144.2	179.9	197.2	152.9	66.0	69.5	63.4	66.7	38.7	38.7	0.1	0.1	38.3	39.3
		109.1	200.0	133.8	200.0	152.0	135.6	62.7	69.2	62.3	39.3	33.3	0.1	0.1	46.5	41.7
		126.0	200.0	184.8	200.0	167.1	69.8	50.0	65.2	49.1	38.2	28.8	1.3	0.1	49.1	30.8
		158.9	60.7	59.1	54.3	56.3	57.9	32.6	49.1	31.9	29.6	23.9	23.9	23.9	40.8	0.1
		167.6	47.2	46.8	41.7	44.6	47.1	26.6	38.1	27.0	22.2	0.1	0.1	0.1	38.1	0.1

**Tabelle 74:** Selektionsbereich (SR) der Penetrationsexperimente für die verschiedenen Maschenöffnungen, Maschenöffnungswinkel und Kontakt-Modi.

Maschenöffnung		Maschenöffnungswinkel	Modus 1	Modus 2	Modus 3	Modus 4	Modus 5	Modus 6	Modus 7	Modus 8	Modus 9	Modus 10	Modus 11	Modus 12	Modus 13	Modus 14
nominiell	ermittelt															
18	17.18	26.4	1.5	1.4	1.5	0.1	0.1	0.1	0.1	1.4	0.1	0.1	1.0	1.8	0.1	0.1
		30.6	1.1	0.8	0.8	1.1	1.0	0.1	1.0	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	1.5	0.1
		59.7	1.7	1.7	0.1	0.1	1.8	0.1	0.9	1.1	1.7	0.1	0.1	0.1	1.8	0.1
		91.0	3.7	2.5	0.1	5.8	1.1	1.5	0.1	0.1	2.1	1.8	0.1	0.1	0.1	1.8
		105.0	5.7	0.1	5.6	1.8	0.9	0.9	0.9	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	2.6	2.6
		128.0	0.1	0.7	0.1	0.1	4.5	0.1	2.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		169.8	1.1	0.1	1.1	0.1	0.9	0.1	0.1	0.1	0.1	1.3	0.1	2.2	0.1	0.1
22	20.54	33.9	1.1	1.1	1.9	1.8	3.3	0.1	1.8	0.1	0.1	2.2	0.1	0.1	0.1	0.1
		69.5	3.2	4.3	5.2	4.4	2.1	2.1	2.4	3.5	3.1	0.1	12.7	7.1	3.3	2.3
		94.3	5.8	2.4	5.0	5.7	1.7	2.8	5.6	5.4	1.8	2.3	0.1	0.1	5.0	3.1
		103.9	1.3	0.1	0.1	3.8	4.2	6.3	4.5	6.6	0.1	0.1	1.2	5.2	2.0	3.3
		140.1	6.3	2.5	5.1	5.1	6.8	5.5	2.4	3.3	1.1	1.4	1.5	2.1	4.3	0.9
		163.7	1.7	4.2	3.5	2.3	3.0	4.2	4.2	1.5	9.7	0.1	0.1	0.1	4.9	0.1
26	24.64	31.8	2.5	3.7	2.5	2.3	3.3	2.4	3.6	2.3	0.1	0.1	0.1	1.6	3.6	2.2
		60.5	6.3	5.1	8.4	5.7	3.2	4.1	3.9	2.8	1.1	6.3	0.1	0.1	2.0	1.1
		94.7	3.6	5.3	6.1	4.0	2.5	0.1	4.6	4.7	2.0	1.5	17.5	0.1	4.0	4.3
		109.1	6.3	3.1	6.3	0.1	3.2	3.5	5.0	3.8	5.3	3.1	2.1	0.1	3.7	4.6
		126.0	6.3	5.5	6.3	4.7	5.9	5.4	9.3	5.9	5.7	3.4	19.9	17.7	6.3	5.6
		158.9	2.0	2.1	5.3	4.1	6.7	5.2	7.5	2.5	1.2	3.6	3.6	3.6	2.9	0.1
		167.6	8.4	5.5	2.5	3.2	6.0	4.7	1.9	0.1	5.4	0.1	0.1	2.1	2.7	0.1

Auf Grundlage der parametrischen Maschenbeschreibungen und den entsprechenden Selektionskurven ergibt sich für L50 und SR folgendes vollständiges Modell für die Abhängigkeit der Größenselektion von Maschengröße und Maschenöffnung für jeden Kontakt-Modusmode:

$$L50 = m \times (a0 + a1 \times oa + a2 \times oa \times oa + a3 \times oa \times oa \times oa)$$

$$SR = m \times b0$$

Die Modellberechnungen wurden mit der Software SELNET durchgeführt (Hermann et al. 2013).

**Tabelle 75.** In Abhängigkeit vom Modus ermittelte Werte a0, a1, a2, a3 und b0.

	a0	a1	a2	a3	b0
<b>Modus 1</b>	0.00E+00	7.20E-02	-1.74E-04	-1.09E-06	2.83E-01
<b>Modus 2</b>	0.00E+00	7.43E-02	-2.11E-04	-9.47E-07	3.09E-01
<b>Modus 3</b>	0.00E+00	7.22E-02	-2.60E-04	-6.18E-07	3.19E-01
<b>Modus 4</b>	0.00E+00	7.49E-02	-3.00E-04	-4.54E-07	2.68E-01
<b>Modus 5</b>	0.00E+00	7.41E-02	-5.70E-04	1.23E-06	3.15E-01
<b>Modus 6</b>	0.00E+00	4.12E-02	-6.38E-05	-8.63E-07	3.48E-01
<b>Modus 7</b>	0.00E+00	7.11E-02	-5.20E-04	9.84E-07	3.42E-01
<b>Modus 8</b>	0.00E+00	4.03E-02	-3.26E-05	-1.06E-06	3.17E-01
<b>Modus 9</b>	0.00E+00	4.30E-02	-2.95E-04	4.56E-07	2.54E-01
<b>Modus 10</b>	0.00E+00	-3.57E-03	6.40E-04	-4.33E-06	2.61E-01
<b>Modus 11</b>	3.13E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.70E-01
<b>Modus 12</b>	1.89E-01	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	7.02E-01
<b>Modus 13</b>	0.00E+00	6.40E-02	-5.99E-04	1.66E-06	3.68E-01
<b>Modus 14</b>	0.00E+00	-1.35E-02	9.16E-04	-5.83E-06	3.68E-01

Die selektiven Eigenschaften für jeden Modus können auch durch einen Design-Guide beschrieben werden wobei der simulierte L50 Wert gegen Maschenöffnung und Öffnungswinkel aufgetragen wurden, d.h. den gesamten Maschenöffnungsbereich abdecken.

**Abbildung 130:** Design Guides für die verschiedenen Kontakt-Modi. Die Isolinien zeigen die Kombinationen von Maschengröße und Öffnungswinkel bei gleichem L50. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

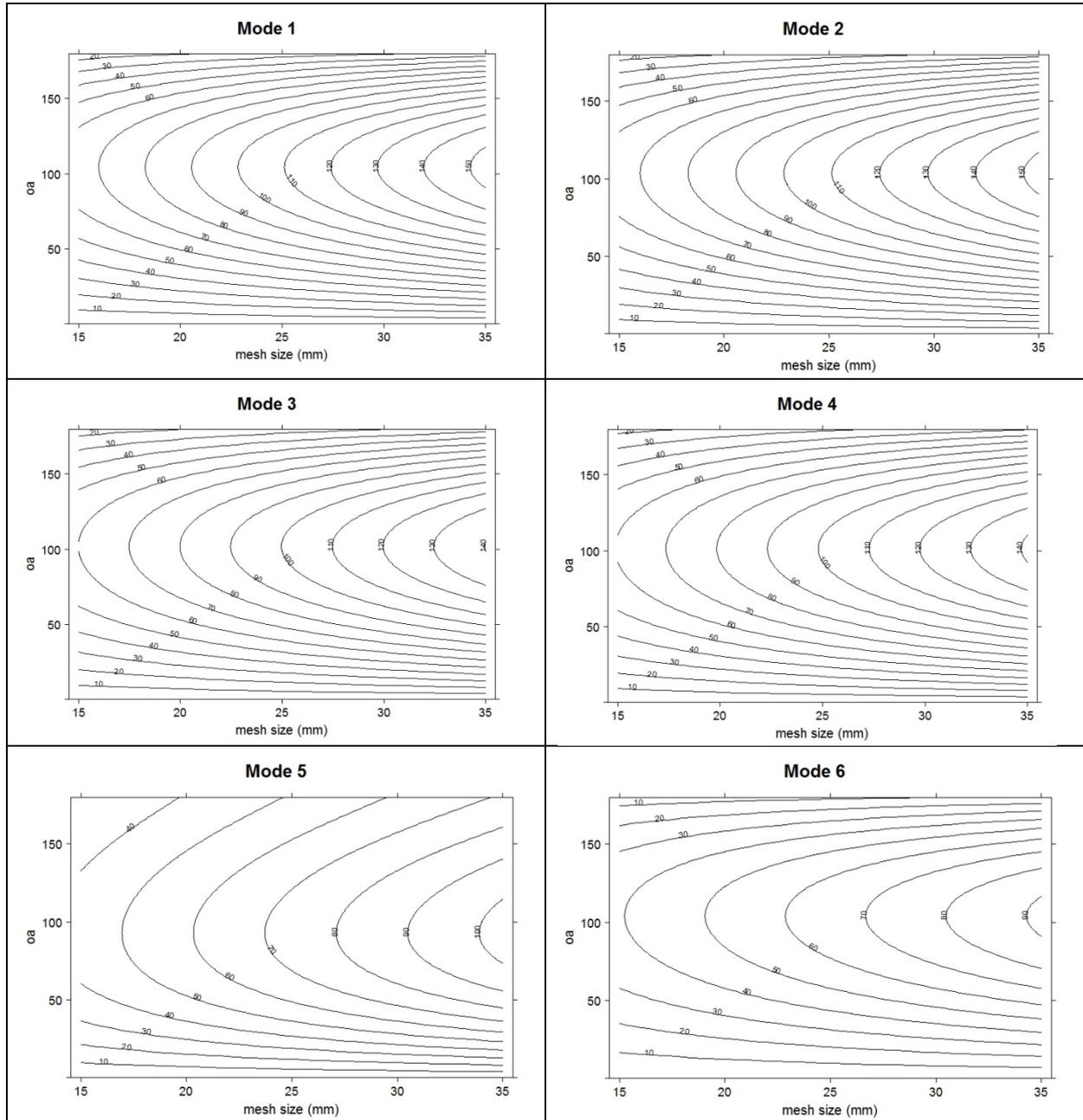
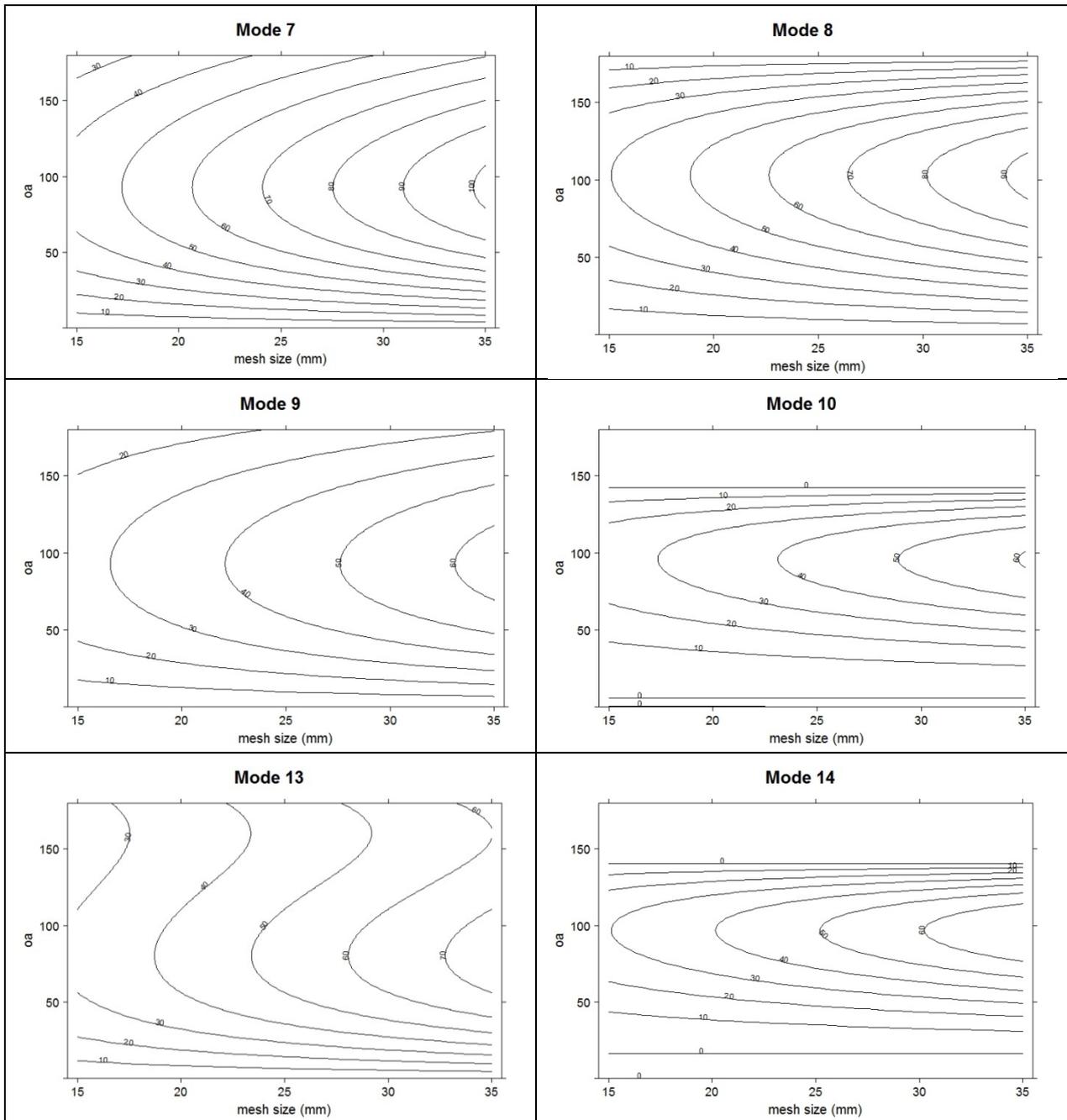


Abbildung 130: Fortsetzung



### 18.3 Vergleich der Penetrationsexperimente mit den Selektionen im Feld

**Abbildung 131:** Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven für jeden Kontakt-Modus und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T0 24 mm-Steert): Simulierte Selektionskurven (schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel (5°-80°). Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

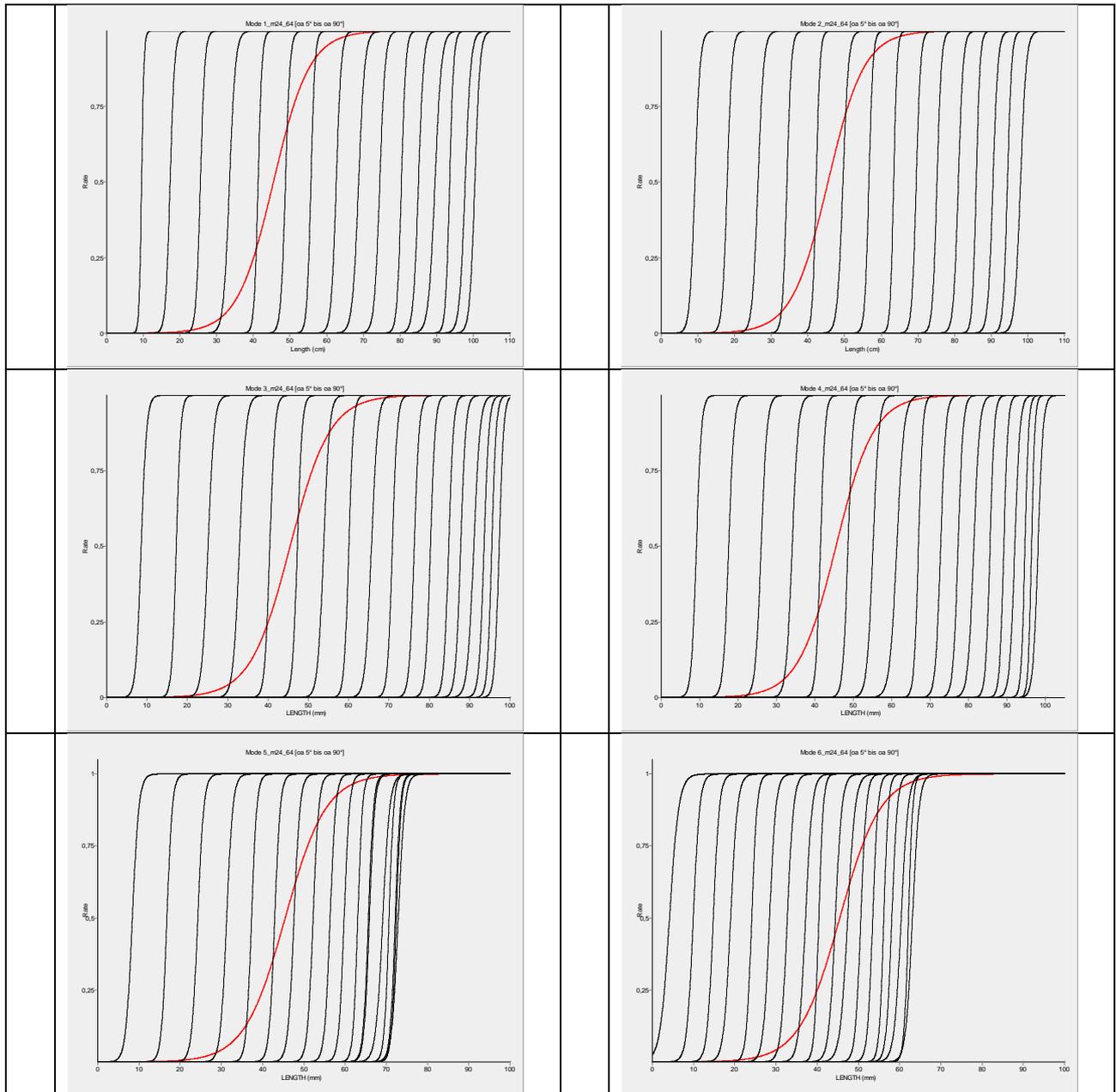
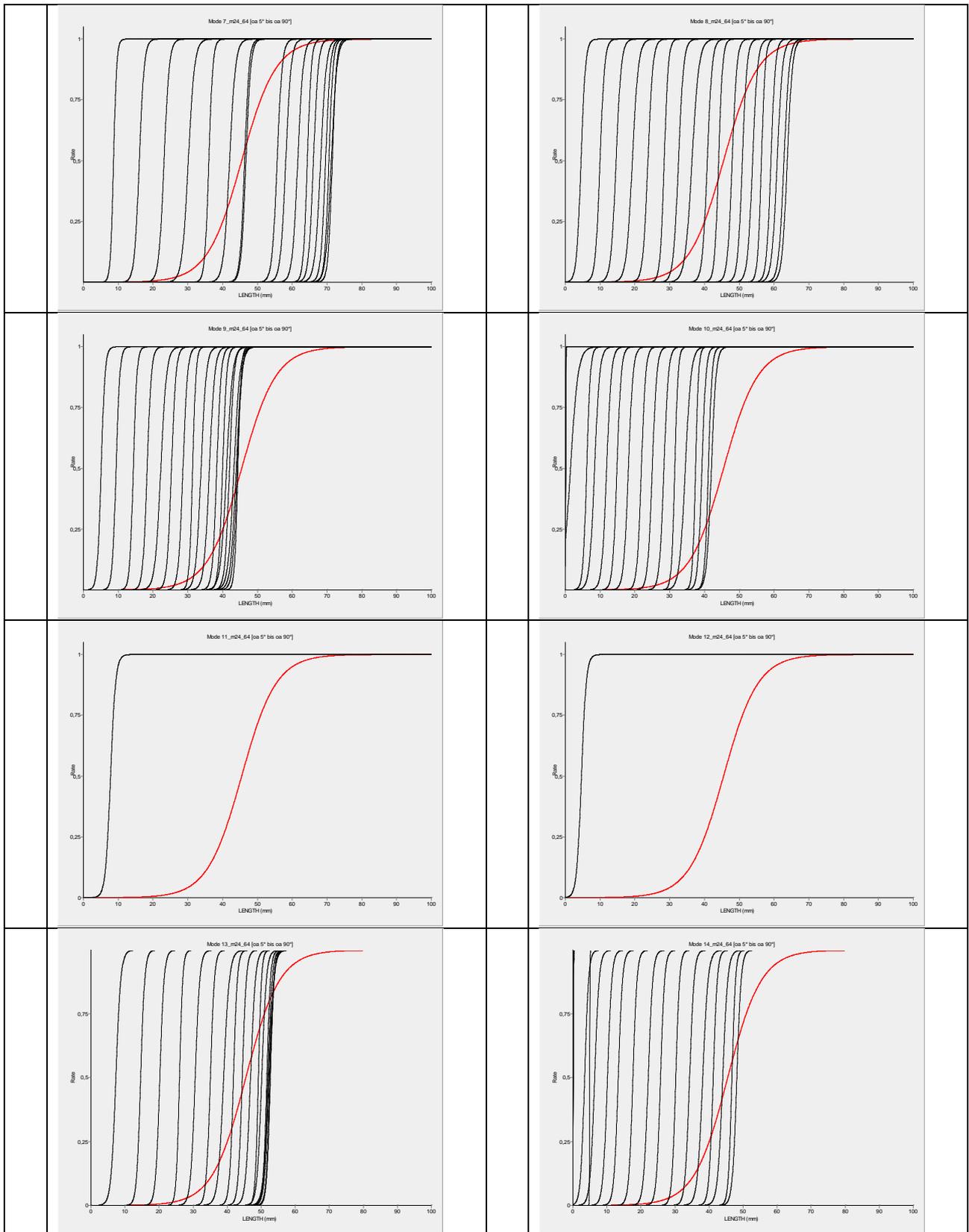


Abbildung 131: Fortsetzung



**Abbildung 132:** Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven für jeden Kontakt-Modus und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T90 24 mm-Steert): Simulierte Selektionskurven (schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel (5°-80°). Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.

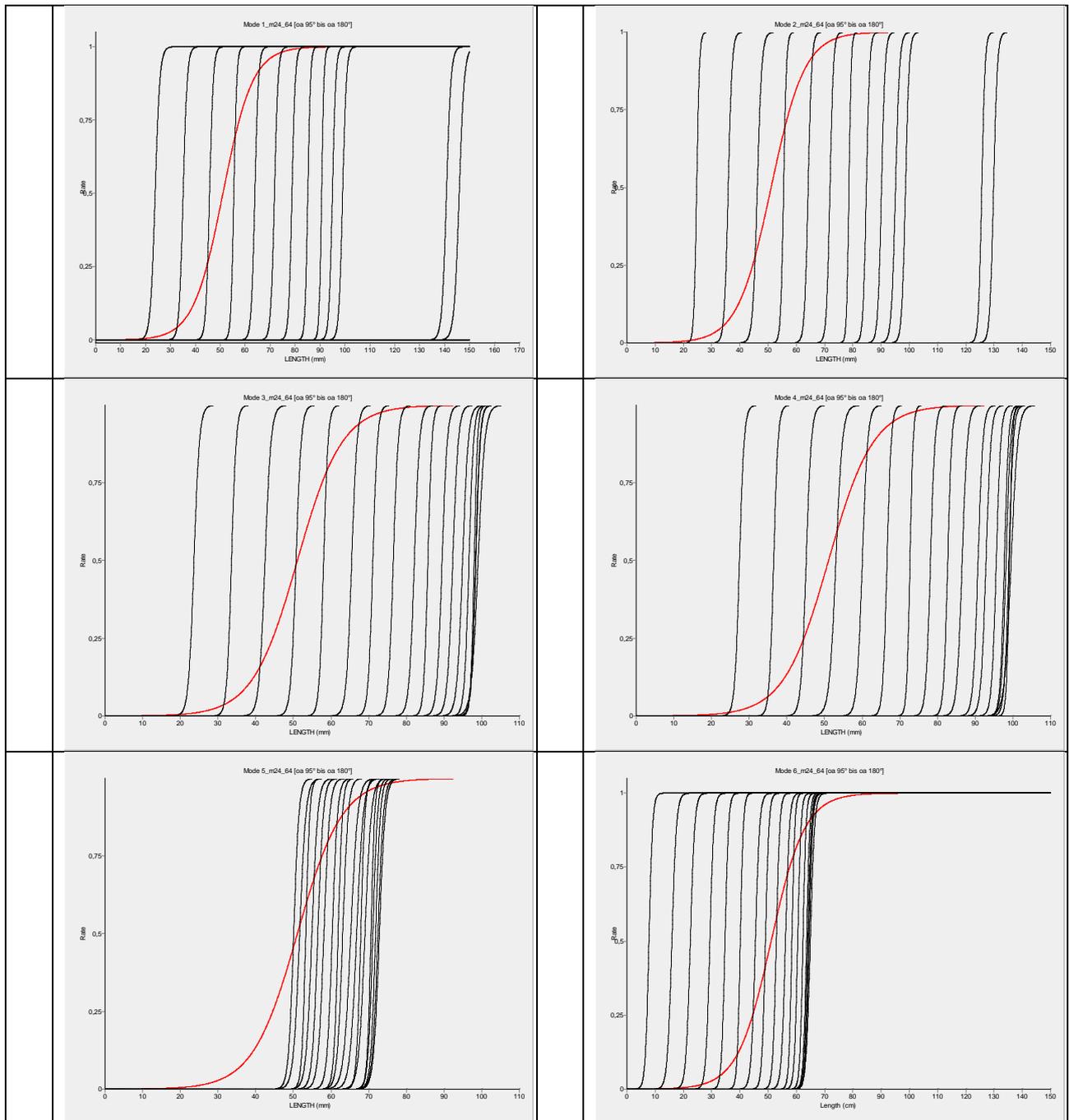
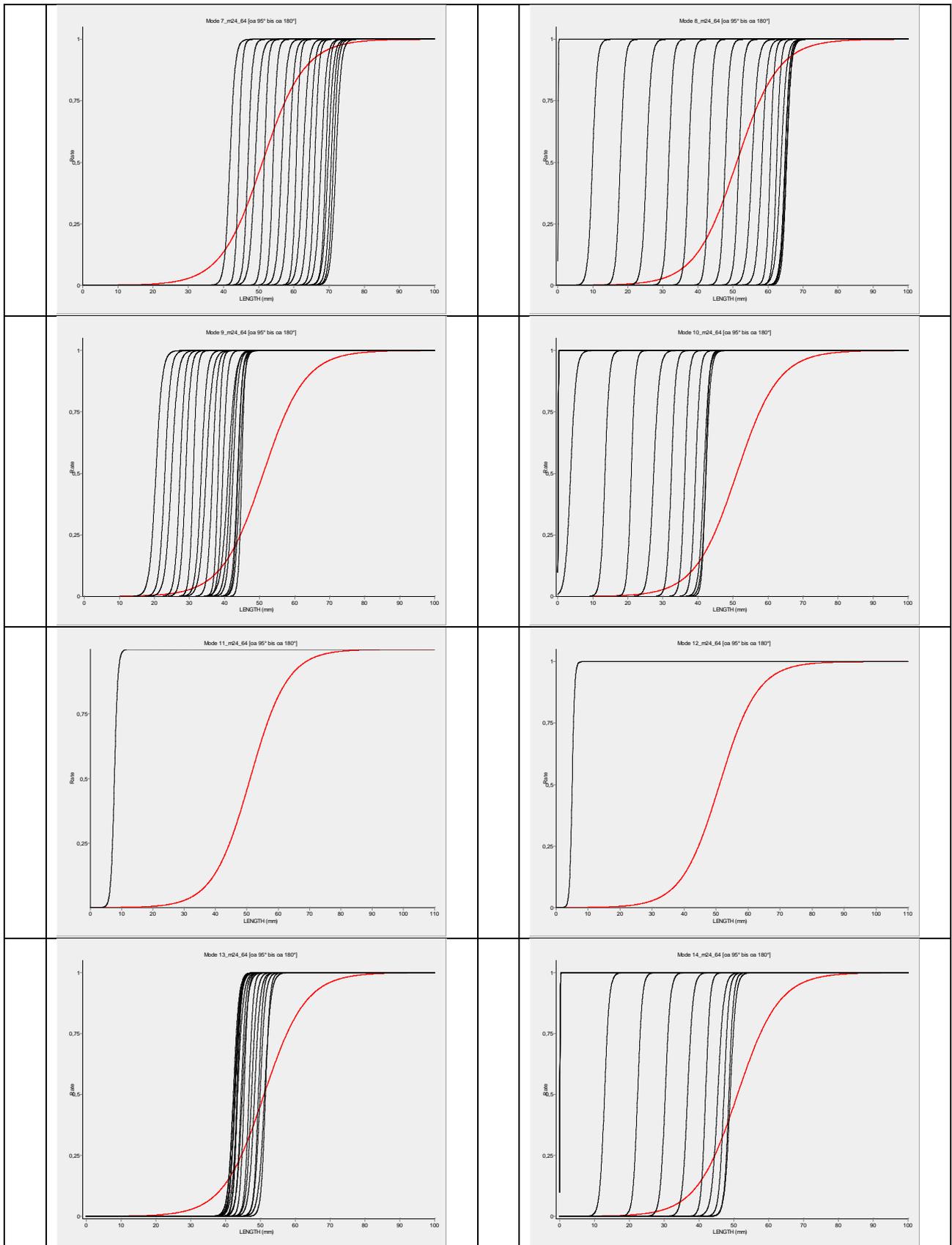


Abbildung 132: Fortsetzung





## 19 Neue Methode zur Selektionsberechnung – Beschreibung und Anwendung

Die Selektionseigenschaften von Netzen werden hauptsächlich durch die Selektionseigenschaften des Steertes bestimmt und häufig durch eine logistische Funktion beschrieben. Diese Funktion spiegelt die Rückhaltewahrscheinlichkeit von Garnelen im Steert als Funktion der Länge wider. Um den Anteil der gefangenen Garnelen im Test-Steert an der Gesamtpopulation ermitteln zu können, muss die Längenhäufigkeitsverteilung der Garnelen in der Population bekannt sein. Diese Längenverteilung wird üblicherweise durch einen Referenz-Steert gemessen. Bei dem Standardverfahren wird gefordert, dass in dem Bereich, in dem im Test-Steert die Untersuchungen erfolgen, alle Garnelen durch den Referenz-Steert gefangen werden müssen – für die Rückhaltewahrscheinlichkeit in diesem Bereich wird also gefordert:  $p_r = 1$ . Ist dies nicht der Fall, dann wird die Dichte der Gesamtpopulation nicht korrekt ermittelt und auch bei dem Ergebnis der Selektionsmessungen treten Messfehler auf. Dieses Messverfahren ist einfach, hat aber den Nachteil, dass durch die kleinen Maschenöffnungen im Referenz-Steert eine große Anzahl sehr kleiner Garnelen gefangen wird. Dies erfordert einen hohen Messaufwand bei den Längenmessungen. Ein weiterer Nachteil ist, dass durch die notwendige, geringe Maschenöffnung im Referenz-Steert die Strömungsverhältnisse dramatisch verändert werden können. Dies kann ebenfalls einen Einfluss auf die Messergebnisse haben. Dieser Einfluss kann nicht quantifiziert werden, er kann jedoch durch konstruktive Maßnahmen gemindert werden, indem der Referenz-Steert besonders lang ausgeführt wird und so sichergestellt wird, dass der Strömungswiderstand des Steertes durch die einhergehende Oberflächenvergrößerung ausreichend klein ist.

Die oben genannten Nachteile können vermieden werden, wenn größere Maschen verwendet werden. Dies muss bei den Berechnungen jedoch berücksichtigt werden. Das geschieht dadurch, dass die Vereinfachung für die Rückhaltewahrscheinlichkeit im Referenz-Steert ( $p_{ref} = 1$ ) in dem neuen Ansatz im Gegensatz zum Ansatz von Millar (1992) nicht eingeführt wird. Dies hat nun Auswirkungen auf die Berechnung der Wahrscheinlichkeit  $\phi(l)$ , dass eine bestimmte Längengruppe im Test-Steert gefangen wird. Alle anderen Gleichungen bleiben unverändert. Details können in Bethke (2013) nachgelesen werden.

$$\begin{array}{ccc} \text{Standardverfahren} & & \text{Neuer Ansatz} \\ \phi(l) = \frac{q_{rel} p_{test}}{1 + q_{rel} p_{test}} & \Leftrightarrow & \phi(l) = \frac{q_{rel} p_{test}}{p_{ref} + q_{rel} p_{test}} \end{array}$$

Der Parameter  $q_{rel}$  ist die relative Fängigkeit. Im Gegensatz zu den Voruntersuchungen für die Projektbeantragung, konnte keine größere Fängigkeit bei größeren Maschenöffnungen gemessen werden. Aus obiger Gleichung ist ersichtlich, dass entweder die Rückhaltewahrscheinlichkeit  $p_{ref}$  und damit die Selektionseigenschaften des Referenz-Steertes bekannt sein müssen oder gleichzeitig mit der Rückhaltewahrscheinlichkeit  $p_{test}$  die Selektionseigenschaften des Test-Steertes geschätzt werden müssen. Letzteres gelingt durch die Beachtung der Ähnlichkeitsregeln von Baranov (1948). Dies bringt allerdings eine Einschränkung mit sich. Für die gleichzeitige Schätzung

der Selektionseigenschaften von Referenz- und Test-Steert müssen beide Steerte vom gleichen Typ sein (z.B. beide Steerte vom Typ T90, oder T0, oder T45). Für diesen Fall kann die Rückhaltewahrscheinlichkeit des jeweiligen Steertes durch die gleichen Parameter, den Selektionslängenfaktor  $SL$  und den Selektionsbereichsfaktor  $SR$ , beschrieben werden, die im neuen Ansatz gemeinsam bestimmt werden.

$$p_{\text{ref}} = \left( 1 + 9 \frac{1}{SR} \left( SL - \frac{l}{i_{\text{ref}}} \right) \right)^{-1}$$

$$p_{\text{test}} = \left( 1 + 9 \frac{1}{SR} \left( SL - \frac{l}{i_{\text{test}}} \right) \right)^{-1}$$

Wegen der Ähnlichkeit sind beide Gleichungen bis auf die im Steert verwendeten Maschenöffnungen  $i_{\text{ref}}$  und  $i_{\text{test}}$  und die Rückhaltewahrscheinlichkeiten  $p_{\text{ref}}$  und  $p_{\text{test}}$  identisch.

$$SL = \frac{l_{50}}{i}$$

$$SR = \frac{sr}{i}$$

Beide Parameter können mit dem *Maximum-Likelihood-Verfahren* gleichzeitig geschätzt werden. Sind die Parameter nach der Schätzung bekannt, kann auf die anfangs erwähnte Einschränkung verzichtet werden. Anschließend können beliebige Maschentypen für die Messungen gepaart werden (z.B. T0 mit T90 usw.).

Auch wenn die Unterschiede zum Standardverfahren gering sind, gelang es bisher leider nicht, dieses Verfahren *peer-reviewed* zu veröffentlichen. Die ermittelten Ergebnisse sind deshalb als vorläufig zu betrachten. Für kleine Maschenöffnungen im Referenz-Steert geht der neue Modellansatz in den Standardansatz über, die Ergebnisse unterscheiden sich dann nicht. Der eigentliche Vorteil des neuen Ansatzes ergibt sich erst bei Messungen im laufenden Produktionsbetrieb. Hier ist es, im Gegensatz zum Standardverfahren, lediglich notwendig unterschiedliche Maschenöffnungen auf beiden Seiten des Kutters zu fahren. Zunächst wurden der Selektionslängenfaktor  $SL$  und der Selektionsbereichsfaktor  $SR$  für T0-Netze bestimmt. Hier stellte sich heraus, dass die Selektionseigenschaften stark vom Füllungsgrad der Netze abhingen. Dies traf für beide Kutter (GRE24 und ACC8) zu. Wegen der geringen Anzahl der Hols wurden die Daten von beiden Kuttern zusammengefasst.

**Tabelle 76:** Selektionsparameter des Steertes T0 26 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Beprobung im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T0 26 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.

SL	SR	$L_{50}$ [mm]	sr [mm]	T0- $i_{ref} = 21,5$ mm, T0- $i_{test} = 27,55$ mm
1.567	0.417	43.2	11.5	Mittelwert aller Reisen
1.279	0.228	35.2	6.3	Juni 2014
1.375	0.347	37.9	9.6	August 2014
1.808	0.475	49.8	13.1	September/Okttober 2014

Die Fischereisaison wurde im Juni, August und September/Okttober beprobt. Der Füllungsgrad der Netze ist stark von der Jahreszeit abhängig. In der Tabelle repräsentiert die Juni-Reise einen geringen Netzfüllungsgrad, während die August-Reise einen mittleren und die September/Okttober-Reise einen hohen Netzfüllungsgrad repräsentiert. Für T0 26 zeigen sich steigende Werte für  $L_{50}$  von der Juni-Reise hin zur September/Okttober-Reise. Einhergehend damit steigen auch die Werte für die Selektionsbreite sr.

In den weiteren Versuchen wurde der T0-Standard-Steert als Referenz verwendet. Es wäre zweifellos besser gewesen, jeweils Netze des gleichen Typs zu verwenden. Allerdings standen diese Messungen nicht unmittelbar im Fokus des Hauptinteresses. Die ermittelten Daten für die jeweiligen Füllungsgrade bei den T0-Untersuchungen wurden deshalb als Referenz für die T90- und T45-Untersuchungen verwendet. Zu beachten ist, dass bei den unterschiedlichen Netztypen für die Testnetze auch unterschiedliche Maschenöffnungen  $i_{test}$  verwendet wurden. Der Standard-Steert hatte dagegen immer die gleiche Maschenöffnung  $i_R$ . Für die T45-Messungen ergab sich folgendes Bild.

**Tabelle 77:** Selektionsparameter des Steertes T45 24 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Erprobungen im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T45 24 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.

SL	SR	L <sub>50</sub> [mm]	sr [mm]	T0-i <sub>ref</sub> = 21,5 mm, T45- i <sub>test</sub> = 25,0 mm
1.874	0.407	46.8	10.2	Mittelwert aller Reisen
2.073	0.625	51.8	15.6	Juni 2014
1.952	0.569	48.8	14.2	August 2014
1.989	0.462	49.7	11.6	September/Okttober 2014

Vergleicht man hier die Selektionslängenfaktoren *SL* und die Selektionsbereichsfaktoren *SR* für die verschiedenen Füllungsgrade, wird ein geringer Einfluss der Netzfüllung auf die Selektionseigenschaften der Netze deutlich. Im Gegensatz zu T0 26 variieren die Werte für L<sub>50</sub> und sr beim Steert T45 24 nur sehr wenig. Lediglich auf der Reise im September/Okttober zeigte sich gegenüber den anderen Reisen ein reduzierter Wert für sr für den Steert T45 24.

**Tabelle 78:** Selektionsparameter des Steertes T90 26 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Erprobungen im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T90 26 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.

SL	SR	l <sub>50</sub> [mm]	sr [mm]	T0-i <sub>ref</sub> = 21,5 mm, T90- i <sub>test</sub> = 27,55 mm
1.645	0.337	45.3	9.3	Mittelwert aller Reisen
1.889	0.618	52.1	17.0	Juni 2014
1.725	0.470	47.5	12.9	August 2014
1.710	0.395	47.1	10.9	September/Okttober 2014

Für die T90-Untersuchungen ergibt sich ein etwas schlechteres Bild. Die Selektionslängenfaktoren *SL* und die Selektionsbereichsfaktoren *SR* sind stärker vom Füllungsgrad abhängig als bei den T45-Versuchen, zeigen jedoch eine geringere Abhängigkeit von der Netzfüllung als bei den T0-Versuchen. Im Verlauf der Praxistests verringerten sich die Werte von L<sub>50</sub> und sr von der Juni-Reise zur Reise im September/Okttober. Nach diesen Berechnungen, sollte man sich bei der Fischerei auf Nordseegarnelen für T45-Netze entscheiden. An dieser Stelle sei jedoch nochmals darauf hingewiesen, dass die Holzahl sehr gering war, die Paarung der Netze für diese Versuche

nicht optimal und deshalb die Variabilität der Daten maßgeblichen Einfluss auf die Ergebnisse hat.

## 19.1 Literatur

Baranov F (1948) Theory and assessment of fishing gear. *Pishchepromisdat, Moscow*

Bethke E (2013) Reliable measurements of codend selectivity even when the mesh opening of the reference codend is not sufficiently small. *Available at SSRN 2338431*

Millar RB (1992) Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *Journal of the American Statistical Association, 87(420), 962-968*



## 20 Aktuelle Situation der Steert-Maschenöffnungen in der Garnelenfischerei

### 20.1 Einleitung und Historie

In der Garnelenfischerei in der Deutschen Bucht auf die Nordseegarnele, *Crangon crangon* L., wurden vor ca. 50 Jahren noch extrem engmaschige Netze mit einer Maschenweite von ca. 6 bis 7 mm verwendet. Dies führte zu Maschenöffnungen von nur ca. 10 bis 12 mm gestreckter Masche, da von der Maschenweite (Schenkellänge) noch der Knoten (ca. 1-2 mm je nach Garnstärke) abzuziehen ist. Der gesamte Fang wurde verwertet: Die großen Garnelen wurden ausgesiebt und dienten Speisezwecken. Kleine Garnelen wurden auf Darren getrocknet und zu Hühnerfutter verarbeitet. Der Beifang an kleinen Fischen diente meist noch als Futter für Enten, während restliches Material auch in der Nachkriegszeit als Dünger auf die Felder verbracht wurde. Damit wurde der Fang früher zu 100% verwertet, was auch an gesetzlichen Vorgaben in der Nachkriegszeit lag, die besagten, dass dem Hühnerfutter 2% Garnelenmehl beizumischen sei. (Neudecker und Damm 2010)

Deutliche Änderungen ergaben sich in den 1970ern Jahren, als die gesetzlichen Auflagen zur Beimischung von Garnelen entfielen. Man ging davon aus, dass die kleinen Garnelen per Geschlechtsumwandlung von Männchen zu Weibchen werden würden, wie es bei anderen Garnelen der Fall ist (als Protandrie bezeichnet). Damit hätte man durch Wegfang der kleinen Männchen eine erhebliche Biomassesteigerung weiterhin beeinträchtigt. Die Garnelenweibchen werden nämlich erheblich größer als die Männchen, die kaum Speisekrabbengröße erreichen (Geschlechtsdimorphismus). Dies war zwar ein wissenschaftlicher Trugschluss, wie sich später herausstellte (Redant 1984). Es führte aber dazu, dass im Rahmen der gemeinsamen Fischereipolitik für die Garnelenfischerei Begrenzungen der Maschenweiten eingeführt wurden, die den Bereich von 16 bis 31 mm als Maschenöffnung (gestreckte Masche) vorschrieben (EU-Verordnung 850/98).

Der Fang kleiner Garnelen zu Futterzwecken ist derzeit nur noch in Niedersachsen zu bestimmten Zeiten (Juli bis Dezember) für die Herstellung spezieller Futtermittel erlaubt (NKüFischO §6 Abs6). Die früheren Gesamtanlandungen der deutschen Flotte von bis zu 60000 Tonnen von meist kleinen „Krabben“ und Beifang belaufen sich nun nur noch auf wenige hundert Tonnen „Industrie-Krabben“. Diese Anlandungen sind bei wenigen ostfriesischen Kuttern legales Nebenprodukt der normalen Garnelenfischerei auf Speisegarnelen. Diese „Industrie-Krabben“ werden ergänzt durch sogenannte „Siebkrabben“, für den menschlichen Konsum als zu klein eingestufte Garnelen, die an Land beim Aussieben der Konsumkrabben anfallen. Ihr Anteil schwankt im Jahresgang. Im Sommer, wenn der neue Jahrgang der Garnelen in die Fischerei hineinwächst, steigt der Anteil der Siebkrabben an den Gesamtanlandungen. Er betrug im Jahresmittel ca. 7%, liegt im Winter, wenn meist nur größere Garnelen den Bestand bilden bei ca. 2%, und erreicht mittlere Spitzenwerte von ca. 12-14% im August (Neudecker und Müller 2011). Auch hier regelt eine EU-Vorschrift, welche Garnelengröße für den menschlichen Konsum gesetzestkonform ist: gekochte

Garnelen, die durch ein Sieb von 6,5 mm Gitterweite (Stababstand) fallen, sind Siebkrabben und nicht mehr Konsumware (EG 2406/96)

Der Anteil an kleinen, für den menschlichen Konsum nicht geeigneten Garnelen, der zur Anlandung kommt, hängt aber nicht nur von der Jahreszeit ab, sondern vor allem auch von den Netzen und Siebvorgängen an Bord der Kutter. Enge Netze fangen kleinere Organismen, wie auch enge Siebe an Bord kleinere Organismen mit zur Kochfraktion an Bord der Kutter gelangen lassen. Nach dem Kochen bestimmen erneut die Siebe der Fischer, wie groß oder klein die Ware ist, die angelandet wird, woraus sich dann letztlich der Anteil an Siebkrabben in den Anlande-Protokollen ergibt.

Infolge des gesetzlichen Spielraumes entscheidet also der Fischer mit den von ihm eingesetzten Maschenweiten bzw.-öffnungen seiner Netze, welche Größenfraktionen gefangen und weiterverarbeitet, lebend ausgesiebt, gekocht und erneut ausgesiebt und angelandet werden.

Hier setzen nun die Themen Ökonomie und Nachhaltigkeit ein, die je nach Standpunkt unterschiedlich betrachtet werden: Einerseits möchte der Fischer möglichst viel fangen. Das erreicht er mit engen Netzen. Der Fang kann dann ausgesiebt werden, was durch Maschineneinsatz – im Gegensatz zu früher - relativ geringen Aufwand bedeutet. Doch ist bei viel Beifang auch dieser Prozess langwierig, kostet somit Zeit und bedeutet damit gelegentlich Einbußen in der Fangaktivität, weshalb etwas größere Maschenweiten von Vorteil sind. Dennoch neigen die Fischer dazu, erst einmal zu fangen und dann auszusortieren, um so den größtmöglichen Fangertag zu sichern.

Je weniger Garnelen in der See sind, desto „schärfer“ wird gefischt, um den Preisen und den Mengen für den Handel gerecht zu werden.

Andererseits ist jedem Fischer klar, dass er möglichst nachhaltig fischen sollte, um seinen Garnelen hohe Überlebenschancen einzuräumen. Doch hier kommen psychologisch-ökonomische Effekte zum Zuge:

Was der eine Fischer durch Nachhaltigkeitsüberlegungen nicht fängt, könnte ein anderer Kollege fangen, womit dieser einen Vorteil hätte, er selbst aber einen Nachteil erführe. Durch die daraus resultierende, scharfe Befischung der Garnelenbestände kommt es zu einer sogenannten „Wachstumsüberfischung“, bei der der Anteil großer Garnelen in den Fängen sich über die Jahre stetig verringerte (ICES WGCAN 2014). Die Tiere haben nur noch geringe Chancen, maximale Längen zu erreichen.

Da die Öffentlichkeit diese Situation neben potentieller Beeinträchtigung des Ökosystems durch relativ hohe Beifangraten und Bodenkontakt des Fanggeschirrs erkannt hat, wird durch verschiedene Umweltverbände und Einkaufsführer Druck auf die Fischerei ausgeübt. Zudem werden Nachhaltigkeitssiegel gefordert, die seitens des Handels sogar zur Bedingung für künftige Abnahmeverträge gemacht werden. Vor diesem Hintergrund strebt die Garnelenfischerei seit eini-

ger Zeit eine MSC-Zertifizierung an und versucht durch entsprechende Maßnahmen ihre Nachhaltigkeit unter Beweis zu stellen.

Neben einer Reihe von freiwilligen, selbst auferlegten Regeln soll u.a. eine größere Maschenweite dazu dienen, den Beifang an Fischen, aber vor allem auch die Rückwürfe kleiner Garnelen zu reduzieren. Die große Mehrheit der Garnelenfischer einigte sich somit darauf, im Rahmen des MSC-Verfahrens die Maschenweite der Netze im Steert (hinterer Netzbeutel) auf mindestens 20mm Maschenöffnung festzulegen.

Weiterhin beteiligten sich die deutschen „MSC-Fischer“ durch Bereitstellung von Netzen und anteiligen Schiffszeiten an dem Projekt CRANNET, das zum Ziel hatte, durch systematische Untersuchungen der Fangzusammensetzungen diejenigen Maschenöffnungen und -formen herauszuarbeiten, die für die Ökonomie der Fischerei wie vor allem auch die Garnelenbestände und die Beifangreduzierung die „optimalen Maschenöffnungen“ darstellen.

## 20.2 Fragestellung

- Welches ist die Ausgangssituation bezüglich der verwendeten Maschenöffnungen in der Garnelenfischerei während bzw. vor Beginn des Projektes CRANNET (Fragestellung 1)?
- Ist infolge des MSC-Verfahrens mit der selbst auferlegten Mindestmaschenöffnung von 20mm eine Verschiebung des Spektrums der verwendeten Steertmaschen eingetreten (Fragestellung 2)?
- Welche jahreszeitlichen Unterschiede sind bei den eingesetzten Steertmaschen zu verzeichnen (Fragestellung 3)?
- Liefern wiederholte Messungen bei einzelnen Fahrzeugen Hinweise auf Veränderungen bei diesen Fahrzeugen bzw. der auf diesen Fahrzeugen eingesetzten Steertmaschen (Fragestellung 4)?

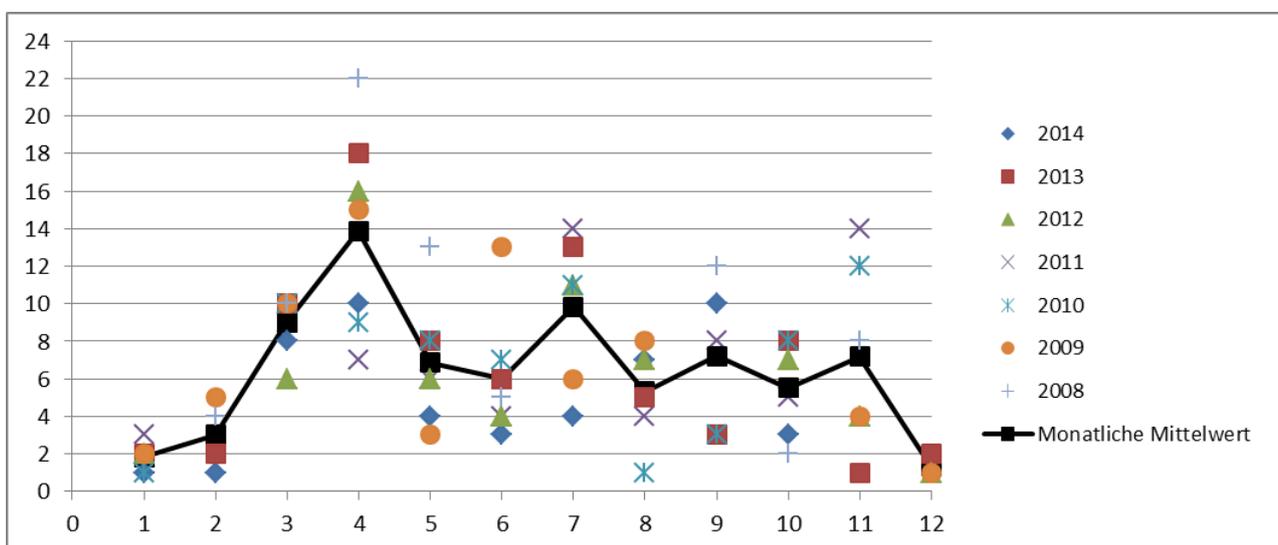
## 20.3 Datenlage

Die Fischerei wird durch die Aufsichtsbehörden (Fischereiaufsicht, Wasserschutzpolizei, Zoll) stichprobenartig auf Einhaltung der gesetzlichen Vorschriften überprüft. Hierzu zählt auch die Kontrolle der Maschenöffnungen nach EU-Vorschrift (EU-Verordnung Nr. 129/2003). Diese Kontrollen erfolgen in der Regel im Laufe der fischereilichen Aktivität auf See. Hierbei wird allerdings in unterschiedlicher Weise verfahren. Wird im Bereich von Schleswig-Holstein ein ausführliches Protokoll erstellt mit schriftlicher Dokumentation der Messergebnisse, so reicht in allen anderen Ländern, Niedersachsen wie auch im Ausland in DK und NL, der Vermerk, dass die EU-Grenzwerte eingehalten werden. Somit liefern allein die Aufzeichnungen im Aufsichtsbereich von Schleswig-Holstein Angaben zu den verwendeten Maschenweiten, wobei Datum, Uhrzeit, Position, Netzaus-

führung (Trichternetz, Scheuerschutz, Hievsteert, Netzmaterial) und weitere Informationen ebenso vermerkt sind. Diese Daten wurden seit 2008 protokolliert, wobei bis Anfang 2010 der bis dahin verwendete „Messspaten“ zum Einsatz kam, der danach durch das EU-weit eingeführte, präzisere und standardisierte OMEGA-Messgerät abgelöst wurde (EU-Verordnung Nr. 129/2003). Der Messspaten wird durch den Kontrolleur abgelesen, wobei nur auf Millimeter genau abgelesen werden kann. Das „OMEGA“-Gerät hingegen erlaubt bei konstanter 20-Newton-Einstellung eine Messgenauigkeit von 1/10 Millimeter. Die Werte werden vom Gerät aufgezeichnet und in Messgruppen gespeichert, sodass genauere Mittelwerte der Messergebnisse verfügbar werden.

Der zeitliche Verlauf der Kontrollen im Jahresverlauf nach Monaten ist in Abbildung 133 wiedergegeben und zeigt eine intensivere Kontrolltätigkeit zu Saisonbeginn im April.

**Abbildung 133:** Monatliche Kontrollhäufigkeit in den einzelnen Jahren. X-Achse: Monate



## 20.4 Methode

Aus Gründen des Datenschutzes wurden allein die Ergebnisse der Steertmaschinenmessungen mit Datum und (zwecks Nachweises von Wiederholungsmessungen) auch die Fahrzeugkennzeichen aus den schriftlichen Original-Protokollen der Wasserschutzpolizei (WSP), die sich im LLUR in Flintbek befinden, in eine EXCEL-Datenbank übertragen. Die Daten basieren auf zufälligen Kontrollen der WSP und umfassen Fahrzeuge aller Größen und Heimathäfen. Somit sind Kutter aus Schleswig-Holstein, Niedersachsen und vereinzelt aus den Niederlanden erfasst. Die Kontrollmessungen wurden vor der Schleswig-Holsteinischen Küste durchgeführt.

Die Daten wurden nach Jahr und Datum sowie nach den jeweiligen Schiffsseiten sortiert (Backbord – Steuerbord, bzw. Seite A und B, wenn die Schiffseite nicht klar erkenntlich bezeichnet war) und nach einfachen, deskriptiven Gesichtspunkten analysiert. Somit wurden Kenndaten wie Anzahl Kontrollen, Minimum, Maximum, Mittelwert der Maschenöffnungen in den jeweiligen

Steerten, die Anzahl der jeweilig erfolgten Steertmessungen, bei denen der freiwillige Sollwert von 20mm unterschritten wurde, und der jeweilige Prozentsatz dazu aufgezeigt. Weiterhin wurden Vergleiche zwischen Steert A und B (bzw. Stb und Bb) der einzelnen Kutter angestellt, die Aufschluss geben, ob und wie sehr beide Steerte u.U. differieren, oder ob stets einheitlich gearbeitet wird.

Durch Minimum und Maximum wird die Spanne der Daten charakterisiert. Da der Mittelwert durch Ausreißer in den Messergebnissen „Schieflagen“ wiedergeben könnte, wurden Modalwert (meist verwendete Maschenöffnung) und Median (Zentralwert der Daten) ebenso bestimmt.

## 20.5 Ergebnisse

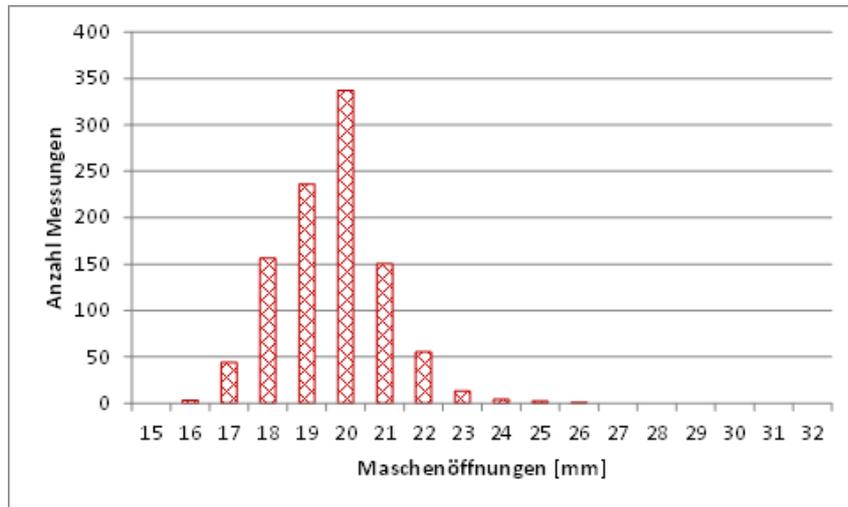
### **Anzahl Kontrollmessungen und Ergebnisverlauf über die Jahre**

Die Anzahl von Kontrollen bewegten sich in den Jahren zwischen 51 (2014) und 78 (2013) überprüften und protokollierten Fahrzeugen, was in der Regel durch die beiden Netze zur doppelten Anzahl von durchgemessenen Steerten führte. Insgesamt wurden Daten zu 1001 Steerten registriert, von denen einige jedoch Schätzwerte und nicht Messungen darstellten, sodass sie für die Kenndatenanalysen verworfen wurden. Damit ergaben sich für einige Bereiche nur 965 Datensätze. Weiterhin kam es vor, dass nur ein Steert vermessen werden konnte z.B. durch Ausfall des Gerätes, sodass nicht jede Kontrolle Daten für beide Steerte ergab. Eine Übersicht der Kenndaten findet sich in Tabelle 79.

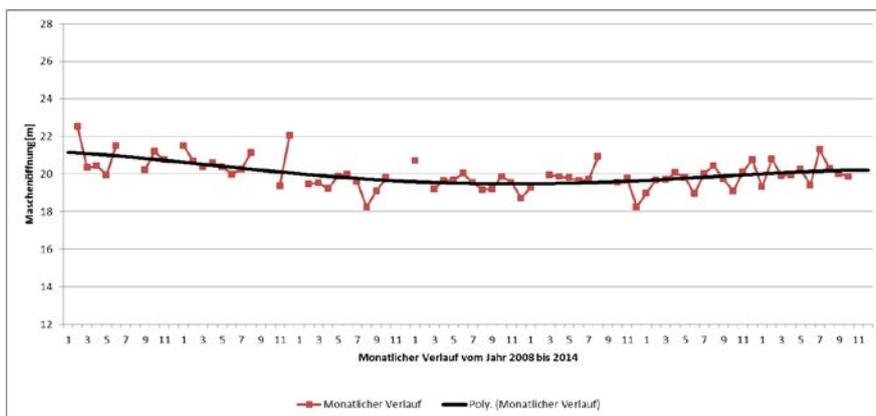
**Tabelle 79:** Daten zu den Kontrollmessungen der Wasserschutzpolizei in Schleswig-Holstein im Zeitraum 2008 bis 2014

<b>Seite A</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>Summe</b>
Minimum	18,7	18,0	16,0	19,3	17,1	17,1	17,9	
Maximum	26,0	23,0	23,0	22,7	22,5	22,8	23,3	
Mittelwert	20,5	20,4	19,5	19,6	19,8	19,8	20,1	
Anzahl Messungen	76	68	70	74	64	78	51	481
Davon kleiner 20 mm in Prozent	26 34,2	14 20,6	42 60,0	46 62,2	33 51,6	41 52,6	24 47,1	
<b>Modalwert</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	
Median	20,2	20	19,7	19,4	19,9	19,9	20,00	
<b>Seite B</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	
Minimum	17,0	17,0	16,8	16,9	17,9	17,0	17,7	
Maximum	26,0	24,0	21,5	22,8	22,7	22,6	23,0	
Mittelwert	20,5	20,4	19,5	19,6	19,9	19,7	20,1	
Anzahl Messungen	76	68	71	75	65	78	51	484
Davon kleiner 20 mm in Prozent	48 31,6	25 18,4	39 54,9	86 57,7	29 44,6	42 53,8	20 39,2	
<b>Modalwert</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	
Median	20,8	20,0	19,7	19,8	20,0	19,9	20,2	
<b>alle Steerte</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	
Minimum	17,0	17,0	17,4	18,5	17,1	17,0	17,7	
Maximum	26,0	24,0	22,0	20,3	22,7	22,8	23,3	
Mittelwert	20,5	20,4	19,5	20,6	19,8	19,8	20,1	
Anzahl Messungen	152	136	141	149	129	156	102	965
Davon kleiner 20 mm in Prozent	48 31,6	25 18,4	81 57,5	18 19,2	62 48,1	41 53,2	44 43,1	

**Abbildung 134:** Häufigkeitsverteilung aller Steertmaschen-Daten aus 2008 bis 2014



**Abbildung 135:** Zeitreihe der monatlichen Mittelwerte aus Steertkontrollen im Zeitraum Januar 2008 bis Dezember 2014 mit



**Ausgangslage auf Basis der Kontrollmessungen**

Es zeigt sich (Tabelle 79), dass alle Messungen Ergebnisse lieferten, die innerhalb des legalen „Fensters“ von 16 bis 31 mm lagen, wie auch schon früher auf Basis gleicher Quellen festgestellt wurde (Aviat et al. 2011). Die Minima bewegen sich in der Spanne von 16 mm und 19,3 mm, während die Maxima zwischen 21,5 und 26 mm liegen. In der Folge bewegen sich die Mittelwerte stets knapp um den seitens der MSC-Vorgaben liegenden Wert 20mm. Das bedeutet, dass stets ein erheblicher Anteil der Steerte nicht die freiwillige MSC-Ziel-Vorgabe von mindestens 20 mm Maschenweite erreicht. Zwischen 18,4 % und 62,2 % der Steertmaschen lagen im Kontrollzeitraum und je nach Jahr unterhalb dieses Zielwertes und waren somit enger als vorgesehen. Gleichwohl lag in 11 von 14 Gruppen (zusammengefasste Daten einzelner Jahre und einer Seite der Schiffe) der Modalwert (häufigst gefundene Maschenöffnung) bei 20 oder mehr Millimeter Maschenöffnung.

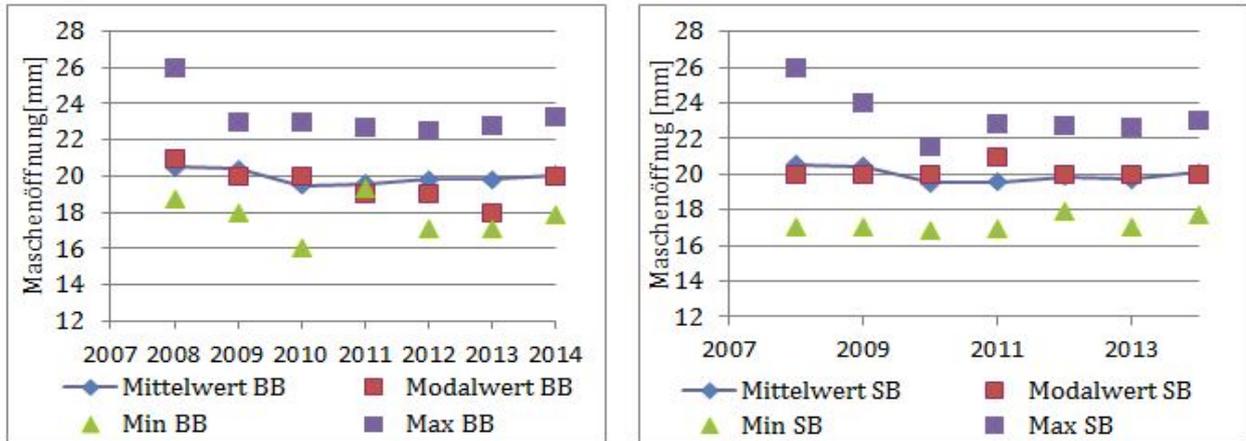
Abbildung 134 liefert die Häufigkeitsverteilung aller Messwerte der WSP im Zeitraum 2008 bis 2014, Abbildung 135 eine Zeitserie monatlicher Mittelwerte für den gleichen Zeitraum.

*(Es soll hier ausdrücklich darauf hingewiesen werden, dass die Kontrollmessungen in keiner Weise etwas mit den MSC-Vorgaben zu tun haben und die Fahrzeuge völlig unabhängig von ihrer eventuellen Zugehörigkeit zum MSC-Verfahren kontrolliert wurden und nur im Hinblick auf die seitens der EU vorgeschriebenen Maschenöffnungen.)*

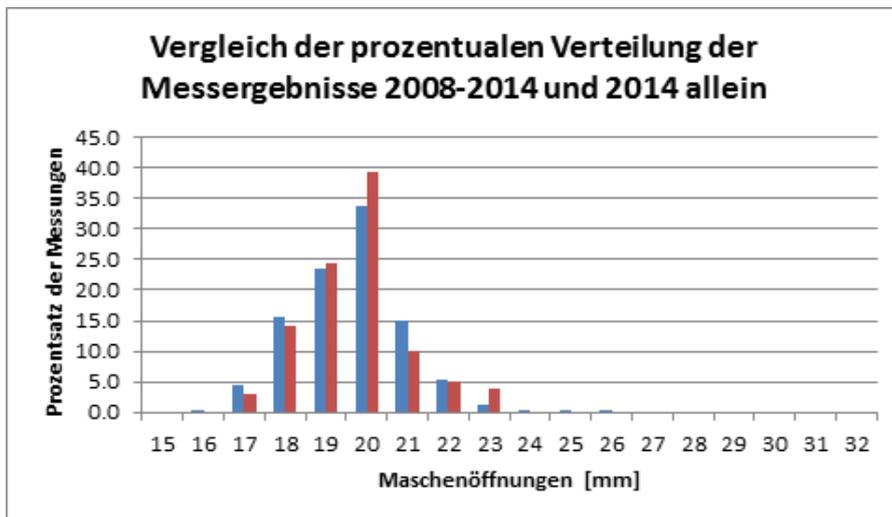
Um eine mögliche, zeitliche Entwicklung besser erkennen zu können, wurden die Daten der Tabelle 79 in Grafiken für die beiden Seiten der Fahrzeuge dargestellt (Abbildung 136). Es zeigt sich, dass die gemessenen Steertmaschenöffnungen in 2008 (vor den MSC-Verfahren) am größten ausfielen und in allen nachfolgenden Jahren geringer waren. Dies gilt sowohl für die Extrema als auch für Mittel- und Modalwerte, wobei letzterer zumindest meistens der 20 mm Marke entspricht. Lediglich ein minimaler, infolge der Datenerhebung unbedeutender Anstieg ist für 2014 zu verzeichnen, wo obendrein in diesem Jahr die geringste Anzahl von Kontrollen erfolgte, sodass diese noch keine Trendwende widerspiegelt.

Ein prozentualer Vergleich der Daten aus dem gesamten Zeitraum mit den in 2014 erhobenen Werten ergibt, dass lediglich die Extremwerte der Klassen 16 mm und die größer 23 mm Maschenöffnung weggefallen sind (Abbildung 137). Die Anteile in den niedrigen Klassen 17 bis 19 mm sind leicht reduziert und summieren sich zu 41,4% in 2014 gegenüber dem Gesamtzeitraum mit 43,9%. Dementsprechend stieg der Anteil von Steerten mit 20 mm und mehr Maschenöffnung von 56,1 auf 58,6 Prozent. Angesichts des geringen Probenumfangs von 99 Messungen in 2014 gegenüber 1001 Messungen im Gesamtzeitraum kann nur von sehr geringer, unbedeutender Veränderung zu sprechen sein.

**Abbildung 136:** Zeitlicher Verlauf der Kenndaten Minimum, Maximum, Mittelwert und Modalwert von Messungen der Maschenöffnungen der WSP in den Jahren 2008 bis 2014 auf der Backbordseite (links) und auf der Steuerbordseite (rechts)



**Abbildung 137:** Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Steertmaschen-Daten aus dem Gesamtzeitraum 2008 bis 2014 (blau) und aus 2014 (rot)



**Monatliche Unterschiede bei den Kontrollmessungen**

Eine Aufgliederung der verfügbaren Daten nach Monaten und über die Jahre ist in Tabelle 80 sowie in Abbildung 138 wiedergegeben. Alle Tabellen und Grafiken zeigen eine Streuung der Daten im Bereich von meist 17 bis 23 mm Maschenöffnung auf beiden Seiten. Aus Tabelle 80 ist ersichtlich, dass es sich insbesondere in den Winter- und Frühjahrsmonaten um sehr wenige, zufällige Kontrollen handelt. Ein monatlicher Trend zu größeren oder kleineren Maschenöffnung je nach Fangsaison lässt sich daraus nicht ableiten, was sich auch aus Abbildung 138 ergibt. Hier ist über die Jahre eher ein leichter Trend zu einer geringeren Maschenöffnung festzustellen, wie er schon in Abbildung 135 angedeutet ist.

**Tabelle 80:** Aufgliederung der Messungen der Steert-Maschenöffnungsdaten nach Jahren und Monaten gruppiert für den Zeitraum 2008 bis 2014

<b>Seite A</b>												
<b>Minimum</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			18,8	19,0	18,7	19,0	19,0			18,9	21,0	20,0
2009		21,0	19,6	18,4	19,0	20,0	18,6	20,0	20,0			18,0
2010					18,6	18,1	17,8	18,3				
2011		19,6		17,9	17,0	18,7	19,0	17,8	18,6	17,8	16,9	17,1
2012		19,2		18,2	17,9	19,0	17,8	17,1	19,7		18,7	19,1
2013	19,7	18,3	19,0	17,1	17,7	18,7	17,3	18,1	18,3	18,2	17,4	
2014		20,7	21,6	18,2	18,3	19,3	17,9	20,0	19,0	18,3	18,6	
<b>Maximum</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			25,0	22,0	23,0	21,8	26,0			23,0	21,0	21,0
2009		22,0	22,9	22,0	22,0	22,0	22,0	22,1	23,0			21,0
2010					20,9	21,0	21,0	21,5				
2011		22,7		20,7	22,0	20,8	21,0	22,2	20,3	21,1	20,8	21,7
2012		19,4		22,4	21,7	20,6	20,9	21,2	22,5		20,4	20,6
2013	22,8	20,3	19,4	22,7	21,8	22,0	20,0	21,6	21,2	19,9	21,0	
2014		20,7	21,6	23,3	21,3	22,0	20,0	22,8	21,3	23,2	20,8	
<b>Mittelwert</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			22,4	20,2	20,4	19,9	22,0			20,4	21,0	20,4
2009		21,5	22,9	20,6	20,3	20,8	19,9	20,3	20,8			19,5
2010					19,5	19,5	19,8	19,8				
2011		20,8		19,3	19,5	19,7	20,0	19,4	19,5	20,0	19,0	19,6
2012		19,3		20,2	19,8	19,7	19,8	19,6	20,9		19,5	19,8
2013	21,3	19,3	19,2	19,9	20,1	20,1	18,9	20,1	20,2	19,1	19,0	
2014		20,7	21,6	19,8	19,9	20,2	19,2	21,0	20,1	20,1	19,8	
<b>Anzahl Kontrollen</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			4	10	22	13	5			12	2	8
2009		2	5	10	15	4	13	11	8			4
2010					9	8	7	12				
2011		3		9	7	6	4	14	4	8	5	14
2012		2		6	16	6	4	11	7		7	4
2013	2	2	2	10	18	8	6	13	5	3	8	
2014		1	1	8	10	4	3	4	7	10	3	
<b>Davon kleiner 20 mm</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			1	5	7	6	1			6	0	0
2009		0	1	2	2	0	7	0	0			2
2010					5	5	3	6				
2011		1		6	3	4	1	10	3	6	4	8
2012		2		2	7	4	2	7	2		4	2
2013	1	1	2	5	7	5	5	5	1	3	6	
2014		0	0	5	6	3	2	0	4	3	1	
<b>in Prozent</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			25,0	50,0	31,8	46,2	20,0			50,0	0,0	0,0
2009		0,0	20,0	20,0	13,3	0,0	53,9	0,0	0,0			50,0
2010					55,6	62,5	42,9	50,0				
2011		33,3		66,7	42,9	66,7	25,0	71,4	75,0	75,0	80,0	57,1
2012		100,0		33,3	43,8	66,7	50,0	63,6	28,6		57,1	50,0
2013	50,0	50,0	100,0	50,0	38,9	62,5	83,3	38,5	20,0	100,0	75,0	
2014		0,0	0,0	62,5	60,0	75,0	66,7	0,0	57,1	30,0	33,3	

Tabelle 80: Fortsetzung

<i>Seite B</i>												
<b>Minimum</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			19,8	19,0	17,8	18,4	20,0			17,0	21,0	19,9
2009		21,0	18,0	17,0	20,0	19,0	19,0	19,0	20,0			18,0
2010					17,7	16,0	18,3	18,4				
2011		19,0		17,9	17,5	18,6	19,5	17,9	18,0	17,3	19,5	17,8
2012		19,1		18,5	18,1	18,0	18,1	18,1	19,5		17,9	18,3
2013	19,9	17,8	19,5	17,0	17,1	17,5	17,7	17,5	19,6	18,4	18,1	
2014		17,9	20,0	17,7	18,3	18,6	18,6	19,1	18,4	18,0	18,1	
<b>Maximum</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			25,0	22,0	22,0	21,4	22,0			24,0	21,8	23,0
2009		22,0	22,3	23,0	22,0	21,0	22,0	22,0	24,0			21,0
2010					20,9	21,0	23,0	21,2				
2011		22,8		20,7	21,0	20,6	20,7	22,3	20,2	21,2	22,5	21,0
2012		19,4		20,2	21,4	20,9	20,8	22,2	22,7		20,4	21,0
2013	20,6	19,5	20,8	21,6	22,4	22,0	20,9	22,6	21,9	21,7	21,3	
2014		17,9	20,0	23,0	21,0	22,0	20,3	22,9	21,5	23,0	21,1	
<b>Mittelwert</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			22,6	20,5	20,4	20,0	21,0			19,8	21,4	21,1
2009		21,5	20,5	20,2	20,8	20,0	20,1	20,2	21,5			19,3
2010					19,5	18,9	20,0	19,9				
2011		20,6		19,1	19,8	19,7	20,0	19,7	18,9	19,4	20,7	19,6
2012		19,3		19,7	19,9	19,9	19,6	19,8	20,9		19,6	19,7
2013	20,3	18,7	20,2	19,5	20,0	19,5	19,0	19,9	20,7	20,3	19,1	
2014		17,9	20,0	20,0	20,0	20,3	19,6	21,0	20,4	20,0	19,9	
<b>Anzahl Kontrollen</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			4	10	22	13	5			12	2	8
2009		2	5	10	15	4	13	11	8			4
2010					9	8	7	12				
2011		3		9	7	6	4	14	4	8	5	14
2012		2		6	16	6	4	11	7		7	4
2013	2	2	2	10	18	8	6	13	5	3	8	
2014		1	1	8	10	4	3	4	7	10	3	
<b>Davon kleiner 20 mm</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			1	5	7	6	1			6	0	0
2009		0	1	2	2	0	7	0	0			2
2010					5	5	3	6				
2011		1		7	3	3	2	9	3	4	1	7
2012		2		2	7	4	2	7	2		4	2
2013	1	1	2	6	7	5	5	5	1	3	6	
2014		1	0	3	5	1	1	1	2	5	1	
<b>in Prozent</b>	<b>Dez.</b>	<b>Jan.</b>	<b>Feb.</b>	<b>März</b>	<b>Apr.</b>	<b>Mai</b>	<b>Juni</b>	<b>Juli</b>	<b>Aug.</b>	<b>Sept.</b>	<b>Okt.</b>	<b>Nov.</b>
2008			25,0	30,0	27,3	30,8	0,0			58,3	0,0	12,5
2009		0,0	20,0	30,0	0,0	25,0	23,1	16,7	0,0			50,0
2010					66,7	75,0	42,9	25,0				
2011		33,3		77,8	42,9	50,0	50,0	60,0	75,0	50,0	20,0	50,0
2012		100,0		33,3	43,8	50,8	50,0	54,6	28,6		25,0	50,0
2013	50,0	100,0	50,0	60,0	38,9	62,5	83,3	38,5	40,0	33,3	75,0	
2014		100,0	0,0	37,5	50,0	25,0	33,3	25,0	28,6	50,0	33,4	

### **Unterschiede zwischen den beiden parallel eingesetzten Netzen der Schiffe**

In Abbildung 139 wurden die jeweilig Messwerte zueinander gehöriger Netzpaare in der Art aufgetragen, dass die Messungen, die im Laufe eines Jahres angefallen waren, nach Werten aufsteigend sortiert sind. Die jeweilige, zugehörige Parallelmessung wurde als zweiter Wert in gleicher Reihenfolge eingetragen. Dadurch wird kenntlich, dass beide Maschenöffnungen gleich waren, wenn sich die Punkte überlagern, bzw. dass sie differierten, wenn sie mehr oder weniger voneinander abweichen.

Es fällt auf, dass die fortlaufende Linie der Daten des einen Netzes (Bb) in 2008 und 2009 Plateaus bildet, während in nachfolgenden Jahren ein kontinuierlicher Anstieg zu verzeichnen ist. Dies ist der Messgenauigkeit von 1 Millimeter des damals verwendeten Messspatens geschuldet. In allen weiteren Jahren mit „OMEGA“-Messungen ist der Verlauf durch 0,1 mm Messgenauigkeit geglättet.

Dadurch, dass keine weiteren Abstufungen zu erkennen sind, kann davon ausgegangen werden, dass die Netztücher in den Maschenöffnungen stets uneinheitlich sind, was auf Materialschwankungen durch Hersteller und Schrumpfungsverhalten oder Dehnung beruhen kann. Eine ganz klare, einheitliche Maschenöffnung gibt es in dieser Fischerei nicht.

Die Werte der Maschenöffnungen der parallel verwendeten Netze haben meist nicht die gleiche Größe. Einige weichen stark vom ersten Netz ab. Die Ursachen hierfür können verschiedener Natur sein: Schrumpfung oder Dehnung eines alten, bzw. neu eingesetzten Steertes oder – wie es durch persönliche Informationen vermittelt wurde – versuchsweises Austesten der Fängigkeit eines andersartigen Steertes durch den Fischer selbst.

Die Grafiken vermitteln auch Hinweise zu dem Anteil der Steerte, die den 20-mm-MSC-Sollwert erreichen bzw. überschreiten oder nicht erreichen.

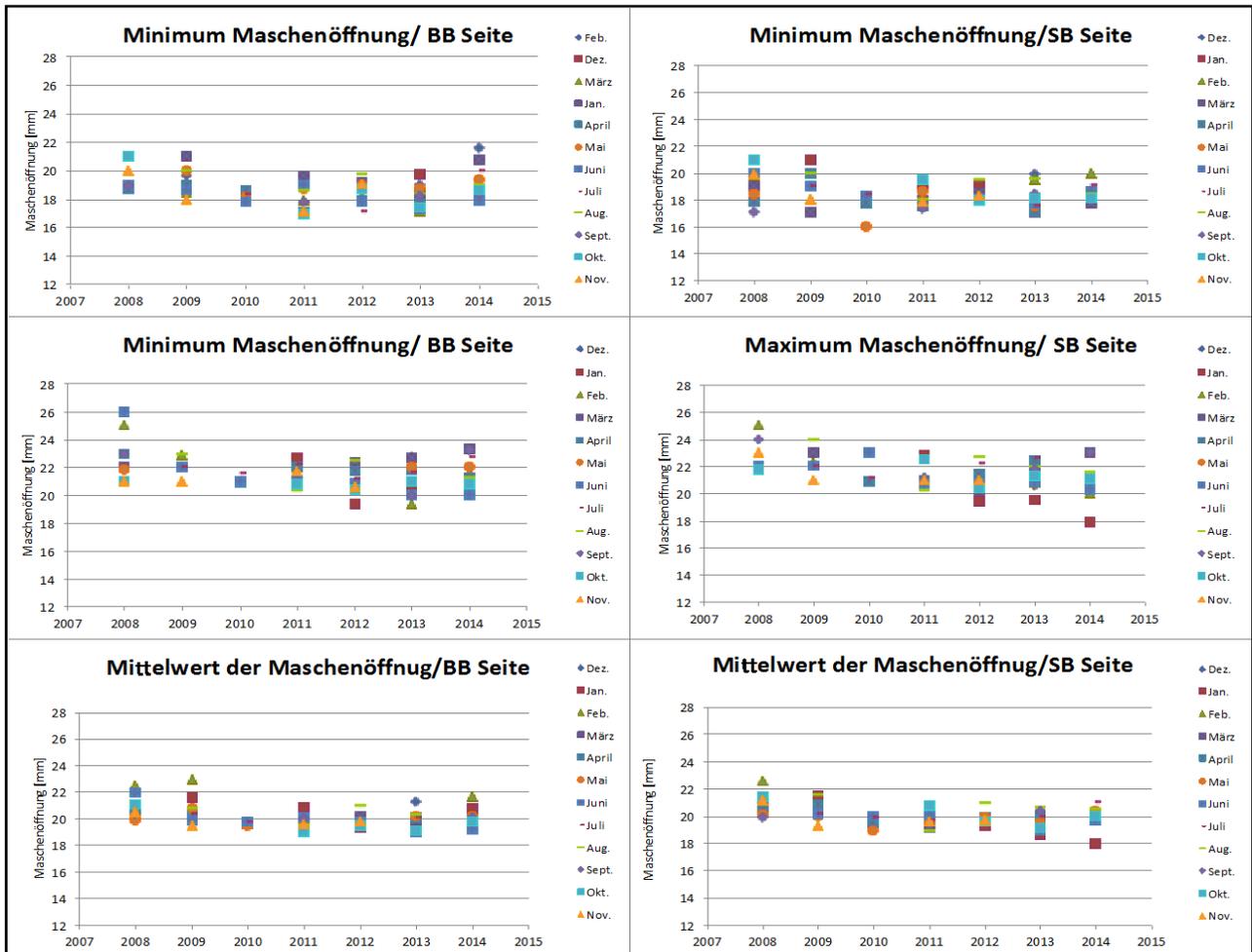
### **Wiederholte Kontrollmessungen**

Bei den Kontrollen der WSP könnte es eine gezielte, mehrfache Kontrolle einzelner Fischer geben. Dieses würde sich in den Daten widerspiegeln. Eine Überprüfung der Daten ergab, dass es selten zu wiederholter Beprobung einzelner Fahrzeuge kam. Dies ist in Tabelle 81 wiedergegeben. Aus Datenschutzgründen wurden die Fahrzeugkennzeichen nicht aufgezeigt, sondern eine fortlaufende Nummer vergeben. Es wurden nur 3 (2012) bis 6 Fahrzeuge (2009 und 2010) zweimal kontrolliert. Darüber hinaus wurden zwei Fahrzeuge jeweils zwei Kontrollen nach längerer Zeit unterzogen in 2008 und 2009 bzw. in 2009 und 2013. In allen anderen Fällen gab es nur einmalige Kontrollen auf den Schiffen, sodass nur wenige Daten vorliegen, von denen Netzveränderungen abgeleitet werden könnten.

Auf eine weitere Ausarbeitung und Darstellung wird verzichtet, da es sowohl Verringerungen als auch Vergrößerungen der Maschenöffnungen gleichermaßen zu verzeichnen gibt. Diese können, da es keine Zuordnung zu einzelnen Netzen sowie keine weiteren Informationen dazu gibt, auf

allen möglichen Ursachen beruhen: Schrumpfungen, Dehnungen oder Auswechseln der Steerte mit anderem Netztuch unterschiedlicher Maschenweite. Nur durch gezielte Mehrfach-Kontrollen mit klarer Netzzuordnung und Einsatzdauer im Rahmen eines Vorhabens (z.B. im Rahmen von EMFF mit freiwilliger Beteiligung der Fischerei) lassen sich sinnvolle Daten sammeln, die Aufschluss über das Verhalten des Materials bei längerem Einsatz liefern.

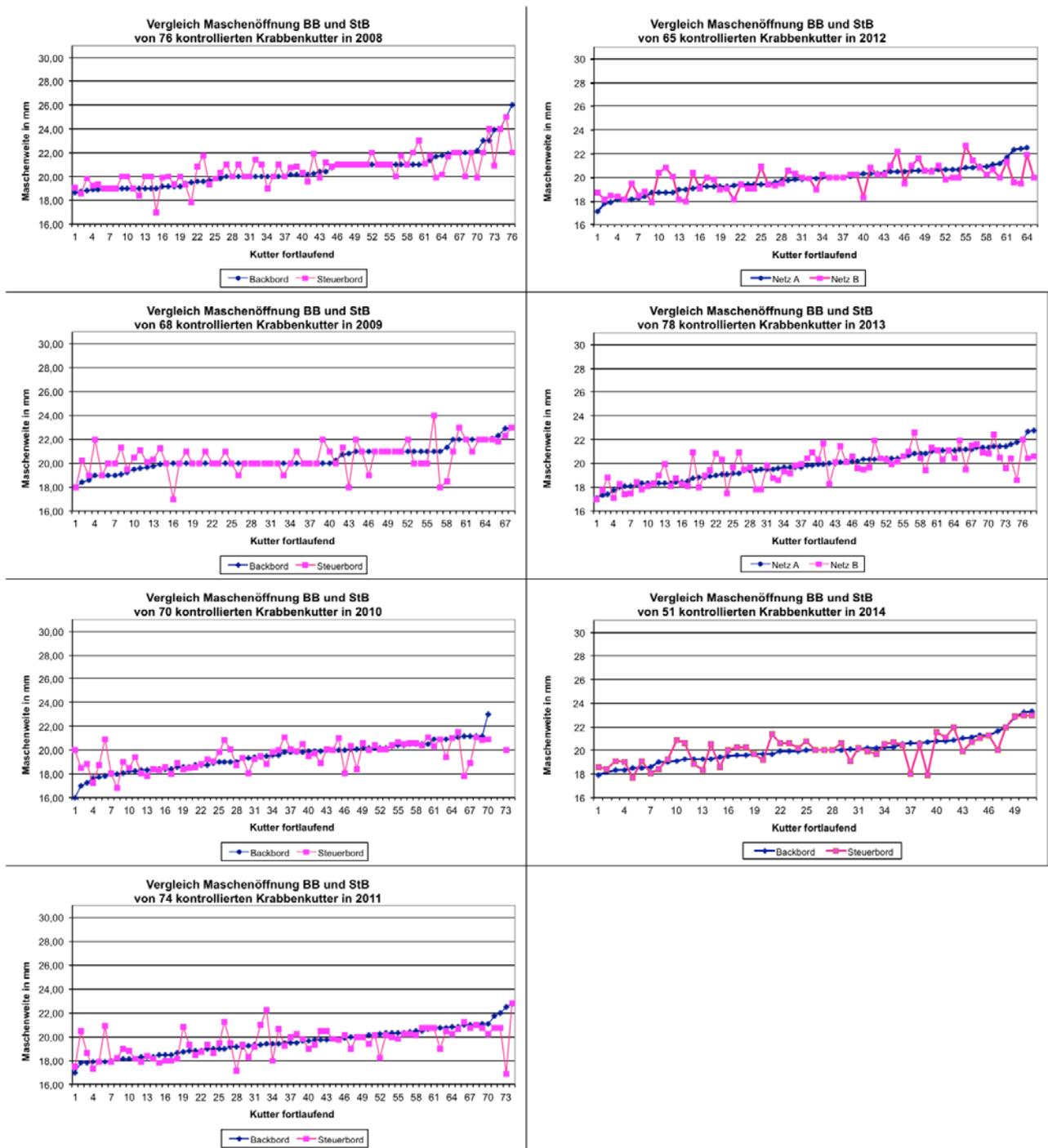
**Abbildung 138:** Minima und Maxima sowie Mittelwerte der gemessenen Maschenöffnungen in den verschiedenen Jahren nach Monaten aufgetragen



**Tabelle 81:** Wiederholungskontrollen auf einzelnen Fahrzeugen im Zeitraum 2008 bis 2014

Anzahl der Doppel-Kontrollen für ein Schiff								
Schiff	Σ Wiederholung je Schiff	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
1	1x	1x						
2	1x	1x						
3	1x	1x						
4	2x	1x	1x					
5	1x	1x						
6	1x		1x					
7	1x		1x					
8	1x		1x					
9	2x		1x				1x	
10	1x		1x					
11	1x		1x					
12	1x			1x				
13	1x			1x				
14	1x			1x				
15	1x			1x				
16	1x			1x				
17	1x			1x				
18	1x				1x			
19	1x				1x			
20	1x				1x			
21	1x				1x			
22	1x					1x		
23	1x					1x		
24	1x					1x		
25	1x						1x	
26	1x						1x	
27	1x						1x	
28	1x						1x	

**Abbildung 139:** Gegenüberstellung der Maschenöffnungen beider parallel eingesetzter Netze (Bb und Stb) in aufsteigender Reihenfolge in den einzelnen Jahren



## 20.6 Diskussion

Die Aufarbeitung der WSP-Daten ergab deutliche Hinweise auf die Situation zu den Steertmaschen in der Garnelenfischerei vor der Schleswig-Holsteinischen Küste. Die eingangs gestellten Fragen können auch zum Teil klar beantwortet werden:

So können auch mit zusätzlich erhobenen Daten keine anderen Informationen für die Zeit vor Beginn des Projektes CRANNET geliefert werden (Frage 1), als sie schon durch die EU-Studie zur Garnelenfischerei vorlagen (Aviat et al. 2011). Damals lag das Spektrum der Steertmaschenöffnungen zwischen 16 und 26 mm Maschenöffnung mit der häufigst verwendeten Maschenöffnung 20mm und einer großen Anzahl von Werten unterhalb dieses Mindestwertes, den die Fischerei sich selbst im Rahmen des damals beschlossenen MSC-Verfahrens auferlegt hatte.

Die Überlegung, dass sich durch das MSC-Verfahren und den späteren Beginn des Projektes CRANNET zum Jahreswechsel 2012-2013 samt seiner Zwischenergebnisse eine Änderung bei den verwendeten Steertmaschen ergeben könnte, hat sich – zumindest im Hinblick auf eine Vergrößerung der Maschenöffnungen - nicht bestätigt (Frage 2). Im Gegenteil: die Daten deuten darauf hin, dass es bis 2010 im Mittel sogar zu einer geringfügigen Verringerung bei den Maschenöffnungen gekommen ist, was einerseits an der veränderten Messmethode, andererseits aber auch durch die Beschaffung neuer Steerte mit einer Maschenweite von 10mm gelegen haben könnte. Diese Maschenweite resultiert durch das Material mit Knoten in einer etwas geringeren Maschenöffnung als es die verdoppelte Schenkellänge (gleich Maschenweite) hergibt. Weiterhin sind durch die Bestrebungen im Hinblick auf das MSC-Verfahren offensichtlich diejenigen Fischer, die mit ihren Steertmaschen weiter von dem angestrebten Standard entfernt lagen, auf die „Normgröße“ ausgerichtet von ihren wesentlich kleineren bzw. größeren Maschenweiten in Richtung 20 mm umgestiegen. Dadurch entfielen in letzter Zeit die Maschenöffnungen von 16 bzw. 24 bis 26 mm bei den Kontrollen. Allerdings ist das nicht absolut gesichert, denn es wurden keine gezielten Wiederholungsmessungen durchgeführt, sodass immer noch andere Steerte im Einsatz sein könnten. Es konnten hier nicht alle Steerte in der Flotte gemessen, sondern nur zufällige Stichproben bei meist anderen Fahrzeugen durchgeführt werden.

Zeitliche, saisonale Unterschiede, die denkbar sind infolge des Jahresrhythmus in den Garnelenbeständen mit vielen kleinen, neu in die Bestände rekrutierenden Garnelen im Sommer und eher größeren Tieren im Winter (Frage 3) sind anhand der stichprobenhaften Kontrollen der WSP nicht erkennbar. Es ist also davon auszugehen, dass in der Flotte stets mit mehr oder weniger gleichen Maschenöffnungen gefischt wird, wobei es den Überzeugungen einzelner Fischer gemäß und den von ihnen befischten Gebieten angepasst Unterschiede geben mag. Diese sind bei der gewählten Auswertung und ohne Berücksichtigung der Fangplätze aber nicht nachweisbar.

Veränderungen bei einzelnen Fahrzeugen durch wiederholte Kontrollen bzw. Wiederholungsmessungen im Hinblick auf Schrumpfung des Netzmaterials sind infolge zu geringer Datenlage und zufallsbedingter Kontrollen stets neuer Fahrzeuge nicht feststellbar. Die wenigen, mehrfach

kontrollierten Fahrzeuge wiesen sowohl verringerte als auch vergrößerte Steertmaschenöffnungen auf. Da dieses sowohl durch Schrumpfung als auch Dehnung oder einfach durch neue Steerte mit anderem Netztuch bedingt sein kann, ist es nicht möglich, mit diesen Daten Ergebnisse in dieser Hinsicht zu erzielen. Weil auch im Projekt CRANNET infolge eines nur sehr begrenzten Einsatzes der Versuchssteerte Veränderungen nicht nachweisbar waren, bleibt nur eine gezielte Studie übrig, um die seitens der Garnelenfischerei genannten Beobachtungen durch Daten zu untermauern oder diese als anekdotisch einzustufen. Hierzu müssten Steerte klar identifizierbar sein und bleiben, um nach unterschiedlicher Einsatzdauer und durch wiederholtes Ausmessen die genannten Effekte zu dokumentieren.

## 20.7 Fazit

Die Auswertung der WSP-Daten zu den Maschenöffnungen der in der Fischerei verwendeten Steerte hat ergeben, dass die Flotte in den letzten ca. fünf Jahren unverändert und jahreszeitlich durchgängig mit nahezu gleich großen Maschenöffnung fischt. Diese sind alle legal und in der Mehrheit gleich oder größer, als es die MSC-Bestrebungen der Mehrheit der Fischer mit 20 mm Maschenöffnung vorgeben. Der Anteil von Maschenöffnungen unterhalb 20 mm ist jedoch weiterhin groß. Somit kann ein vorgezogener Effekt der Ergebnisse des Projektes CRANNET, die grundsätzlich größere Maschenweiten für die Bestände wie auch für die Ökonomie der Fischerei als vorteilhaft ausweisen, nicht festgestellt werden.

## 20.8 Literatur

- Aviat D, Diamantis C, Neudecker T, Berkenhagen J, Müller M (2011) The North Sea Brown Shrimp Fisheries. Study to the European Parliament. 112pp.  
<http://www.europarl.europa.eu/activities/committees/studies/download.do?language=en&file=36051#search=shrimp>
- Neudecker T, Damm U (2010) The by-catch situation in German brown Shrimp (*Crangon crangon*) fisheries with particular reference to plaice (*Pleuronectes platessa* L.). *Journal of Applied Ichthyology*, 126, p 67-74
- Neudecker T, Müller M (2011) Das Problem „Siebkrabben“ in der Garnelenfischerei (The problem of landed small shrimp in Brown Shrimp Fishery). *Inf. Fischereiforsch.* 58: 21–28, 2011. DOI: 10.3220/Inf58\_21-28\_2011
- Redant F (1984) An indexed bibliography on the common shrimp, *Crangon crangon* (L.), complementary to Tiews, 1967, Ices, Copenhagen (Denmark).



## 21 Siebtypen und Siebweiten an Bord von Kuttern der deutschen Garnelenfischerei

Im Zeitraum März bis Mai wurden verschiedene Kutter besucht und telefonisch kontaktiert. Es hatte sich gleich zu Beginn der Befragungsaktion als unverhältnismäßig erwiesen, alle Kapitäne und Kutter in den Häfen direkt zu erreichen. Nach dem Einlaufen waren sie durch das Löschen des Fanges in Anspruch genommen. Anschließend drangen die Besatzungen auf schnelle Ruhepausen nach anstrengender Fang- und Reisezeit. Dann war erneut schnelles Auslaufen angesagt. Zielführende Gespräche und Befragungen konnten in der Regel während der im Frühjahr begonnenen Fischereisaison somit meist nur per Telefon erfolgen, da die Kapitäne dann während des Schleppens Zeit für Gespräche hatten, bis der nächste Hol anstand.

Da die Telefonnummern der Schiffe (und Kapitäne) meist nicht frei zugänglich in Telefonbüchern verfügbar waren, wurde die Unterstützung der Erzeugerorganisationen in Anspruch genommen, die nach Freigabe durch ihre Mitglieder bereitwillig und nur für den Zweck dieser Befragung, ihre Mitglieder- und Telefonlisten zur Verfügung stellten.

Nach der Erläuterung des Zwecks der Befragung wurde nach Hersteller und Stababstand der Siebeinrichtung für die erste Lebendsiebung an Bord gefragt. Die erhaltenen Informationen wurden für jeden einzelnen Kutter gelistet und sind verfügbar, können jedoch aus Datenschutzgründen nicht einzeln, sondern nur anonym und gruppiert bereitgestellt werden.

### 21.1 Befragungsergebnisse und Diskussion

Die zusammengetragenen Daten sind in den Tabelle 82 für die Siebabstände, in Tabelle 83 für die Maschinentypen zusammenfassend dargestellt.

#### 21.1.1 Siebweiten der Sortiermaschinen

Mit Daten von 39 Kuttern und deren Sortiermaschinen für die erste Lebendsortierung an Bord wurden im Laufe des kurzen Befragungszeitraums Informationen von 18,4 % der deutschen Flotte erlangt. Dies ist ein sehr guter, erster Hinweis auf die gebräuchlichen Gerätschaften in der deutschen Flotte vor dem Hintergrund, dass z.B. im Rahmen des Data Collection Regime der EU (DCR) wesentlich weniger Fahrzeuge beprobt werden, deren Sortiermaschinen aber nicht bewertet werden. Im Rahmen des früheren EU-Projektes RESCUE konnten bei Einsatz von zwei Vollzeitstellen über ein gesamtes Jahr lediglich 70% der deutschen Schiffe mit ihren technischen Besonderheiten und Arbeitsweisen katalogisiert werden. Informationen zu Siebstababständen wurden seinerzeit nicht vermerkt, da die Nachhaltigkeit zum damaligen Zeitpunkt noch nicht den Stellenwert einnahm wie heute.

Die hier vorgestellten Informationen sind somit die ersten dieser Art in Deutschland. Gleichwohl bedarf es eines erheblich größeren Zeitaufwandes als in dieser Befragungsaktion, sollen mehr Daten erhoben und vor allem auch Proben der einzelnen Arten und Individuen aus den Sortier- und Siebprozessen gezogen und analysiert werden. Dieses ist unabdingbar, wenn Längenfrequenzen von verschiedenen Organismen gewonnen werden sollen, um die Effekte einzelner Stababstände unter verschiedenen Einsatzbedingungen kenntlich zu machen.

**Tabelle 82:** Siebstababstände (in Millimeter) von 39 Sortiermaschinen an Bord deutscher Garnelenkutter mit Anzahl und Prozentsatz sowie hochgerechnet auf die Flotte (212 Kutter gemäß ICES WGCRAN 2014)

Stababstand	Anzahl	Anteil %	hochgerechnete Anzahl in D
5,5	3	7,6	16
5,8	18	46,2	98
6,0	11	28,2	60
6,2	1	2,6	5
6,3	1	2,6	5
6,5	1	2,6	5
5,8-6,5	3	7,6	16
6,0-6,4	1	2,6	5
Anzahl	39	100	212
% der Flotte (212)	18,4		

Die Stababstände reichten gemäß dieser Befragung von 5,5 mm bis 6,5 mm, wobei die große Mehrzahl bei 5,8 bzw. 6,0 mm zu finden war. Nur einzelne Maschinen hatten nach Aussage der Fischer Abstände von 6,2 mm oder 6,3 mm sowie 6,5 mm. Einige Kutter verfügten über moderne Einrichtungen mit verstellbaren Systemen, die es ihnen ermöglichen, je nach fischereilicher Situation zwischen Sortierergebnissen von 5,8 bis 6,5 mm Stababstand zu wählen (Abbildung 141) und die jeweils kleinen Fraktionen wieder in die See zurückgelangen zu lassen. Ein Merkmal sehr vieler Sortiermaschinen ist es, dass nicht mit einem Stababstand bzw. -typ gearbeitet wird, sondern unterschiedliche Siebe in Folge zum Einsatz kommen. Da es sich in dieser Fischerei nicht um eine Industrie handelt, die mit Normen arbeitet, sondern letztlich um relativ wenige, einzelne Betriebe, wurden alle Sortiermaschinen im Laufe der Zeit handwerklich und nur in kleinsten Serien nacheinander gefertigt, sodass es sich meist um Unikate handelt, die in allen möglichen Weisen voneinander abweichen. So folgen quer und/ oder längs gerichtete Gitter teils am Einlass der Sortiermaschinen befindlichen Trommeln mit verschiedenartiger, tangentialer Lochung. Mit mehr oder weniger Wasser werden die zu sortierenden Tiere durch die Löcher und Schlitze gespült oder verlassen – sofern zu groß – die Sortiertrommeln am Ende der Trommel.

Die Lochdurchmesser betragen nach Aussagen der Fischer 16 mm (für ältere Maschinen) sowie 15 und 14 mm für jüngere Maschinen. Der jeweilige Fischer hat über seine Pumpen zusätzlich die

Möglichkeit mit viel oder wenig Wasser zu arbeiten und so das Sortierergebnis aktiv zu beeinflussen. Auch der Neigungswinkel der rotierenden Sortiertrommeln kann von Kutter zu Kutter variieren, womit neben der Drehzahl erneut Einfluss auf die Sortierergebnisse genommen werden kann. Allerdings ist dieses von nachgeordneter Bedeutung, da die Sortiermaschinen fest auf Deck montiert sind und somit ein fester Neigungswinkel eingestellt ist. Einmal montiert wird hier in der Regel nichts mehr verändert.

Vor dem Hintergrund der MSC-Bemühungen der Fischerei, für die Nachhaltigkeit und die Reduzierung der Rückwürfe (Discards) von kleinen Garnelen von Bedeutung sind, ist es wichtig, dass möglichst viele kleine Garnelen vor dem Kochprozess gar nicht erst gefangen oder aber lebend aussortiert werden. Hierzu dienen die Sortiermaschinen mit den verwendeten Stababständen und Lochweiten.

Bei der letzten Siebung und Sortierung an Land werden zur Vermeidung von zu kleinen Garnelen für Verarbeitung und Handel bzw. Verbraucher weitgehend 6,8 mm Stababstände eingesetzt (freiwillige MSC-Maßnahme der Fischerei). 6,5 mm sind die seitens der EU-Vorschrift legale Grenze, unter der die Garnelen nicht mehr für den menschlichen Verzehr verwendet werden dürfen. Da die Garnelen einen relativ festen Panzer haben, ist es im Grunde sinnvoll, dass schon bei der ersten Lebendsiebung entsprechende Stababstände eingesetzt werden.

Dieses ist aber in der Flotte offensichtlich nicht der Fall, denn die hauptsächlich verwendeten Stababstände liegen bei 6,0 mm und weniger (82% aller Siebe in der vorliegenden Untersuchung) und sortieren somit weit weniger kleine Garnelen aus, als es angebracht wäre.

Eine genaue Überprüfung der Selektionseigenschaften der verwendeten Siebe ist daher dringend angeraten.

Mit der seitens der Fischer ausgedrückten Hoffnung, dass immer ein paar kleinere Garnelen mit in die Kisten gelangen und damit den Gewinn erhöhen, erweisen sie sich selbst einen „Bären-dienst“, weil sie sich damit einen höheren Arbeitsaufwand bei der Verarbeitung an Deck und dem Sortieren einhandeln, sich der Gefahr eines höheren Anteils an „Siebkrabben“ an Land aussetzen, die – zumindest nach vorliegenden Informationen – zu einem finanziellen Abzug bei den Anlandungen führen. Ganz abgesehen davon erhöhen die Fischer durch dieses Verhalten die Mortalität der kleinen, an der Grenze zur Marktfähigkeit liegenden Garnelen, die durch schnelles Wachstum nur wenige Tage später zu vermarktungsfähigen Tieren herangewachsen wären.

Dieses entspricht in keinem Fall nachhaltiger Bewirtschaftung der Garnelenbestände und schädigt die eigene wirtschaftliche Grundlage.

Die Information zu den Abständen der Siebstäbe an Bord der Garnelenkutter gibt unter Umständen die Möglichkeit zu überprüfen, ob diese Siebabstände bereits Auswirkungen auf den Anteil an Siebkrabben in den Anlandungen haben. Hier können allerdings weitere Sieb- bzw. Selektions-

stufen einen kaschierenden Einfluss haben. Dazu zählen die Maschenweiten im Steert der Netze, vor allem aber die Siebabstände der zweiten Siebung nach dem Kochen, wo kleine gekochte Garnelen aussortiert werden.

Die Erstellung von Selektionskurven für die einzelnen Siebmaschinentypen und der Effekt ihrer Stababstände auf die Längenzusammensetzung der Kochfraktion und des Discards wäre eine wichtige Maßnahme. Dies gilt sowohl für die Lebendsiebung, wo flache (ungünstige) Selektionskurven zu erwarten sind und auf FFS „Solea“ exemplarisch gezeigt wurden als auch für die Siebung der gekochten Garnelen, die durch ihre geschlossenere „Tropfenform“ sehr steile (gute) Selektionskurven liefern. Auch letzteres konnte in den oben genannten Vorversuchen exemplarisch gezeigt werden.

### 21.1.2 Das Spektrum der Hersteller von Garnelen-Sortiermaschinen

Informationen der Fischerei besagen, dass es eigentlich nur vier Hersteller gibt bzw. gab, die sich mit dem Bau derartiger Maschinen beschäftigten. Die Ergebnisse der Befragung bestätigen auf Basis von 42 Informationen von einzelnen Kuttern, dass dieses im Grunde zutrifft. Durch den stetigen Rückgang der Zahl von Garnelenkuttern (Neudecker 1999) besteht praktisch kein Markt für derartige Maschinen. Es gibt sogar stets gebrauchte Maschinen, die ggfs. als Ersatz für defekte Maschinen günstig übernommen werden können. Dadurch besteht nur sehr sporadischer Bedarf an neuen Maschinen, wenn ein Fischer eine Verbesserung seiner bislang verwendeten Sortiermaschine haben möchte und eine Auswechslung in Frage kommt. Dies war in letzter Zeit teilweise der Fall, weil modernere Maschinen offensichtlich effizienter arbeiten und durch andere Lochweiten Fischbeifang besser aussortieren, wodurch der Arbeitsaufwand beim Aussortieren von Fischresten etc. per Hand nach dem Kochen Zeitersparnis brachte.

Dies führte dazu, dass die ursprünglich verwendeten Rüttelmaschinen weitgehend von den Kuttern verschwunden sind. In der Befragung gab es nur ein Fahrzeug, welches noch mit einem solchen Gerät ausgerüstet ist (Abbildung 140). Allerdings kann davon ausgegangen werden, dass einige alte, kleine, im inneren Wattenmeer operierende Kutter weiterhin damit arbeiten, sodass der gefundene Prozentsatz (2,4%) am Ende etwas höher liegen könnte. Hersteller solcher Maschinen gibt es derzeit nicht mehr, nachdem die Fa. Kölln in Marne nicht mehr existiert.

Alle anderen Maschinen wurden bzw. werden in den Niederlanden gebaut. Eine Werft (Welgelegen) produzierte früher Sortiermaschinen, hat aber ebenfalls dem Vernehmen nach diese Tätigkeit eingestellt. Damit verbleiben vier weitere Hersteller mit unterschiedlicher Verbreitung in der deutschen Flotte. Wissner Kramer hat mit 33,3% den größten Anteil, gefolgt von Siebmaschinen des Unternehmens De Boer RVS (Abbildung 141) mit 23,8% Verbreitung. Maschinen der Hersteller Sterkos und Verburg (Abbildung 142) weisen mit 19% und 14,3% hingegen die geringste Verbreitung auf (Tabelle 83).

Allerdings ist seitens der Fischerei mehrfach von einer Stagnation die Rede, der zwei niederländische Neuentwicklungen gegenüberstehen, die infolge des öffentlichen Drucks durch NGOs, Handel und MSC-Bemühungen entstanden sind.

Hierüber wird in einem gesonderten Abschnitt berichtet (Kapitel 22 Begutachtung neuer, niederländischer, seegängiger Siebmaschinen, deren Funktionsweisen sowie deren mögliches Zusammenwirken mit den vom CRANNET-Projekt propagierten Steerten).

**Tabelle 83:** Typen (Hersteller) von Sortiermaschinen an Bord deutscher Garnelenkutter mit Anzahl und Prozentsatz hochgerechnet auf die Flotte (212 Kutter gemäß ICES WGCAN 2014)

Hersteller	Anzahl	Anteil %	Theoretische Anzahl in D
De Boer	10	23,8	50
Ehem. Kölln	1	2,4	5
Sterkos	8	19,0	40
Verburg	6	14,3	30
Welgelegen	3	7,1	15
Wisse Kramer	14	33,3	71
Anzahl	42		212
% der Flotte (212)	19,8		100

**Abbildung 140:** Beispiel einer kleinen Sortiermaschine nach dem Rüttelprinzip, hergestellt von der früheren Firma Kölln in Marne



**Abbildung 141:** Ausschnitt zum Beispiel einer modernen, zweistufigen Trommel-Sortiermaschine hergestellt von der Firma de Boer, Niederlande: Oben große Bakelit-Lochtrommel mit 14-mm-Löchern, die vor allem Fisch- und Krebsbeifang aussortiert, da nur kleinere Garnelen und Fischchen nach unten in die zweite Stufe gelangen können; unten Schlitz-Trommeln mit drei Abschnitten von 6,0 und 6,2 sowie 6,4 mm Stababständen, die eine Größen-Auswahl für Garnelen- Discard und Kochfraktion ermöglichen.



**Abbildung 142:** Beispiel einer Trommel-Sortiermaschine mit vorgeschalteter Bakelit-Loch-Trommel und drei Segmenten von Edelstahlsieben mit 6,2 und zwei mal 6,0 mm Stababstand am Ende hergestellt von der Firma Verburg, Niederlande



## 21.2 Literatur

Neudecker T (1999) Die Entwicklung des Aufwandes in der deutschen Garnelenfischerei. Inf. Fischwirtschaft Fischereiforsch 46, 9-13



## 22 Begutachtung neuer, niederländischer, seegängiger Siebmaschinen, deren Funktionsweisen sowie deren mögliches Zusammenwirken mit den vom CRANNET-Projekt propagierten Steerten

Am 20. und 21. Mai 2015 wurden in den Niederlanden zwei Betriebe besucht, die sich mit der Optimierung der Überlebensraten von Beifängen in der Garnelenfischerei beschäftigen und neue Verfahren hierzu entwickelt haben.

Der normale Ablauf der Arbeiten auf einem Garnelenkutter besteht darin, dass

1. Der Fang nach ca. 0,5 bis 2,5 Stunden Schleppen aus dem Wasser in einen Auffangbehälter, die Hock, gehievt und entleert wird
2. Dort ist er „trocken“ zwischengelagert und wird per Förderband in die Sortiermaschine befördert, wobei der Fischereihelfer oft mit Besen nachhelfen muss, um einen gleichmäßigen Transport in die Sortiermaschine zu gewährleisten
3. In der Sortiermaschine wird heutzutage alles mit Wasserdurchsatz getrommelt und sortiert, wobei die Krabben und der Beifang je nach Größe durch die entsprechenden Löcher und Sortiergitter entweder nicht hindurchgleitet (großer Beifang, der Außenbords gespült wird) oder durch die ersten Gitter hindurchfällt, um von dort in die für das Kochen vorgesehenen Körbe zu rutschen oder durch die kleinen Gitter als zu kleine Fangobjekte mit dem Wasser direkt außenbords gespült zu werden.

Dies wird deshalb hier dargestellt, weil die neuen, niederländischen Verfahren an verschiedenen Stellen dieses Ablaufes schonend für den Fang eingreifen, und die Überlebenschancen der - im Laufe des dargestellten Prozesses „arg gebeutelten“ – Tiere zu erhöhen. Empfindliche Organismen wie Heringe, Kabeljau u.a. überleben die derzeitige Behandlung nicht. Robustere Tiere wie Seezungen, Steinpicker und Krebse mit ihren Panzern haben allerdings eine Chance, die Sortierung zu überdauern – wenn sie nicht im Kochprozess enden.

Allerdings stellt diese herkömmliche Sortierung ganz klar einen gewaltigen Stress mit hohem Verletzungsrisiko für alle Organismen dar, dessen Auswirkungen so gut wie nicht untersucht sind.

### 22.1 Das System „Overlevingsbak“ von Patrick Schilder

Das Unternehmen „Schilder“, drei Brüder in Volendam/NL, Aalfischer in der Zuiderzee, haben von Ihren Erfahrungen bei der Sortierung von Aalen ausgehend dieses Verfahren auch auf Garnelenfänge angepasst. Es greift in obiger Beschreibung bei Punkt 2 ein, indem der Fang nicht in eine „trockene Hock“ entlassen wird, sondern in einen Wassertank, der kontinuierlich mit frischem Seewasser befüllt wird. Hierdurch bekommen die gefangenen Tiere nahezu unmittelbar nach dem „Aus-dem-Wasser-Hieven“ erneut frisches Wasser – und damit Sauerstoff – sodass sowohl

die Atmung als auch der mechanische Druck anderer, teils spitzer und Verletzungen verursachender Organismen drastisch verringert wird. Durch die kontinuierlich starke Pumpleistung wird das „Fang-Wasser-Gemisch“ über Rohre in die Sortiereinrichtung gespült.

### 22.1.1 Das Verfahren „Overlevingsbak“ im Detail

Alles wird in eine Box auf eine Edelstahlplatte gespült, die in zwei Dimensionen schräg angeordnet ist. An der unteren Kante befindet sich eine Walze, die sich entgegengesetzt zu dem ankommenden Wasserstrom dreht, sodass nichts unter ihr eingeklemmt, sondern aktiv weggedrückt wird. Zwischen Walze und Bodenblech befindet sich ein definierter Abstand (z. Zt. 10 mm), durch den alle Individuen, die kleinere Abmessungen haben, hindurchrutschen, während größere mit dem übrigen Wasser weggespült werden. Auf diese Weise wird alles, was größer ist als die zu verarbeitenden Krabben, in kürzester Zeit mit Wasser wieder über Bord gegeben und hat erheblich weniger mechanische Beanspruchung zu ertragen, was sich positiv auf die Überlebensraten auswirken muss. Damit ist der große Beifang „quasi gerettet“.

Das gleiche Prinzip wird nun noch einmal auf den Teil des Fanges angewendet, der durch den ersten größeren Schlitz hindurch gerutscht ist. (Abstand zwischen Walze und Bodenblech ist frei wählbar beim Bau einer solchen Sortiereinrichtung). Allerdings ist der Zwischenraum zwischen Stahlplatte und sich drehender Walze geringer (z. Zt. 6mm) als zuvor und so gewählt, dass nun die vermarktungsfähigen Garnelen zurückgehalten werden. Lediglich zu kleine Garnelen und juvenile Plattfische können entweichen und gelangen mit dem Spülwasser sofort außenbords. Die marktfähigen Garnelen dagegen werden in den für die Kochware vorgesehenen Korb gespült.

Dieses Sortierprinzip mutet extrem einfach an und ist offensichtlich sehr wirkungsvoll. Es erscheint gleichzeitig, durch den hohen Wasserdurchsatz gegenüber dem bisherigen Standardverfahren, äußerst schonend zu sein.

Da durch die Garnelennetze bereits eine Vorselektion des Fanges erfolgt, indem größere Fische, besonders Plattfische > 10 cm, durch die sog. Siebnetze aussortiert werden und sehr kleine Organismen durch die Steertmaschen entlassen werden, kommt ohnehin nur ein bestimmtes Größenspektrum an Deck. Dadurch werden nach dem gewonnenen Eindruck nahezu alle im Fang verbliebenen Plattfische, die sämtlich flacher als die Garnelen sind, aus dem Fang heraus selektiert, und nur noch der Teil des Beifanges gerät – wie bisher auch – in den Kocher, der mit den Maßen der zu kochenden Garnelen übereinstimmt (überwiegend eine geringe Anzahl von Grundeln).

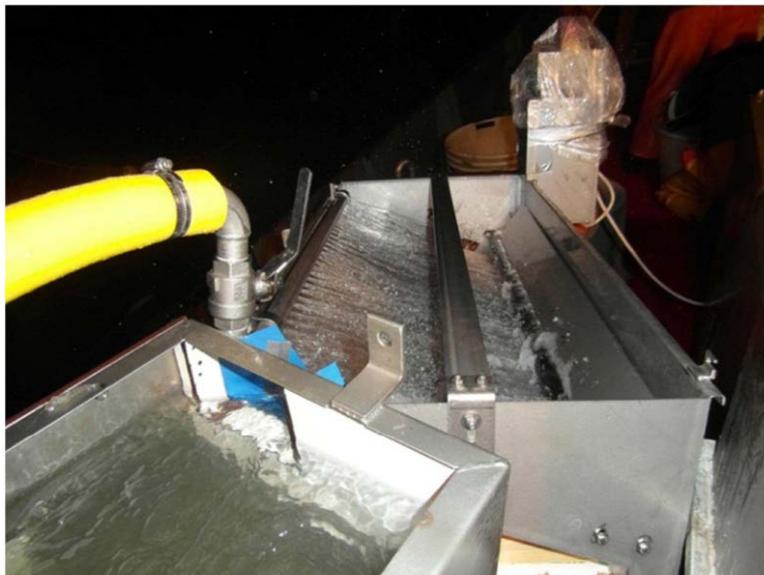
Der praktische Einsatz der Garnelensortiereinrichtung konnte nicht miterlebt werden. Allerdings waren die Abläufe und Effekte durch Videoaufzeichnungen nachvollziehbar. Es wäre daher äußerst sinnvoll und im Interesse einer Discard-Vermeidung bzw. einer erheblichen Discard-Schonung, diese Einrichtung auf ihre Eignung in der deutschen Flotte zu testen, weil aller Fang

nur sehr kurzfristig aus dem Wasser gelangt und mit Wasser äußerst schonend selektiert wird. Anpassungen für einzelne Kutter sind sicherlich einzuplanen.

Bei diesen Tests sollte der jahreszeitliche Effekt mit Berücksichtigung finden, weil die stark variierenden Wassertemperaturen und Sauerstoffgehalte einen erheblichen Einfluss auf die Überlebensraten haben. Auch sollten vergleichende Überlebensraten durchgeführt werden neben Vergleichen von Häufigkeiten und Längenfrequenzen der einzelnen Arten, die auf den Fangplätzen angetroffen werden.

Nur auf diese Weise kann die vermutete, deutliche Überlegenheit dieses neuartigen Sortierverfahrens gegenüber den derzeit im Einsatz befindlichen Sortiermaschinen wissenschaftlich nachgewiesen werden. Praktische Erfahrungen aus der Fischerei mögen hierbei unterstützend hinzukommen.

**Abbildung 143:** Die Sortiermaschine „Overlevingsbak“. Im Vordergrund der Puffertank mit Überlauf. Dahinter links die erste Sortierstufe mit Wasserdüsen von links, wo großer Beifang aussortiert wird. Rechts von der Mitte die zweite Sortierstufe, die die Konsumgarnelen herausortiert. Der kleine Discard verschwindet ganz unter der dunklen, rotierenden Walze rechts im Bild nach außenbords.



**Abbildung 144:** Die Sortiermaschine „Overlevingsbak“, Blick auf die Seite mit den Ausläufen / Ausflüssen: Im Zentrum oben rechts der Einlauf des Fanges mit der ersten Sortierstufe und der Walze in der Mitte. Links davon die zweite Sortierstufe mit der schwarzen, zweiten Walze. Die Konsumfraktion wird durch die zentral vorne austretende Rinne zu dem vor die Anlage zu stellenden Auffangkorb geleitet. Rechts und links die großen Hocken, die ständig mit frischem Wasser gefüllt bleiben müssen, weil sonst durch Sauerstoffzehrung Mortalitäten der Tiere eintreten würden.



## 22.2 Das System des Unternehmens „De Boer RVS“

Das System „De Boer RVS“ ist ein sehr komplexes, das zu einem Umbau eines Kutters (GRE 5) geführt hat, was mit Mitteln des EFF in den Niederlanden unterstützt wurde. Von weitem erschien der Kutter ein normaler, gepflegter Krabbenkutter zu sein. Jedoch fielen bei genauerem Hinsehen große Trommeln mit dicken Schläuchen an Deck auf, die bis in die Kurrbäume hinauf reichten. (Abb 3). Alle andere Maschinerie entdeckt man später, wenn man feststellt, dass es sich nicht um die üblichen Edelstahl – Sortiereinrichtungen handelt, sondern Anderes unter den Blechen verborgen sein muss. Auf GRE 5 ist verarbeitungstechnisch alles anders. Nur die Bäume und Netze entsprechen einem normalen Kutter.

### 22.2.1 Das Verfahren „De Boer RVS“ im Detail

Im Innern der Steerte befindet sich ein Edelstahl-Saugkorb, der dafür sorgt, dass keinerlei Berührung mit dem Netz erfolgen kann. Es bleiben ca. 40 cm freier Raum, um das Schlauchende frei zu halten. Dieser leicht flexible Schlauch ist derzeit 50 Meter lang und wird mit der Kurrleine her-

ausgelassen, wenn geschleppt (gefischt) wird. Er führt zu einer speziellen Vakuumpumpe wie sie schon seit vielen Jahrzehnten in anderen Bereichen verwendet wird, auch z.B. in der Karpfenteichwirtschaft. Das hierfür bestehende Patent besteht bereits seit 1903. Auf diese Weise kann der sich im Steert sammelnde Fang kontinuierlich abgesaugt und in einen Vorratstank an Deck gepumpt werden. Dies erfolgt allerdings im Wechsel von Backbord und Steuerbord im 6-Sekunden-Rhythmus, sodass sich nirgends größere Fangmengen sammeln können. Auf diese Weise erübrigt sich ein Einholen der Netze weitgehend und es kann kontinuierlich gefangen werden.

Aus den wassergefüllten Vorratstanks, die den üblichen Hocken entsprechen, fließt das Fang-Wasser-Gemisch über vier Rohre in die bildanalytische Sortiereinrichtung, die ebenfalls über vier schmale Förderbänder verfügt. Hier fließt das Wasser ab, und es bleiben die gefangenen Objekte auf den Förderbändern liegen. Diese werden nun durch zwei Kameras optisch erfasst (GigE-Kameras von IDS und der M1-Steuerung von Bachmann electronic). Sie sind in der Lage, je Sekunde 10 bis 20 Fotos zu erstellen und zu analysieren. Es werden durch die Voreinstellungen alle Organismen erkannt, die Garnelen vermessen und in die drei Handelsklassen und Discardgarnelen kategorisiert. Im weiteren Verlauf werden dann an jeweils drei Positionen auf den Förderbändern die jeweiligen Größen an Garnelen per Luftdruck vom Förderband in die für sie vorgesehenen Behälter „geschossen“. Der Restfang läuft weiter über die Förderbänder und wird als Discard lebend und ohne großen Stress unmittelbar zurück ins Meer geleitet.

Die drei Garnelengruppen können anschließend wie gewohnt per Kocher oder Kochstrasse gekocht werden, wie es an Bord der Kutter heute üblich ist. Die Kapazität der Anlage beträgt nach Herstellerangaben ca. 300kg Garnelen je Stunde.

Durch die digitale Beobachtung und Vermessung kann der Kapitän ohne große Zeitverzögerung und während des Fischens im Ruderhaus per Display erkennen, wie die Fangzusammensetzung sich verändert, ob viele kleine oder z.B. wenige oder viele Krabben auf dem jeweiligen Fangplatz vorhanden sind und sich entsprechend verhalten. Auf diese Weise ist eine schnelle Fangoptimierung für den Fischereiprozess möglich, während gleichzeitig durch nahezu komplettes Vermeiden von Trockenliegezeiten und kontinuierliches Pumpen mit sofortiger Sortierung der gesamte Fang- und Sortierprozess für die Tiere nur einige Minuten benötigt. Dies reduziert den individuellen Stress und sollte die Überlebenschancen deutlich erhöhen. Derartige Fischpumpen sind seit Jahrzehnten im Einsatz und schädigen die Tiere offenbar nicht.

Das System ist unmittelbar nach dem Besuch und der Besichtigung zum ersten praktischen Test-Einsatz gekommen. Das Pumpensystem funktionierte einwandfrei. Die Schlauchlänge soll aber auf 100 Meter verlängert werden, um auch ein Fischen in den etwas tieferen Gewässern der Nordsee zu ermöglichen, was derzeit nur bis ca. 15 Meter Wassertiefe machbar ist. Das bildoptische Sortierverfahren arbeitet gut, erreicht nach Aussage der Betreiber aber derzeit und unter den Arbeitsbedingungen auf See nur eine Sortiergenauigkeit von ca. 85% (an Land >99%). Hier sind noch Nachbesserungen und Anpassung an die Gegebenheit auf See erforderlich und geplant.

Dieses ist sicherlich möglich, berücksichtigt man, dass es sich um den Beginn einer neuen Technologie in der Garnelenfischerei handelt.

**Abbildung 145:** De Boer RVS Garnelensortierung. Der Garnelenkutter GRE 5



**Abbildung 146:** De Boer RVS Garnelensortierung. Der Saugschlauch im Fanggeschirr ist deutlich zu erkennen.



**Abbildung 147:** De Boer RVS Garnelensortierung. Die Trommel mit aufgewickeltem Vakuumschlauch



**Abbildung 148:** De Boer RVS Garnelensortierung. Der Steert eines Garnelennetzes ist durch den innen befindlichen Saugkorb etwas aufgedrückt



**Abbildung 149:** De Boer RVS Garnelensortierung. Im Bug des Schiffes ist auf engstem Raum die Pumpenanlage untergebracht



**Abbildung 150:** De Boer RVS Garnelensortierung. Die großen Vakuumbehälter mit im Hintergrund befindlichem Tank, aus dem der Fang auf die vier Förderbänder gelangt



**Abbildung 151:** De Boer RVS Garnelensortierung. Vorsortierung vor den Förderbändern: großer Beifang wird durch die groben Edelstahlstäbe weggeleitet. Garnelen und kleiner Beifang fallen nach unten auf die Förderbänder



**Abbildung 152:** De Boer RVS Garnelensortierung. Im Hintergrund die Schlauchtrommeln, davor die Vakuumentanks, links der Wassertank für den Fang, ganz links die Zuführung des Fanges zur Fotoeinrichtung, die sich in dem großen Kasten befindet, rechts vorn im Vordergrund die Anlage mit den vier Förderbändern und der Druckluftanlage.



**Abbildung 153:** De Boer RVS Garnelensortierung. Blick in den Bereich der Förderbänder (die Luftdüsen sind im dunklen Bereich nicht erkennbar), die den Beifang nach rechts und links weg transportieren



**Abbildung 154:** De Boer RVS Garnelensortierung. Die Displays im Ruderhaus, auf denen der Zustand der Vakuumanlage, der Bildanalyse und der Anteil an Garnelen verschiedener Größen abgelesen werden kann.



### 22.3 Mögliches Zusammenwirken der neuen, niederländischen Sortieranlagen mit den vom CRANNET-Projekt propagierten Steerten.

Im Projekt CRANNET wurden die Steerte auf bestmögliche, positive Auswirkungen auf die Garnelenbestände untersucht. Indem kleine Garnelen gar nicht erst gefangen werden, werden unnötige Rückwürfe vermieden. Die Reduktion der Rückwürfe untermaßiger Garnelen betrug zeitweise bis zu 80 % gegenüber der heutigen Fangsituation.

Durch die verwendeten Siebnetze wird der Fang und natürlich auch der Beifang für große Individuen begrenzt, sodass nur noch ein auf einen schmalen Größenbereich eingegrenzter Fang im Netz bzw. Steert verbleibt, der den Sortier- und Bearbeitungsaufwand an Deck reduziert. Damit kann insgesamt ein großer Fortschritt bei der Vermeidung von Beifängen und Discards verzeichnet werden.

Die neuen, niederländischen Verfahren bieten im Anschluss an diese Fangreduktion eine offenbar hervorragende Möglichkeit, den nun erzielten, großemäßig weit eingegrenzten Gesamtfang wesentlich schonender weiterzuverarbeiten, als dies bislang der Fall ist.

Beide Systeme, sowohl das System „Overlevingsbak“ als auch das System „De Boer RVS“ belassen den Gesamtfang weitestgehend in frischem, also sauerstoffreichem Wasser, womit die Tiere nicht der Luft ausgesetzt sind. Dies ist bislang in der Hock der Fall. Durch den Transport der Tiere

durch die Sortieranlagen mit fließenden Wasser beim System „Overlevingsbak“ fällt die mechanische Beanspruchung nahezu komplett weg, was zu einer extrem hohen Überlebensrate führen sollte – selbst bei den einigermaßen empfindlichen Tieren.

Mortalitätsuntersuchungen im Betrieb stehen noch aus und sollten Ziel von Fischerei wie Wissenschaft sein.

Während bei dem System „Overlevingsbak“ heute noch von normalem Fangverhalten, also Hieven und Entleeren in wassergefüllte Hocken ausgegangen wird, was natürlich änderbar wäre, wird bei dem integrierten „De Boer-System“ diese mechanische Beanspruchung vermieden, weil aller Fang durch das Vakuumsystem mit Wasser, also schwimmend, an Deck kommt. Dann muss allerdings kurzfristig im Bereich der Bildanalyseeinheit das Wasser entzogen werden. Binnen einer Minute (nach Herstellerangaben) werden der Beifang und die zu kleinen Garnelen wieder ins Meer zurück befördert. Auch hier muss angenommen werden, dass die Überlebensraten auch bei empfindlichen Tieren sehr hoch sein sollten. Hier sind ebenfalls Mortalitätsuntersuchungen im Betrieb als Ziel von Fischerei wie Wissenschaft anzusehen, um die Fortschritte bei der Discardvermeidung und bei den Überlebenschancen für alle Rückwürfe zu belegen.

## 22.4 Fazit

Der Einsatz von größermaschigen Steerten (CRANNET-Steerte) in der Garnelenfischerei in Verbindung mit den neuen, schonenderen Sortierverfahren könnte zukünftig zu deutlichen Verbesserungen in der Garnelenfischerei in Bezug auf Beifang- und Discardvermeidung führen, was hauptsächlich den CRANNET-Steerten zuzuschreiben wäre. Der dann weiterhin noch unvermeidbare Beifang sowie die immer noch vorhandenen, zu kleinen Garnelen werden durch die neuen Sortierverfahren in bislang nicht gekannter Weise sehr schonend behandelt, sodass ihre Überlebenschancen wesentlich verbessert werden. Damit werden bei Anwendung beider Neuerungen die Garnelenbestände wie auch alle mitgefangenen Organismen wesentlich nachhaltiger behandelt, womit der Einfluss der Garnelenfischerei auf das Ökosystem deutlich verringert würde. Garnelenbestände und auch Fische sollten einen Bestandszuwachs (Biomassezuwachs) gegenüber der heutigen Bestandssituation erfahren.

## Öffentlichkeitsarbeit

Im nachfolgenden findet sich eine Liste der Berichte (TV, Radio, Presse) zum Projekt CRANNET die in TV, Radio, Print- und Online-Medien im Projektverlauf veröffentlicht wurden.

- Link zur Projektseite: <http://www.ti.bund.de/de/sf/projekte/garnelen-schonend-fangen-crannet/>

### TV

- Bericht über CRANNET-Seereisen mit FFS „Solea“ im September 2013:
- [http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/hallo\\_niedersachsen/media/hallonds18143.html](http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/hallo_niedersachsen/media/hallonds18143.html) (nicht mehr aufrufbar)
- Bericht über CRANNET im Rahmen des „Krabbenfischertages“ am 28.3. 2014:
- <http://www.ndr.de/regional/schleswig-holstein/krabbenfischer285.html>
- <http://www.ndr.de/fernsehen/sendungen/nordseereport/Fuenf-Jahre-Weltnaturerbe-Wattenmeer-,nordseereport1000.html>
- <https://vimeo.com/111741560>

### Radio

- <http://www.ndr.de/info/podcast2994.html>
- (leider nicht mehr aufrufbar, mit Kommentar von Dirk Sander)

## Print- und Online-Medien

- <http://www.abendblatt.de/region/article112663438/Krabbenfischen-soll-umweltfreundlicher-werden.html>
- [http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Tier/Krabbenfischen-soll-umweltfreundlicher-werden\\_article1357890119.html](http://www.proplanta.de/Agrar-Nachrichten/Tier/Krabbenfischen-soll-umweltfreundlicher-werden_article1357890119.html)
- <http://www.krabbenfischerei-wattenmeer.de/faktencheck/krabbenfischerei/forschung/>
- <http://www.berliner-zeitung.de/newsticker/projekt-fuer-mehr-umweltschutz-beim-krabbenfischen-gestartet,10917074,21428500.html>
- <http://www.bild.de/regional/hannover/hannover-regional/projekt-fuer-mehr-umweltschutz-beim-krabbenfischen-28040076.bild.html>
- <http://www.seereisenmagazin.de/jahrgang2013/ausgabe-2-2013/019-nordseemagazin.html>
- <http://www.ksta.de/newsticker/projekt-fuer-mehr-umweltschutz-beim-krabbenfischen-gestartet,15189532,21428500.html>
- [http://www.t-online.de/regionales/id\\_61640174/krabbenfischen-soll-umweltschonender-werden.html](http://www.t-online.de/regionales/id_61640174/krabbenfischen-soll-umweltschonender-werden.html)
- <http://aktuell.meinestadt.de/kiel/2013/01/10/krabbenfischen-soll-umweltschonender-werden/>
- [http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt\\_naturschutz/neue\\_netze\\_braucht\\_krabben\\_fischerei\\_223088.html](http://www.innovations-report.de/html/berichte/umwelt_naturschutz/neue_netze_braucht_krabben_fischerei_223088.html)
- (nicht mehr verfügbar)
- [http://www.herd-und-hof.de/index/modul/portal/kernwert/landwirtschaft/cmd/catalogue\\_details/block/catalogue\\_1/field/4334/](http://www.herd-und-hof.de/index/modul/portal/kernwert/landwirtschaft/cmd/catalogue_details/block/catalogue_1/field/4334/)
- [http://www.vbio.de/informationen/alle\\_news/e17162?news\\_id=17235](http://www.vbio.de/informationen/alle_news/e17162?news_id=17235)
- <http://www.schattenblick.de/infopool/umwelt/landwirt/ulafo424.html>
- <http://derstandard.at/1385168864257/Die-Masche-machts-Krabbennetze-im-Test>
- <http://www.fischmagazin.de/newsartikel-seriennummer-2988-Selektiverer+Krabbenfang+ist+moeglich.htm>
- <http://www.luebecker-anglerforum.de/threads/4404-Selektiverer-Krabbenfang-ist-m%C3%B6glich>
- <http://www.anglerforum-sh.de/showthread.php?18841-Neue-Krabben-Netze-sollen-Beifang-verringern>

- <http://www.norwegen-angelfreunde.de/showthread.php?25250-Neue-Netze-braucht-die-Krabbenfischerei>
- [http://www.eo-ems.de/dit\\_dat/dit\\_dat\\_2014/crannet-1.htm](http://www.eo-ems.de/dit_dat/dit_dat_2014/crannet-1.htm)
- <http://jeversches-wochenblatt.de/Nachrichten.aspx?ArtikelNr=18143>
- Sonntagsblatt für das Auricher Land: 21.-22.6. 2014:
- Ostfriesen-Zeitung, 25.6.2014 Seite 12
- Brand eins, Wirtschaftsmagazin Heft 7, Juli 2014, Seite 76-82: Der Mut der Verzweiflung. Von Harald Willenbrock (gesamter Bericht über Krabbenfischerei, nicht nur CRANNET)
- <http://www.ezdk.de/index.php/presse/nachrichten/40-forschungsergebnisse-crannet-vorgestellt>

## Pressemitteilungen des Thünen-Instituts zu CRANNET

### PM vom: 23. November 2013:

- [http://www.ti.bund.de/no\\_cache/de/startseite/presse/pressemitteilungen-informationsseite/Pressemitteilung/neue-netze-braucht-die-krabben-fischerei.html](http://www.ti.bund.de/no_cache/de/startseite/presse/pressemitteilungen-informationsseite/Pressemitteilung/neue-netze-braucht-die-krabben-fischerei.html)

## Vorträge

- **Jahreshauptversammlung Landesfischereiverband Weser-Ems e.V. in Neuharlingersiel, März 2013:**  
Projektvorstellung CRANNET
- **ICES WG CRAN, Kopenhagen/DK, Juni 2013:**  
Projektvorstellung CRANNET  
Vorstellung Bildanalyse
- **Fortschrittseminar, Hamburg, November 2013:**  
Bericht über Projektfortgang
- **Seminar Fischereischule Rendsburg, Januar 2014:**  
Projektvorstellung CRANNET
- **Jahreshauptversammlung Landesfischereiverband Weser-Ems e.V. in Neuharlingersiel, März 2014:**  
Präsentation von ersten Ergebnissen CRANNET
- **Krabbenfischertag Büsum, März 2014:**  
Projektvorstellung CRANNET inkl. erster Ergebnisse
- **ICES WG CRAN, Hamburg/DE, Mai 2014:**  
Projektfortschritt CRANNET
- **Jahreshauptversammlung Landesfischereiverband Weser-Ems e.V. in Neuharlingersiel, März 2015:**  
Präsentation der CRANNET-Ergebnisse mit ersten Empfehlungen zur Optimierung der Fischerei
- **ICES WG CRAN, IJmuiden/NL, Mai 2015:**  
Präsentation der CRANNET-Ergebnisse

## Verzeichnis der Abbildungen

Abbildung 1:	<p>Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Dargestellt ist das Rechen-Szenario 2, bei dem von einer geringen natürlichen und einer hohen fischereilichen Sterblichkeit (aktuelle Situation) ausgegangen wurde. In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und <math>L_{50}</math> aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 6,8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschenausrichtung (orange = T0, grün = T45, blau = T90). Die Größenselektion der Steerte ist der Maschengeometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die in den Praxistests verwendeten Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.</p>	5
Abbildung 2:	<p>Steertwechsel vom aktuellen Standard-Steert (T0 20) auf einen der Test-Steerte (hier T0 26) zu vier verschiedenen Zeitpunkten des Jahres. Dargestellt ist die saisonale Verteilung des Gesamtfangs der deutschen Flotte (Konsumkrabben). Die dünne schwarze Linie stellt den Fang des Standard-Steertes dar, die rote Linie den Fang der bei einem Steertwechsel auf den Test-Steert T0 26.</p>	8
Abbildung 3:	<p>Beifang aller registrierten Fischarten. Gezeigt sind jeweils die einzelnen Paarungen aus Standard- und Test-Steert. Dargestellt sind Mittelwerte (<math>\text{kg h}^{-1}</math>) und der jeweilige Standardfehler.</p>	9
Abbildung 4:	<p>Beifang aller registrierten Invertebratenarten. Gezeigt sind jeweils die einzelnen Paarungen aus Standard- und Test-Steert. Dargestellt sind Mittelwerte (<math>\text{kg h}^{-1}</math>) und der jeweilige Standardfehler.</p>	10
Abbildung 5:	<p>Vergleich Messfehler von Hand- zu Handmessung (links) und Hand- zu Bildmessung (rechts) (aus Wienbeck &amp; Breitenstein 1999). In der Vergangenheit wichen Werte von Hand- zu Bildmessung stärker ab, als beim Vergleich von Hand- zu Handmessung.</p>	21
Abbildung 6:	<p>Aufbau der Messstation im Labor des Thünen-Instituts für Seefischerei in Hamburg Altona.</p>	23
Abbildung 7:	<p>Bestimmung der Schnittpunkte (links) und anschließendes Einzeichnen der Sehne.</p>	24

Abbildung 8:	Skeletonisierung (links) und Kombination von Skeletonlinie mit der Sehne (rechts)	25
Abbildung 9:	Links der Ausschnitt eines Originalbildes vor der Längenmessung, rechts die Kopie des gleichen Ausschnittes nach erfolgter Messung. Die gemessenen Nordseegarnelen werden farbig überlagert und nummeriert.	25
Abbildung 10:	Korrelation von Handmessung zu Bildanalyse.	26
Abbildung 11:	Anzahl Nordseegarnelen pro 2 mm Längenklasse. Vergleich von Handmessung zu Bildanalyse.	27
Abbildung 12:	Aussetzpositionen aller gültigen Hols auf FFS „Solea“ in den Monaten Januar 2013 (Dreiecke), April 2013 (Kreise), September 2013 (Rauten), November 2013 (umgedrehte Dreiecke) und Januar 2014 (Quadrate).	32
Abbildung 13:	Netzzeichnungen der Hauptnetze auf FFS „Solea“ während der Forschungsfahrten in den Jahren 2013 und 2014. Von links nach rechts: Oberblatt, Siebnetz, Unterblatt. Angegeben sind jeweils Maschenzahl, Maschenweite und Schnittmuster.	33
Abbildung 14:	Darstellung der unterschiedlichen Maschengemetrien: Netztuch 0° gedreht = T0 (links), Netztuch 45° gedreht = T45 (mittig), Netztuch 90° gedreht = T90 (rechts). Alle Bilder sind maßstabsgerecht für die Maschenöffnung 24 mm abgebildet.	34
Abbildung 15:	3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von <i>C. crangon</i> während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im Januar 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in $\text{Ind h}^{-1}$ (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 14, T0 18, T0 20, T0 22, T0 24, T45 15, T45 18, T90 18, T90 20, T90 22.	43
Abbildung 16:	3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von <i>C. crangon</i> während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im April 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in $\text{Ind h}^{-1}$ (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 20, T0 24, T0 26, T0 28, T0 30, T45 20, T45 22, T45 24, T90 20, T90 24, T90 26, T90 28.	44

- Abbildung 17: 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im September 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 20, T0 26, T0 28, T0 30, T0 34, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34. 45
- Abbildung 18: 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im November 2013. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 18, T0 22, T0 28, T45 18, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 18, T90 22, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34. 46
- Abbildung 19: 3D-Histogramm der Längen-Häufigkeitsverteilung von *C. crangon* während der Forschungsfahrt von FFS „Solea“ im Januar 2014. Alle Werte aufgetrennt nach Steert (Z-Achse) in  $\text{Ind h}^{-1}$  (Y-Achse) pro 0.5 mm Längenklasse (X-Achse). Das Histogramm links zeigt die Verteilung der Längenklassen <50 mm, das Histogramm rechts die Längenklassen >50 mm. Verwendete Steerte von hinten nach vorn (Z-Achse): T0 11, T0 14, T0 20, T0 26, T0 30, T45 18, T45 20, T45 22, T45 24, T45 26, T45 28, T90 18, T90 24, T90 26, T90 28, T90 30, T90 34. 47
- Abbildung 20: Schematische Darstellung der „Covered Codend“-Methode (links) und der „Paired Gear“-Methode (rechts). 51
- Abbildung 21: Schematische Darstellung von Selektionskurven und Selektionsparametern 53
- Abbildung 22: Schematische Darstellung von Daten aus „Paired Gear“ Selektions-Experimenten (Fangvergleichsverkurve) und den Selektionsparametern der daraus resultierenden Selektionskurve 54
- Abbildung 23: Beispiele für Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter. 55
- Abbildung 24: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen 60

Abbildung 25:	Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen	61
Abbildung 26:	Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen	62
Abbildung 27:	Modell-Diagnose für T0-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).	66
Abbildung 28:	Modell-Diagnose für T45-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).	68
Abbildung 29:	Modell für T45-Steerte: Modellberechnungen für den kombinierten Einfluss von Maschenöffnung (Mesh size) und Fanggewicht (Catch weight) auf den Selektionsbereich (SR; Isolinien)	68
Abbildung 30:	Modell-Diagnose für T90-Modell: Modellvorhersage für L50 und SR (durchgezogene Linie) aufgetragen gegen die experimentellen Selektionsparameter der einzelnen Hols von den Forschungsfahrten (Punkte). Die Abbildung enthält die Vertrauensbereiche der Modellvorhersage (gepunktete Linie) und die Vertrauensbereiche aus dem Fryer-Modell unter Berücksichtigung der Gesamt-Variabilität (grauer Streifen).	71
Abbildung 31:	Modell für T90-Steerte: Modellberechnungen für den kombinierten Einfluss von Maschenöffnung (Mesh size) und Fanggewicht (Catch weight) auf den L50 (Isolinien)	72
Abbildung 32:	Modell-Vorhersagen für verschiedene Steertypen (T0, T45, T90). Links: L50; Rechts: Selektionsbereich (SR)	73
Abbildung 33:	Relativer Gewichtsanteil [%] ausgewählter Rundfischarten bei gegebener Steertmaschenöffnung für verschiedene Maschenausrichtungen. Als Referenz diente in allen Fällen der Steert T0 11. Die durchgezogenen Linien entsprechen Mittelwert,	

- gestrichelte Linien begrenzen die 95%-Konfidenzintervalle des jeweiligen Mittelwertes. Getestet wurden Steerte mit den Maschenformen T0 (rot), T45 (grün) und T90 (grau) für die Arten Sandgrundel, Stint, Sandaale und Hering (von links oben nach rechts unten). Ist der Fang im jeweiligen Test-Steert gleich dem Fang im Referenz-Steert, so beträgt der relative Fang 100%. Ein Wert von 50% entspricht einer Halbierung des Fanges. 81
- Abbildung 34: Relativer Gewichtsanteil [%] ausgewählter Plattfischarten bei gegebener Steertmaschenöffnung für verschiedene Maschenausrichtungen. Als Referenz diente in allen Fällen der Steert T0 11. Die durchgezogenen Linien entsprechen Mittelwert, gestrichelte Linien begrenzen die 95%-Konfidenzintervalle des jeweiligen Mittelwertes. Getestet wurden Steerte mit den Maschenformen T0 (rot), T45 (grün) und T90 (grau) für die Arten Kliesche und Scholle (von links nach rechts). Ist der Fang im jeweiligen Test-Steert gleich dem Fang im Referenz-Steert, so beträgt der relative Fang 100%. Ein Wert von 50% entspricht einer Halbierung des Fanges. 82
- Abbildung 35: Kliesche: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 21) findet sich im Kapitel 16.1.1. 89
- Abbildung 36: Kliesche: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 21 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf die Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen. 91
- Abbildung 37: Fanganteil von Klieschen im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Unterteilt für die drei Maschentypen Standardmasche (T0), gedrehte Masche (T90) und Quadratmasche (T45). Zur vereinfachten Darstellung wird eine Längenabhängigkeit nicht betrachtet, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (5 cm). 92
- Abbildung 38: Scholle: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine

	Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 23) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.2).	93
Abbildung 39:	Scholle: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 23 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf die Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	95
Abbildung 40:	Fanganteil der Scholle im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Eine Unterteilung nach Maschentypen (T0, T90, T45) war hier nicht nötig, da das finale Modell diesen Parameter nicht berücksichtigt hat. Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (8 cm).	96
Abbildung 41:	Sandgrundel: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 25) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.3).	97
Abbildung 42:	Sandgrundel: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 25 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	99
Abbildung 43:	Fanganteil von Sandgrundeln im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (5.5 cm).	100
Abbildung 44:	Steinpicker: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 68) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.4).	101
Abbildung 45:	Steinpicker: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf	

	Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	103
Abbildung 46:	Fanganteil von Steinpickern im Test-Steert in Bezug auf die befischte Population. Unterteilt für die drei Maschentypen Standardmasche (T0), gedrehte Masche (T90) und Quadratmasche (T45). Eine Längenabhängigkeit wird hier nicht berücksichtigt, sondern die mittlere Länge aus den Hols von FFS „Solea“ angenommen (6.5 cm).	104
Abbildung 47:	Wittling: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) der getesteten Steerte (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 69) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.5).	105
Abbildung 48:	Wittling: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	106
Abbildung 49:	Sprotte: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 70) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.6).	107
Abbildung 50:	Sprotte: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 70 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	108
Abbildung 51:	Hering: Beispiele für Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten Steerte mit Maschenöffnung 24 mm (T0, T45, T90) basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Eine Gesamtübersicht der Fangvergleichskurven aller Steerttypen (siehe auch Tabelle 71) findet sich im Anhang (Kapitel 16.1.7).	109
Abbildung 52:	Hering: Grafische Zusammenfassung der Selektionsparameter (L50 und SR für die verschiedenen Steerttypen) aus Tabelle 1 (Punkte). Die Linien sind polynomische (2.Grad) Regressionskurven, um die Trends in den Selektionsparametern in Bezug auf Maschenöffnung getrennt nach Maschenkonfiguration (T0, T45, T90) darzustellen.	110

Abbildung 53:	Übersicht über die 14 verschiedenen Modi, mit denen <i>Crangon crangon</i> potentiell auf das Netztuch trifft (siehe auch Tabelle 32).	114
Abbildung 54:	Hexagonale Maschenform mit den Parametern Öffnungswinkel (OA) und den Schenkellängen B und K. Die reale Maschenöffnung ergibt sich entsprechend $m = 2 \cdot B + K$ .	116
Abbildung 55:	Bereich der Maschenöffnungen, wie sie a) in der deutschen Krabbenfischerei (Balkendiagramm nach Neudecker); b) während der CRANNET Feldversuche (Sternchen) und c) für die theoretischen Selektionsuntersuchungen (FISHSELECT; Netzbilder) verwendet wurden.	116
Abbildung 56:	Rahmenkonstruktion mit Netzmaterial für Standardmasche (T0, obere Reihe) und 90° gedrehte Masche (T90, untere Reihe). Von links nach rechts: 18 mm; 22 mm und 26 mm nominale Maschenweite. Die T45-Masche (Quadrat, schenkelgerecht) ist ein Spezialfall der Rautenmasche mit einem Öffnungswinkel von 90°.	118
Abbildung 57:	Beispiel für Selektionskurven - basierend auf den Penetrationsexperimenten: Hier dargestellt sind die Selektionskurven für Modus 1 bis Modus 14 für die Standardmasche T0 mit nominaler Maschenöffnung 26 mm und nominalem Maschenöffnungswinkel von 60°. In der o.g. Grafik sind die Modi 1,2,4 nicht enthalten, da die errechneten L50 Werte weit außerhalb des dargestellten Längenbereiches liegen, d.h. alle getesteten Garnelen in diesen Modi durch diese Masche passten (siehe auch im Anhang Kapitel 18). Bei Modus 11 und 12 passte dagegen keine der getesteten Krabben durch die Masche. Dementsprechend liegen die Kurven sehr weit links.	120
Abbildung 58:	Ausschnitt aus den Ergebnissen der Penetrationsexperimente (schematische Darstellung). Dargestellt sind die ermittelten Selektionsparameter L50 und SR (Selektionsbereich) für den Kontakt-Modus 1 in Abhängigkeit von Maschenöffnung (M) und Maschenöffnungswinkel (OA). Die Ergebnisse für die Kontaktmodi 2-14 sind nur schematisch dargestellt. Die vollständigen Ergebnisse finden sich im Anhang (Kapitel 18).	121
Abbildung 59:	Vorhersage des Modells für Modus 1 (als Beispiel). Hier dargestellt ist die Länge, bei der 50% der Nordseegarnelen entkommen können (L50 als Isolinien) in Abhängigkeit von der Maschenöffnung (x-Achse) und der Öffnungswinkel der Masche (y-Achse). Die Ergebnisse für alle 14 Modi finden sich im Anhang (Kapitel 18).	122
Abbildung 60:	Bild der Netzwand eines Krabbensteertes (Maschenöffnung 24 mm, Standardmasche T0, 25kg Fanggewicht); aufgenommen während der	

	Tests mit „FFS Clupea“. Links: Übersicht; Rechts: Nahaufnahme einzelner Maschen und mit eingezeichneten, digitalisierten Maschenkonturen.	124
Abbildung 61:	Bild der Netzwand eines Krabbensteertes (Maschenöffnung 24 mm, gedrehte Masche T90, 25kg Fanggewicht); aufgenommen während der Tests mit „FFS Clupea“. Links: Übersicht; Rechts: Nahaufnahme einzelner Maschen und mit eingezeichneten digitalisierten Maschenkonturen.	124
Abbildung 62:	Selektionskurven für die Standardmasche T0 24 mm (rote, durchgezogene Linie) und 95% Konfidenzgrenzen (rote, gestrichelte Linie) und für die gedrehte Masche T90 24 mm (blaue, durchgezogene Linie) und 95% Konfidenzgrenzen (blaue, gestrichelte Linie). Y-Achse: Rückhaltewahrscheinlichkeit, X-Achse: Länge von <i>C. crangon</i> in mm.	125
Abbildung 63:	Beispiel für den Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T0 24 mm-Steert, Kontakt-Modus 1): Simulierte Selektionskurven (blaue und schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel. Der Öffnungswinkelbereich zwischen 15° und 50° (blaue Kurven) kommt in der Fischerei am wahrscheinlichsten vor und muss dementsprechend berücksichtigt werden. Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt.	126
Abbildung 64:	Darstellung der Selektionskurven für die Kontakt-Modi 1, 2, 3 und 4 (vergleiche Abbildung 63). Aufgrund der Ähnlichkeit der Kurven können diese Kontakt-Modi zusammengefasst (siehe Tabelle 34).	127
Abbildung 65:	Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung aller 5 kombinierten Kontakt-Modi (schwarze Linie).	128
Abbildung 66:	Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung des optimalen Kontakt-Modus (kombinierten Kontakt-Modus 1) (schwarze Linie).	129
Abbildung 67:	Größenselektionskurven für T0 (links) und T90 (rechts). Experimentelle Daten (rote Linie, inkl. Vertrauensbereich) und Modellanpassung unter Berücksichtigung der kombinierten Kontakt-Modi 5, 9 und 13 (schwarze Linie).	130

Abbildung 68:	Übersicht über die 4 Kontakt-Modi, die genügen um die Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> ausreichend beschreiben zu können.	131
Abbildung 69:	Modellierte Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> in Steerten mit Standardmaschen (T0) für verschiedene Maschenöffnungen; basierend auf gewichteten Beiträgen der verschiedenen Maschenöffnungswinkel. Dargestellt sind Selektionskurven für Maschenöffnung zwischen 20 und 30mm (in 0,5mm-Schritten).	132
Abbildung 70:	Modellierte Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> in Steerten mit um 90° gedrehten Maschen (T90) für verschiedene Maschenöffnungen; basierend auf gewichteten Beiträgen der verschiedenen Maschenöffnungswinkel. Dargestellt sind Selektionskurven für Maschenöffnung zwischen 20 und 30mm (in 0,5mm-Schritten).	132
Abbildung 71:	Eiproduktion je Länge der Weibchen basieren auf der Anzahl weiblicher Garnelen je Längensklasse, Anzahl der Eier je Weibchen, Anteil der eitragenden Weibchen je Monat und Länge und Eientwicklungszeit nach Temming und Damm (2002) und Rückert (2011).	137
Abbildung 72:	Schematischer zeitlicher Verlauf des Längen- und Gewichtswachstums sowie des Wassergehalts und des Konditionsindex (Trockengewicht/ Länge <sup>3</sup> ) der Nordseegarnele.	141
Abbildung 73:	Schematischer zeitlicher Verlauf der Prozesse während des Häutungszyklusses (modifiziert von Roer & Dillaman 1984)	142
Abbildung 74:	Aus Rückert (2011). Monatlich getrennt angegebene, längenspezifische (ab 45mm) Beiträge zur Biomasseproduktion der 25% schnellst-wachsenden (oberes Quartil), 50% durchschnittlich wachsenden (zwischen den Quartilen) und 25% langsamstwachsenden Tiere (unteres Quartil).	143
Abbildung 75:	Wachstumsraten der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere nach Hufnagl & Temming (2011b). Obere Grafik: Mittlere Wachstumsraten der gesamten Population. Untere Grafik: Wachstumsraten von weiblichen (rot) und männlichen (blau) Garnelen.	144
Abbildung 76:	Zwischenhäutungsintervalle (links) und Häutungsinkremente (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere nach Hufnagl & Temming (2011b). Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten, die Punkte den Werten verschiedener Laborversuche. Für die Inkremente wurde kein	

	spezielles Modell angepasst, sondern auf das Wachstums- und das Zwischenhäutungsintervall-Modell zurückgegriffen.	145
Abbildung 77:	Häutungsinkremente (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1 (oben) 2 (Mitte) und 4 (unten). Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten, die Punkte den Werten der verschiedenen Laborversuche. In den Versuchsreihen 1 und 2 wurden Männchen und Weibchen getrennt betrachtet, in Versuchsreihe 4 alle Tiere gemeinsam.	148
Abbildung 78:	Häutungsintervalle (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1, 2 und 3. Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die offenen Symbole den Werten verschiedener Labor- und Feldversuche, die gefüllten Symbole den neuen Daten. Die Grafiken links zeigen die neuen Messwerte im Vergleich zu den vorher verwendeten Daten, die Grafiken rechts nur die neuen Ergebnisse im Vergleich zur Modellfunktion.	153
Abbildung 79:	Häutungsintervalle (rechts) der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 5 und 6. Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die offenen Symbole den Werten verschiedener Labor- und Feldversuche, die gefüllten Symbole den neuen Daten. Die Grafiken links zeigen die neuen Messwerte im Vergleich zu den vorher verwendeten Daten, die Grafiken rechts nur die neuen Ergebnisse im Vergleich zur Modellfunktion.	155
Abbildung 80:	Wachstumsraten der Nordseegarnele in Abhängigkeit von Temperatur und Länge der Tiere basierend auf Versuchsreihen 1. Die Linien entsprechen jeweils den berechneten Daten (Hufnagl & Temming 2011b), die Symbole den Werten der auf den Trockengewichten der Tiere basierenden Wachstumsraten. Die oberen Grafiken zeigen die Ergebnisse für die weiblichen Tiere im Vergleich zum Weibchenwachstumsmodell, die unteren Grafiken die für die Männchen. Bei der Berechnung in der Grafiken links wurde die Auswahl der maximalen Inkremente auf Basis der Häutungsintervalle getroffen. In den Grafiken links wurde der Mittelwert aller positiven Inkremente $\times 2$ verwendet.	158
Abbildung 81:	Wie Abbildung 80 aber für Versuchsreihe 4.	159
Abbildung 82:	Wie Abbildung 80 aber für Versuchsreihe 7.	159
Abbildung 83:	Ergebnisse der Standardläufe der Modelleinstellungen 1 und 2. Dargestellt sind die Anlandungen von Garnelen $>50\text{mm}$ (oben), das	

zeitliche Auftreten der Rekruten (Mitte) und die relative Eiproduktion (Unten). Modelleinstellung 1 und 2 sind in Tabelle 44 definiert. 165

Abbildung 84: Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 6,8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet. 168

Abbildung 85: Simulierter jährlicher Erlös der deutschen Flotte in Euro bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert den Erlös [€]. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet. 170

Abbildung 86: Simulierte jährliche Eiproduktion der deutschen Nordseegarnelenpopulation bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1. bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer

natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von braun über weiß bis schwarz symbolisiert die Anzahl der Eier, die von der Population erzeugt wird. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.

172

Abbildung 87: Simulierter jährlicher Fang (Garnelen > 6.8 mm Carapaxbreite), Erlös und Eiproduktion bei unterschiedlichen  $L_{50}$  (x-Achse) und nominalen Maschenöffnungen in mm (Zahlen). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet.

174

Abbildung 88: Saisonalität der Fänge bei unterschiedlichen Maschenöffnungen am Beispiel T0 (Rautenmasche). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist in rot dargestellt, der Steert T0 26 in orange).

176

Abbildung 89: Steertwechsel vom aktuellen Standard-Steert (T0 20) zum Test-Steert (T0 26) zu vier verschiedenen Zeitpunkten des Jahres. Dargestellt ist die saisonale Verteilung des Gesamtfangs der deutschen Flotte (Konsumkrabben). Die dünne, schwarze Linie stellt den Fang des Standard-Steertes (T0 20) dar, die rote Linie den Fang bei einem Wechsel auf den Test-Steert T0 26.

177

Abbildung 90: Prozentuale Änderung biologischer und ökonomischer Größen (Eiproduktion, Erlös, Fang und Gesamtbiomasse) bei Verwendung der Test-Steerte (T0 26, T45 24 und T90 26) im Vergleich zum aktuellen Standard-Steert (T0 20). Die Änderungen sind farbig von braun über weiß nach schwarz dargestellt. In jeder Zeile ist eines der in CRANNET

	berechneten Szenarien dargestellt. Die oberen drei Reihen zeigen die Szenarien, bei denen eine hohe fischereiliche und einer niedrige natürliche Sterblichkeit angenommen wurde (aktuelle Situation) mit 0% (Szenario VI), 50% (Szenario IV) und 80% Überlebensrate (Szenario II) bei der Lebendsiebung an Bord. Die unteren drei Reihen zeigen die Szenarien bei denen mit einer geringen fischereilichen und einer hohen natürlichen Sterblichkeit gerechnet wurde mit 0% (Szenario V), 50% (Szenario III) und 80% Überlebensrate (Szenario I). Die umrahmten Szenarien (I und II) wurden in Abbildung 84 bis Abbildung 89 dargestellt, das rot umrahmte spiegelt die aktuelle Situation der Fischerei wider (Abbildung 89).	179
Abbildung 91:	Änderung des jährlichen Fangs, Erlöses und der Eiproduktion bei konstanter Steertselektion (T0 20) und systematischer Variation der Siebselektion unter Annahme einer hohen fischereilichen im Vergleich zur natürlichen Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und $L_{50}$ aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Siebes definieren. Die Änderungen sind farblich dargestellt (von braun über weiß nach schwarz) und geben die prozentualen Abweichungen von den Ergebnissen an, welche mit den Siebparametern aus den CRANNET-Simulationen errechnet wurden (rotes Kästchen). Die Überlebenswahrscheinlichkeit der Garnelen nach der Lebendsiebung an Bord beträgt in diesem Szenario mehr als 80%.	181
Abbildung 92:	Aussetzpositionen während der Praxistests im Projekt CRANNET im Juni (Quadrate), August (Kreise) und September/Okttober (Dreiecke) 2014.	185
Abbildung 93:	Netzzeichnung der im Praxistest verwendeten Netze. Von links nach rechts: Oberblatt, Siebnetz und Unterblatt.	187
Abbildung 94:	Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im Juni 2014. Angegeben sind $\text{Ind h}^{-1}$ für T0 20 (Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).	193
Abbildung 95:	Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im August 2014. Angegeben sind $\text{Ind h}^{-1}$ für T0 20 (Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).	194
Abbildung 96:	Längen-Häufigkeitsverteilung der Nordseegarnelen in den Fängen im September/Okttober 2014. Angegeben sind $\text{Ind h}^{-1}$ für T0 20	

	(Standard-Steert, hellgrau) und die CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 (jeweils schwarz) für die Krabbenkutter ACC8 „Orion“ (linke Spalte) und GRE24 „Friedrich Conradi“ (rechte Spalte).	195
Abbildung 97:	Mittlere Fangmengen [kg h <sup>-1</sup> ] und Standardfehler von Fischen. Im direkten Vergleich zum Standard-Steert T0 20 sind die einzelnen CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 dargestellt.	197
Abbildung 98:	Mittlere Fangmengen [kg h <sup>-1</sup> ] und Standardfehler des Beifangs von Wirbellosen. Im direkten Vergleich zum Standard-Steert T0 20 sind die einzelnen CRANNET-Steerte T0 26, T45 24 und T90 26 dargestellt.	203
Abbildung 99:	Durchschnittspreise für Nordseegarnelen in Abhängigkeit von monatlichen Anlandemengen in den Jahren 2002-2014	210
Abbildung 100:	Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T0-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.	219
Abbildung 101:	Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T45-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.	228
Abbildung 102:	Einzelhol-Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) und entsprechende Selektionsparameter für Hols mit T90-Steerten. Die Abbildung wird auf den folgenden Seiten fortgesetzt.	234
Abbildung 103:	Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	245
Abbildung 104:	Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	247
Abbildung 105:	Kliesche: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	248
Abbildung 106:	Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	250

Abbildung 107:	Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	252
Abbildung 108:	Scholle: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	253
Abbildung 109:	Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	255
Abbildung 110:	Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	257
Abbildung 111:	Sandgrundel: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	258
Abbildung 112:	Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	260
Abbildung 113:	Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	262
Abbildung 114:	Steinpicker: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	263
Abbildung 115:	Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	265
Abbildung 116:	Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	266
Abbildung 117:	Wittling: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	267
Abbildung 118:	Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen.	269

- Abbildung 119: Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. 270
- Abbildung 120: Sprotte: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. 271
- Abbildung 121: Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T0-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen. 273
- Abbildung 122: Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T45-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen 274
- Abbildung 123: Hering: Fangvergleichskurven (Fanganteil des Test-Steertes am Gesamtfang) für die getesteten T90-Steerte - basierend auf zusammengefassten Hols, inkl. Vertrauensbereichen 275
- Abbildung 124: Simulierte jährliche Fanggewichte der deutschen Flotte in Tonnen bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektions-eigenschaften eines Steertes definieren. Die Farbskala von dunkelbraun über weiß bis dunkelgrau symbolisiert die jährliche Fangmenge von Garnelen (Tonnen) mit einer Carapaxbreite (CW) größer als 8 mm. Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Standard-Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet. 278
- Abbildung 125: Simulierte kumulative Gesamtbioasse (Summe von Jan–Dez) der deutschen Nordseegarnelenpopulation bei unterschiedlichen Netzselektivitäten. Oben: Szenario 1, bei dem eine hohe natürliche Sterblichkeit angenommen wird (Situation 1980er); unten: Szenario 2 mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuelle Situation). In y- und x- Richtung sind Selektionsbereich und  $L_{50}$  aufgetragen, welche die Selektionseigenschaften eines Steertes defi-

- nieren. Die Farbskala von braun über weiß bis schwarz symbolisiert die jährliche kumulative Gesamtbiomasse von Garnelen (Tonnen). Die farbigen Quadrate repräsentieren die Steerte, welche im Projekt untersucht wurden. Die Zahl in den Quadraten steht für die entsprechende nominale Maschenöffnung [mm] eines Steertes, die Farbe für die Maschengometrie (orange = T0, grün = T45 und blau = T90). Die Steerte der Maschengometrie T45 und T90 sind für ein Fanggewicht von 50 kg dargestellt. Der aktuell in der Fischerei verwendete Standard-Steert (T0 20) ist durch einen großen roten Pfeil hervorgehoben, die Test-Steerte (T0 26, T45 24, T90 26) sind durch kleine rote Pfeile gekennzeichnet. 279
- Abbildung 126: Saisonale Schwankungen der Fänge bei unterschiedlichen Maschenöffnungen der T45-Steerte (Quadratmasche). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist in rot dargestellt, der Test-Steert T45 24 in grün. 280
- Abbildung 127: Saisonale Schwankungen der Fänge bei unterschiedlichen Maschenöffnungen der T90-Steerte (gedrehte Rautenmasche). Links: Szenario 1: Situation mit hoher natürlicher und geringer fischereilicher Sterblichkeit (~ 1980er); Rechts: Szenario 2: Situation mit geringer natürlicher und hoher fischereilicher Sterblichkeit (aktuell). Der aktuell in der Fischerei verwendete Steert (T0 20) ist in rot dargestellt, der Test-Steert T90 26 in blau. 281
- Abbildung 128: Für die Penetrationsexperimente genutzte Maschen in Standard-Netzausrichtung (T0) mit den nominellen Maschenöffnung 18mm, 22mm und 26mm, sowie den nominellen Öffnungswinkeln ~15°, ~30°, ~60°, ~90°. Eingezeichnet sind auch die Punkte (rot), die zur parametrischen Beschreibung der Maschen verwendet wurden. 283
- Abbildung 129: Für die Penetrationsexperimente genutzte Maschen in 90° gedrehter Netzausrichtung (T90) mit den nominellen Maschenöffnung 18mm, 22mm und 26mm, sowie den nominellen Öffnungswinkeln ~15°, ~30°, ~60°, ~90°. Eingezeichnet sind auch die Punkte (rot), die zur parametrischen Beschreibung der Maschen verwendet wurden. 284
- Abbildung 130: Design Guides für die verschiedenen Kontakt-Modi. Die Isolinien zeigen die Kombinationen von Maschengröße und Öffnungswinkel bei gleichem L50. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt. 288

Abbildung 131:	Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven für jeden Kontakt-Modus und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T0 24 mm-Steert): Simulierte Selektionskurven (schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel (5°-80°). Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	290
Abbildung 132:	Vergleich zwischen simulierten Selektionskurven für jeden Kontakt-Modus und in den Forschungsfängen ermittelten Selektionskurven (T90 24 mm-Steert): Simulierte Selektionskurven (schwarze Kurven) für verschiedene Maschenöffnungswinkel (5°-80°). Die experimentelle Selektionskurve aus den Forschungsfängen (rote Kurve) ist zum Vergleich dargestellt. Die Abbildung wird auf der folgenden Seite fortgesetzt.	292
Abbildung 133:	Monatliche Kontrollhäufigkeit in den einzelnen Jahren. X-Achse: Monate	304
Abbildung 134:	Häufigkeitsverteilung aller Steertmaschen-Daten aus 2008 bis 2014	307
Abbildung 135:	Zeitreihe der monatlichen Mittelwerte aus Steertkontrollen im Zeitraum Januar 2008 bis Dezember 2014 mit	307
Abbildung 136:	Zeitlicher Verlauf der Kenndaten Minimum, Maximum, Mittelwert und Modalwert von Messungen der Maschenöffnungen der WSP in den Jahren 2008 bis 2014 auf der Backbordseite (links) und auf der Steuerbordseite (rechts)	309
Abbildung 137:	Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Steertmaschen-Daten aus dem Gesamtzeitraum 2008 bis 2014 (blau) und aus 2014 (rot)	309
Abbildung 138:	Minima und Maxima sowie Mittelwerte der gemessenen Maschenöffnungen in den verschiedenen Jahren nach Monaten aufgetragen	313
Abbildung 139:	Gegenüberstellung der Maschenöffnungen beider parallel eingesetzter Netze (Bb und Stb) in aufsteigender Reihenfolge in den einzelnen Jahren	315
Abbildung 140:	Beispiel einer kleinen Sortiermaschine nach dem Rüttelprinzip, hergestellt von der früheren Firma Kölln in Marne	323
Abbildung 141:	Ausschnitt zum Beispiel einer modernen, zweistufigen Trommel-Sortiermaschine hergestellt von der Firma de Boer, Niederlande: Oben große Bakelit-Lochtrommel mit 14-mm-Löchern, die vor allem Fisch- und Krebsbeifang aussortiert, da nur kleinere Garnelen und Fischchen nach unten in die zweite Stufe gelangen können; unten Schlitz-Trommeln mit drei Abschnitten von 6,0 und 6,2 sowie 6,4 mm	

	Stababständen, die eine Größen-Auswahl für Garnelen- Discard und Kochfraktion ermöglichen.	324
Abbildung 142:	Beispiel einer Trommel-Sortiermaschine mit vorgeschalteter Bakelit-Loch-Trommel und drei Segmenten von Edelstahlsieben mit 6,2 und zwei mal 6,0 mm Stababstand am Ende hergestellt von der Firma Verburg, Niederlande	324
Abbildung 143:	Die Sortiermaschine „Overlevingsbak“. Im Vordergrund der Puffertank mit Überlauf. Dahinter links die erste Sortierstufe mit Wasserdüsen von links, wo großer Beifang aussortiert wird. Rechts von der Mitte die zweite Sortierstufe, die die Konsumgarnelen heraussortiert. Der kleine Discard verschwindet ganz unter der dunklen, rotierenden Walze rechts im Bild nach außenbords.	329
Abbildung 144:	Die Sortiermaschine „Overlevingsbak“, Blick auf die Seite mit den Ausläufen / Ausflüssen: Im Zentrum oben rechts der Einlauf des Fanges mit der ersten Sortierstufe und der Walze in der Mitte. Links davon die zweite Sortierstufe mit der schwarzen, zweiten Walze. Die Konsumfraktion wird durch die zentral vorne austretende Rinne zu dem vor die Anlage zu stellenden Auffangkorb geleitet. Rechts und links die großen Hocken, die ständig mit frischem Wasser gefüllt bleiben müssen, weil sonst durch Sauerstoffzehrung Mortalitäten der Tiere eintreten würden.	330
Abbildung 145:	De Boer RVS Garnelensortierung. Der Garnelenkutter GRE 5	332
Abbildung 146:	De Boer RVS Garnelensortierung. Der Saugschlauch im Fanggeschirr ist deutlich zu erkennen.	333
Abbildung 147:	De Boer RVS Garnelensortierung. Die Trommel mit aufgewickelter Vakuumschlauch	333
Abbildung 148:	De Boer RVS Garnelensortierung. Der Steert eines Garnelennetzes ist durch den innen befindlichen Saugkorb etwas aufgedrückt	334
Abbildung 149:	De Boer RVS Garnelensortierung. Im Bug des Schiffes ist auf engstem Raum die Pumpenanlage untergebracht	334
Abbildung 150:	De Boer RVS Garnelensortierung. Die großen Vakuumbehälter mit im Hintergrund befindlichem Tank, aus dem der Fang auf die vier Förderbänder gelangt	335
Abbildung 151:	De Boer RVS Garnelensortierung. Vorsortierung vor den Förderbändern: großer Beifang wird durch die groben Edelstahlstäbe weggeleitet. Garnelen und kleiner Beifang fallen nach unten auf die Förderbänder	335
Abbildung 152:	De Boer RVS Garnelensortierung. Im Hintergrund die Schlauchtrommeln, davor die Vakuumentanks, links der Wassertank für	

den Fang, ganz links die Zuführung des Fanges zur Fotoeinrichtung, die sich in dem großen Kasten befindet, rechts vorn im Vordergrund die Anlage mit den vier Förderbändern und der Druckluftanlage. 336

Abbildung 153: De Boer RVS Garnelensortierung. Blick in den Bereich der Förderbänder (die Luftdüsen sind im dunklen Bereich nicht erkennbar), die den Beifang nach rechts und links weg transportieren 336

Abbildung 154: De Boer RVS Garnelensortierung. Die Displays im Ruderhaus, auf denen der Zustand der Vakuumanlage, der Bildanalyse und der Anteil an Garnelen verschiedener Größen abgelesen werden kann. 337

## Verzeichnis der Tabellen

Tabelle 1:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	4
Tabelle 2:	Durchschnittliche, relative (kurzfristige) Fanggewichtsabnahme von <i>C. crangon</i> in den jeweiligen Test-Steerten dargestellt für die Längensklassen <50 mm (Discards) und >50 mm (marktfähige Garnelen) und jeweils bezogen auf den Standard-Steert T0 20.	6
Tabelle 3:	Vergleich der Messungen gleicher Garnelen (n=101) mit drei unterschiedlichen Anwendern. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen pro Anwender. Statistische Unterschiede wurden mit Hilfe des paired-t-Test ermittelt. Signifikanzlevel $p < 0.05$ (*), bzw. $p < 0.001$ (***), n.s.= keine statistischen Unterschiede.	28
Tabelle 4:	Wiederholte Messungen gleicher Garnelen (n=228) per Bildanalyse. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen der Messungen pro Bildmessung. Statistische Unterschiede wurden mit Hilfe des paired-t-Test ermittelt. Signifikanzlevel $p < 0.05$ (*), bzw. $p < 0.001$ (***), n.s.= keine statistischen Unterschiede.	28
Tabelle 5:	Metadaten zu den im Projekt CRANNET durchgeführten Fahrten mit den Forschungsschiffen des Bundes FFS „Solea“ (SB) und FFS „Clupea“ (CB).	31
Tabelle 6:	Im Projekt CRANNET verwendete Steerte. Angegeben sind der Steerttyp, Garntyp, die nominale Maschenweite (MW), die nominale Maschenöffnung (MÖ), die gemessene Maschenöffnungen sowie die Standardabweichung des Mittelwertes (S.D.) der gemessenen Maschenöffnung. Außerdem ist die Maschenanzahl für Ober- und Unterblatt, die durchgeführten Messreihen á 60 Maschen pro Steert und der Hersteller (D = Peter DeWitt (Steerte durch die Fischerei bereitgestellt), E = Engel-Netze, R= Rofia) in der Tabelle angegeben.	35
Tabelle 7:	Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und <i>Crangon crangon</i> sowie relativer Anteil der Zielart <i>C. crangon</i> am Gesamtfang während der 667. Reise von FFS „Solea“ im Januar 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) $\pm$ Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.	37

Tabelle 8:	Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und <i>Crangon crangon</i> sowie relativer Anteil der Zielart <i>C. crangon</i> am Gesamtfang während der 671. Reise von FFS „Solea“ im April 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) $\pm$ Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.	38
Tabelle 9:	Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und <i>Crangon crangon</i> sowie relativer Anteil der Zielart <i>C. crangon</i> am Gesamtfang während der 678. Reise von FFS „Solea“ im September 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) $\pm$ Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.	38
Tabelle 10:	Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und <i>Crangon crangon</i> sowie relativer Anteil der Zielart <i>C. crangon</i> am Gesamtfang während der 681. Reise von FFS „Solea“ im November 2013. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) $\pm$ Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.	39
Tabelle 11:	Fangmengen [ $\text{kg h}^{-1}$ ] für Gesamtfang und <i>Crangon crangon</i> sowie relativer Anteil der Zielart <i>C. crangon</i> am Gesamtfang während der 684. Reise von FFS „Solea“ im Januar 2014. Dargestellt sind die Mittelwerte (M.W.) $\pm$ Standardabweichungen (S.D.) für den Referenz-Steert (T0 11) und alle auf dieser Reise eingesetzten Test-Steerte. Zusätzlich ist die Anzahl der Hols pro Steert angegeben.	40
Tabelle 12:	Holübersicht für T0-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	56
Tabelle 13:	Holübersicht für T45-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).	57
Tabelle 14:	Holübersicht für T90-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).	58
Tabelle 15:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	59
Tabelle 16:	Modell-Ergebnisse für die T0-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der	

	festen Effekte für das beste Modell für T0 (2). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L50, SR und SP.	65
Tabelle 17:	Modell-Ergebnisse für die T45-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der festen Effekte für das beste Modell für T45 (3). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L50, SR und SP.	67
Tabelle 18:	Modell-Ergebnisse für die T90-Analyse. Der erste Abschnitt zeigt die Parameterabschätzung und die dazugehörigen Unsicherheiten der festen Effekte für das beste Modell für T45 (3). Der zweite Abschnitt zeigt die Kovarianz-Matrix der Variabilität zwischen den einzelnen Hols für L <sub>50</sub> , SR und SP.	70
Tabelle 19:	Erfasste Fischarten (Sortierung nach wissenschaftlichem Artnamen) während der Forschungsreisen mit FFS "Solea" im Rahmen des CRANNET-Projekts. Angegeben sind pro Reise die Häufigkeit des Auftretens (N = Anzahl Netze in denen die Art vorkam), der Mittelwert (M.W.) ± Standardabweichung (S.D.) für die Fangmenge [kg h <sup>-1</sup> ] und die Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ] der individuellen Arten. Leere Felder zeigen die Abwesenheit der jeweiligen Art auf den einzelnen Reisen an.	76
Tabelle 20:	Erfasste Wirbellose (Sortierung nach wissenschaftlichem Artnamen) während der Forschungsreisen mit FFS "Solea" im Rahmen des CRANNET-Projekts. Angegeben sind pro Reise die Häufigkeit des Auftretens (N = Anzahl Netze, in denen die Art vorkam), der Mittelwert (M.W.) ± Standardabweichung (S.D.) für die Fangmenge [kg h <sup>-1</sup> ] und die Anzahl [Ind h <sup>-1</sup> ] der individuellen Arten. Leere Felder zeigen die Abwesenheit der jeweiligen Art auf den einzelnen Reisen an.	78
Tabelle 21:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion der Kliesche ( <i>Limanda limanda</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	90
Tabelle 22:	Kliesche: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.	91
Tabelle 23:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion der Scholle ( <i>Pleuronectes platessa</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen.	

	L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.	94
Tabelle 24:	Scholle: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.	95
Tabelle 25:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sandgrundeln ( <i>Pomatoschistus minutus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.	98
Tabelle 26:	Sandgrundel: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.	99
Tabelle 27:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Steinpicker ( <i>Agonus cataphractus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.	102
Tabelle 28:	Steinpicker: Modell-Ergebnisse für die Fangeffizienz-Analyse. Gezeigt ist die Parameterabschätzung für das beste Modell.	103
Tabelle 29:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Wittling ( <i>Merlangius merlangus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.	105
Tabelle 30:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sprotte ( <i>Sprattus sprattus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche.	107
Tabelle 31:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Hering ( <i>Clupea harengus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	109

Tabelle 32:	Beschreibung der 14 verschiedenen Modi, mit denen <i>Crangon crangon</i> potentiell auf das Netztuch trifft (siehe auch Abbildung 53).	113
Tabelle 33:	Übersicht über die für die Penetrationsexperimente verwendeten Maschen. Die MaschenID entspricht der Nummerierung in Abbildung 56 für die verschiedenen Netztücher. Die angegebene reale Maschenöffnung wurde rechnerisch ermittelt (siehe Abbildung 54)	117
Tabelle 34:	Übersicht über die in den Anpassungsmodellen genutzten Kontakt-Modi und die berücksichtigten Maschen-Öffnungswinkel.	127
Tabelle 35:	Modellierte Größenselektion von <i>Crangon crangon</i> : Selektionsparameter L50 und Selektionsbereich (SR) für T0- und T90-Steerte in Abhängigkeit der Maschenöffnung.	133
Tabelle 36:	Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse. Aufgelistet sind Parameter deren 50 %Variation einen signifikanten Einfluss ( $p < 0.001$ ) auf die Ergebnisvariablen „Saisonales Muster der Anlandungen“ und „Saisonales Auftreten 15 mm Rekruten“ hat. Kein Parameter zeigte einen signifikanten Effekt auf das saisonale Muster der Eiproduktion. Je weiter der Pearsons-Korrelationskoeffizient ( $r^2$ ) von Null abweicht, desto größer ist der Einfluss des Parameters auf die Modellergebnisse.	140
Tabelle 37:	Inkrementе weiblicher Nordseegarnelen basierend auf Versuchsreihe 1. Die Inkrementе wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.	149
Tabelle 38:	Inkrementе männlicher Nordseegarnelen basierend auf Versuchsreihe 1. Die Inkrementе wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.	150
Tabelle 39:	Häutungsintervalle, Inkrementе und Wachstumsraten der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 2. Die Raten und Inkrementе wurden anhand der Tiere bestimmt, die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuch gehäutet haben.	152
Tabelle 40:	Häutungsintervalle der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 1. Die Raten wurden anhand der Tiere bestimmt die sich innerhalb der ersten zwei Tage im Versuche gehäutet haben.	154
Tabelle 41:	Häutungsintervalle der Nordseegarnele basierend auf Versuchsreihe 4.	154
Tabelle 42:	Entscheidungskriterien zur Auswahl der Test-Steerte. Neben den modellbasierten Kriterien wurden Beifangdaten aus den CRANNET-Forschungsfahrten (FFS „Solea“) verwendet. Aufgeführt ist die Größe eines Kriteriums, die durch einen Steert erzielt wird; Die einzelnen	

	Kriterien sind entsprechend der Performance der Steerte von oben nach unten sortiert.	162
Tabelle 43:	Finale Reihenfolge der Performance der getesteten Steerte. Aufgelistet sind nur die Steerte, für die alle Entscheidungskriterien berechnet werden konnten. Die Test-Steerte sind farblich hervorgehoben.	162
Tabelle 44:	Unterschiede in der Parametrisierung der in CRANNET verwendeten Modelleinstellungen. Modelleinstellung 1 spiegelt in etwa die Situation in den 1980er Jahren wider, Modelleinstellung 2 die aktuelle Situation. In allen folgenden Abbildungen wird Modelleinstellung 1 mit einem großen Fisch und einem kleinen Kutter symbolisiert, was die, im Vergleich zur fischereilichen Sterblichkeit, hohe natürliche Sterblichkeit darstellen soll. Die hohe fischereiliche Sterblichkeit in Modelleinstellung 2 wird hingegen mit einem großen Kutter und einem kleinen Fisch symbolisiert.	163
Tabelle 45:	Prozentuale Änderung des jährlichen Fangs, Biomasse und Eiproduktion unterschiedlicher Überlebensraten bei der Siebung ausgehend von einer Überlebensrate von 80% für beide Modelleinstellungen (siehe Tabelle 44).	166
Tabelle 46:	In CRANNET berechnete Szenarien und ihre Symbole. Hiermit sind die Modellmodifikationen gemeint, welche mit unterschiedlichen Überlebensraten bei der Lebenssiebung kombiniert werden. Modelleinstellung 1 und 2 sind in Tabelle 44 definiert.	166
Tabelle 47:	Technische Spezifikationen der Kutter ACC8 „Orion“ und GRE24 „Friedrich Conradi“, sowie der Fanggeräte	186
Tabelle 48:	Verwendete Steerte während der Praxiserprobung im Projekt CRANNET. Angegeben sind Steerttyp, Garntyp, nominale Maschenweite (MW), nominale Maschenöffnung (MÖ), gemessene Maschenöffnung sowie deren Standardabweichung des Mittelwertes (S.D.). Außerdem ist die Maschenanzahl für Ober- und Unterblatt, die durchgeführten Messreihen á 60 Maschen pro Steert und der Hersteller (D = Peter DeWitt, E = Engel-Netze) angegeben.	188
Tabelle 49:	Anzahl durchgeführter Hols pro Fangfahrt und Steert (jeweils gegen Standardsteert T0 20mm) mit den Krabbenkuttern ACC8 „Orion“ und GRE24 „Friedrich Conradi“	188
Tabelle 50:	Fanggewichte <i>C. crangon</i> im Juni 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen „Orion“ und „Friedrich Conradi“. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante	

	Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem * markiert (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0.05$ ).	190
Tabelle 51:	Fanggewichte <i>C. crangon</i> im August 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen „Orion“ und „Friedrich Conradi“. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem * markiert (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0.05$ ).	190
Tabelle 52:	Fanggewichte <i>C. crangon</i> im September/Okttober 2014 für alle getesteten Steertkombination auf den Schiffen Orion und Friedrich Conradi. Dargestellt sind der Mittelwert, Median, Standardfehler des Mittelwertes (S.E.) und die Standardabweichung (S.D.). Signifikante Unterschiede zwischen Standard-Steert T0 20 und korrespondierendem CRANNET-Steert sind mit einem * markiert (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0.05$ ).	191
Tabelle 53:	Durchschnittliche, relative Änderung des Fanges von <i>C. crangon</i> im CRANNET-Steert der Längensklassen $< 50$ mm (Discards) und $> 50$ mm (marktfähige Garnelen) bezogen auf den Standard-Steert T0 20, zusammengefasst für beide Schiffe	192
Tabelle 54:	Registrierte Fischarten während der CRANNET-Praxiserprobung. Angegeben sind wissenschaftlicher Name, deutscher Name, Anzahl (N) und relative Häufigkeit (%) der Netze, in denen die jeweilige Art gefunden wurde. Oberhalb der gestrichelten Linie finden sich die Arten, die in mehr als 30% aller Netze gefunden wurden.	196
Tabelle 55:	Durchschnittliche Fangmenge [ $\text{Ind h}^{-1}$ ] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T0 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	199
Tabelle 56:	Durchschnittliche Fangmenge [ $\text{Ind h}^{-1}$ ] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T45 24. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney-U-Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	200

Tabelle 57:	Durchschnittliche Fangmenge [ $\text{Ind h}^{-1}$ ] ausgewählter Fischarten während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T90 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney- <i>U</i> -Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	201
Tabelle 58:	Registrierte Arten wirbelloser Tiere während der CRANNET-Praxistests. Angegeben sind wissenschaftlicher Name, deutscher Name, Anzahl (N) und relative Häufigkeit (%) der Netze, in denen die jeweilige Art gefunden wurde. Oberhalb der gestrichelten Linie finden sich die Arten, die in mehr als 30% aller Hols gefunden wurden und näher analysiert wurden.	202
Tabelle 59:	Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in $\text{kg h}^{-1}$ während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T0 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney- <i>U</i> -Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	204
Tabelle 60:	Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in $\text{kg h}^{-1}$ während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T45 24. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney- <i>U</i> -Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	205
Tabelle 61:	Durchschnittliche Fangmenge ausgewählter Arten von Wirbellosen in $\text{kg h}^{-1}$ während der durchgeführten Fangfahrten. Im direkten Vergleich Standard-Steert der Fischerei T0 20 gegen CRANNET-Steert T90 26. Dargestellt sind Mittelwert (MW), Median (MD), Standardfehler des Mittelwertes (SE) und Standardabweichung (SD). Signifikante Unterschiede (Mann-Whitney- <i>U</i> -Test, $p < 0.05$ (*) oder $p < 0.001$ (***)) und absolute Signifikanzlevel sind in der Spalte Sig. angegeben.	206
Tabelle 62:	Holübersicht für T0-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	227

Tabelle 63:	Holübersicht für T45-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).	233
Tabelle 64:	Holübersicht für T90-Steerte mit Selektionsparametern L50, SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor).	240
Tabelle 65:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Klieschen ( <i>Limanda limanda</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	244
Tabelle 66:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Schollen ( <i>Pleuronectes platessa</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	249
Tabelle 67:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sandgrundeln ( <i>Pomatoschistus minutus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	254
Tabelle 68:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Steinpickern ( <i>Agonus cataphractus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	259
Tabelle 69:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Wittlingen ( <i>Merlangius merlangus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	264
Tabelle 70:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Sprotte ( <i>Sprattus sprattus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	268

Tabelle 71:	Übersicht über die Selektionsparameter zur Beschreibung der Größenselektion von Heringen ( <i>Clupea harengus</i> ) für die verschiedenen Maschentypen (T0, T45, T90) und Maschenöffnungen. L25, L50, L75 (Länge mit einer Entkommenswahrscheinlichkeit aus dem Steert von 25, 50, bzw. 75%); SR (Selektionsbereich), SP (Split-Faktor) – jeweils inklusive Vertrauensbereiche	272
Tabelle 72:	Modellparameter, welche in der Sensitivitätsanalyse untersucht wurden. Angegeben sind Funktionsbeschreibungen, Einheiten, Formeln, Werte und der Schwankungsbereich, der getestet wurde. Die Sensitivitätsanalyse wurde in den Modelleinstellungen vorgenommen, welche am besten die Ergebnisse des Standardlaufs von Rückert (2011) abbilden.	277
Tabelle 73:	L50-Selektionsparameter der Penetrationsexperimente für die verschiedenen Maschenöffnungen, Maschenöffnungswinkel und Kontakt-Modi.	285
Tabelle 74:	Selektionsbereich (SR) der Penetrationsexperimente für die verschiedenen Maschenöffnungen, Maschenöffnungswinkel und Kontakt-Modi.	286
Tabelle 75:	In Abhängigkeit vom Modus ermittelte Werte a0, a1, a2, a3 und b0.	287
Tabelle 76:	Selektionsparameter des Steertes T0 26 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Beprobung im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T0 26 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.	297
Tabelle 77:	Selektionsparameter des Steertes T45 24 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Erprobungen im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T45 24 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.	298
Tabelle 78:	Selektionsparameter des Steertes T90 26 berechnet mit der hier beschriebenen Methode nach Bethke (2013). Als Grundlage dienten die Ergebnisse der kommerziellen Erprobungen im Projekt CRANNET. Als Referenz diente in allen Erprobungen der Standard-Steert T0 20. Ergebnisse der ersten Zeile zeigen die Berechnung auf Grundlage der	

	zusammengefassten Daten aller durchgeführten Hols mit T90 26 während der Erprobungen 2014. Angegeben sind die tatsächlich gemessenen Maschenöffnungen in mm.	298
Tabelle 79:	Daten zu den Kontrollmessungen der Wasserschutzpolizei in Schleswig-Holstein im Zeitraum 2008 bis 2014	306
Tabelle 80:	Aufgliederung der Messungen der Steert-Maschenöffnungsdaten nach Jahren und Monaten gruppiert für den Zeitraum 2008 bis 2014	310
Tabelle 81:	Wiederholungskontrollen auf einzelnen Fahrzeugen im Zeitraum 2008 bis 2014	314
Tabelle 82:	Siebstababstände (in Millimeter) von 39 Sortiermaschinen an Bord deutscher Garnelenkutter mit Anzahl und Prozentsatz sowie hochgerechnet auf die Flotte (212 Kutter gemäß ICES WGCRAN 2014)	320
Tabelle 83:	Typen (Hersteller) von Sortiermaschinen an Bord deutscher Garnelenkutter mit Anzahl und Prozentsatz hochgerechnet auf die Flotte (212 Kutter gemäß ICES WGCRAN 2014)	323



