

## Lösungsansätze für die regionale Wertschöpfungskette Nordseekrabbe

Arne Schröder, Christin Klever, Tim Knöpfel, Melina Niemann, Tobias Lasner, Brianne Altmann, Thiemo Wolgast, Aurelia Schütz, Elisa Bayer, Antje Risius, Ralf Döring



**Bibliografische Information:**  
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikationen in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet unter [www.dnb.de](http://www.dnb.de) abrufbar.

*Bibliographic information:*  
*The Deutsche Nationalbibliothek (German National Library) lists this publication in the German National Bibliography; detailed bibliographic data is available on the Internet at [www.dnb.de](http://www.dnb.de)*

Bereits in dieser Reihe erschienene Bände finden Sie im Internet unter [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

*Volumes already published in this series are available on the Internet at [www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)*

**Zitationsvorschlag – Suggested source citation:**

**Schröder, A., Klever, C., Knöpfel, T., Niemann, M., Lasner, T., Altmann, B., Wolgast, T., Schütz, A., Bayer, E., Risius, A., Döring, R. (2026)** Lösungsansätze für die regionale Wertschöpfungskette Nordseekrabbe. Thünen-Report 128. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.  
<https://doi.org/10.3220/253-2026-68>

Die Verantwortung für die Inhalte liegt bei den jeweiligen Verfassern bzw. Verfasserinnen.

*The respective authors are responsible for the content of their publications.*



## Thünen Report 128

Herausgeber/Redaktionsanschrift – Editor/address

Johann Heinrich von Thünen-Institut Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[thuenen-report@thuenen.de](mailto:thuenen-report@thuenen.de)  
[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

©2026 the author, Thünen Institute. This is an open access publication distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

ISSN 2196-2324  
ISBN 978-3-86576-290-0  
DOI:10.3220/253-2026-68  
urn:nbn:de:gbv:253-2026-000043-8

Titelfoto: Thünen-Institut/Beate Büttner

## Lösungsansätze für die regionale Wertschöpfungskette Nordseekrabbe

Arne Schröder, Christin Klever, Tim Knöpfel, Melina Niemann, Tobias Lasner, Brianne Altmann, Thiemo Wolgast, Aurelia Schütz, Elisa Bayer, Antje Risius, Ralf Döring



Dr. Ralf Döring  
Thünen-Institut für Seefischerei  
Herwigstr. 31  
27572 Bremerhaven  
Email: ralf.doering@thuenen.de  
Tel: 0471-94460-378

Germany

**Thünen Report 128**  
Bremerhaven/Germany, March 2026

## Inhaltsverzeichnis

<b>Zusammenfassung</b>	<b>4</b>
<b>Summary</b>	<b>5</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>6</b>
<b>2 Projektkoordination und Öffentlichkeitsarbeit</b>	<b>8</b>
<b>3 Bau und Erprobung einer experimentellen Entschälereinheit</b>	<b>8</b>
3.1 Einleitung	8
3.2 Vergleich verschiedener Schältechniken	10
3.3 Technik der kontaktlosen Entschälung	15
3.4 Wellenerzeugung mittels Piezoelementen	27
3.5 Vergleich der Entschälungstechniken und fiktives Schälzentrum	27
3.6 Schlussfolgerungen	30
<b>4 Effizienzanalyse der Krabbenfischerei</b>	<b>46</b>
4.1 Einleitung	46
4.2 Effizienzanalyse	47
4.3 Analyse der Daten des Testbetriebsnetzwerks	50
4.4 Die Einschätzung der möglichen Markteffekte auf Basis der Wertschöpfungskettenanalyse	51
4.5 Vergleich zwischen den Anlandepreisen deutscher Schiffe und anderen relevanten Preiszeitreihen	54
4.6 Schlussfolgerungen	57
<b>5 Betriebswirtschaftliche Analysen und Innovationsdiffusion</b>	<b>45</b>
5.1 Einleitung	45
5.2 Interviews zur Wirtschaftlichkeit von Krabbenschälmaschinen	45
5.3 Wirtschaftlichkeit der Fangseite	48
5.4 Experteninterviews entlang der Wertschöpfungskette	53
5.5 Marktübersicht zum Lebensmittelhandel von Krabbenfleisch	56
5.6 Schlussfolgerungen	60
<b>6 Marktanalyse für regional entschälte Krabben</b>	<b>62</b>
6.1 Einleitung	62
6.2 Markt-Inventory	63
6.3 Zielgruppenanalyse basierend auf GfK-Daten	64
6.4 Interviews mit Gastronom:innen und Fokusgruppendifkussionen mit Händlerinnen und Händlern an der Nordseeküste	65
6.5 Konsumentinnen- und Konsumenten-Befragung zum Konsum und der Wahrnehmung von Nordseekrabben in Deutschland	67
6.6 Touristinnen und Touristen-Befragung an der Nordsee	68
6.7 Internationale Konsumentinnen und Konsumenten-Studie	69
6.8 Sensorik-Studie zur Wahrnehmung von maschinell entschältem Krabbenfleisch aus Verbraucherinnen und Verbraucher-Sicht	74
6.9 Wissenstransfer und Bildungsangebote	75

6.10	Schlussfolgerungen	76
<b>7</b>	<b>Fazit des FuE-Vorhabens</b>	<b>79</b>
	<b>Danksagung</b>	<b>82</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>83</b>
	<b>Anhang 1</b>	<b>88</b>
	<b>Anhang 2: Schäleresteerverwertung</b>	<b>89</b>
A.	Einleitung	89
B.	Regionale Nutzungsmöglichkeiten	90
i.	Literatur- und Internetrecherche	90
ii.	Experteninnen- und Experteninterviews zu Nutzungsmöglichkeiten	91
iii.	Fokusgruppendifkussionen zu Nutzungsmöglichkeiten	92
C.	Verbraucherakzeptanz	93
i.	Literatur- und Internetrecherche	93
ii.	Verbraucherinnen- und Verbraucherfokusgruppen zur Nutzung und Akzeptanz	94
iii.	Verbraucherinnen- und Verbraucherbefragung und Choice-Experiment	95
D.	SWOT-Analyse	97
E.	Realisierungskonzept	99
	<b>Anhang 3: Übersicht über Erfüllung von Meilensteinen/Deliverables</b>	<b>104</b>
	Auftakt	105
	Projektbeirat und Projekttreffen	105
	Information der Fischerei und des Handels	106
	Information der allgemeinen Öffentlichkeit	107
	Information des Fachpublikums und internationaler Austausch	107
	Erreichung Meilensteine und fertiggestellte Deliverables in den Arbeitspaketen	107
	<b>Schlagwort- und Abkürzungsregister</b>	<b>113</b>

## Zusammenfassung

Das vom Land Niedersachsen geförderte Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „Entwicklung von Lösungsansätzen für die regionale Wertschöpfungskette Nordseekrabbe“, kurz „Alternative Krabbenwertschöpfung“, hatte zur Aufgabe, Lösungsansätze für eine regionale Wertschöpfungskette in der Krabbenfischerei zu entwickeln und diese hinsichtlich ihrer Nachhaltigkeit nach wissenschaftlichen Kriterien zu bewerten.

Es sollte eine innovative Krabbenschältechnik im Vergleich zu anderen technischen Lösungen, inklusive Bau und Testung von Prototypen, untersucht werden. Zusätzliche Projekteinhalte waren betriebswirtschaftliche Analysen innovativer Entschälungsstrategien im Vergleich mit der Handentschälung in Nordafrika, eine Analyse der technischen Effizienz der niedersächsischen Krabbenfischereibetriebe und schließlich eine Analyse des Markt- und Absatzpotentials für regional entschälte Krabben sein. Letztes sollte unter Betrachtung der Umwelt- und Nachhaltigkeitskriterien sowie des Verbraucherwissens und der Verbraucherpräferenzen einschließlich der Analysen der Produktqualität betrachtet werden.

Momentan werden 80-90% der deutschen Fänge durch nur zwei niederländische Großhändler abgenommen, die auch die Entschälung per Hand in Marokko finanziell und logistisch organisieren, die entschälten Krabben re-importieren sowie in Richtung Einzelhandel und Gastronomie vermarkten. Aufgrund dieser bestehenden Marktstrukturen und fehlender alternativer Absatzwege sind die einzelnen Fischereibetriebe abhängig von diesen Großhändlern und ihnen gegenüber in schwachen Verhandlungspositionen. Die kontaktlose maschinelle Entschälung mittels Druckes funktioniert im Prinzip; allerdings ist die Hochskalierung herausfordernd und im Projekt deswegen nicht abschließend erreicht worden. Hier wird weitere Entwicklungsarbeit nötig sein, auch um letztlich die Wirtschaftlichkeit des Betriebs von auf der neuen Technik beruhenden Entschälmaschinen beurteilen zu können und damit ihren möglichen Beitrag zu einer regionalen Wertschöpfung. Bereits existierende, mechanisch arbeitende Maschinen können dies wegen technischer Unzulänglichkeiten und den daraus folgenden hohen Arbeitskosten sowie geringer Fleischausbeute nicht leisten und sind zumindest regional nur in sehr eng begrenzten Nischenmärkten rentabel.

Aufgrund in den letzten Jahren nicht möglicher Rücklagenbildung der Fischereibetriebe sind ihre Investitionsmöglichkeiten in den Aufbau von eigenen Entschälkapazitäten allerdings sehr eingeschränkt wie auch die Bereitschaft dazu unter den herrschenden Unsicherheiten (inkl. die Einsetzbarkeit der neuen Technik oder die möglichen Reaktionen der Großhändler auf solche Versuche). Schon relativ geringe Mengen an regionaler Entschälung, auch um nicht in Konkurrenz zu den Großhändlern zu treten, könnten aber bei entsprechend gegebener Wirtschaftlichkeit der kontaktlosen Technik die Profitabilität der Krabbenfischereibetriebe erhöhen. Des Weiteren gibt es deutliche Hinweise, dass Steigerungen der Effizienz einzelner Betriebe im Fang, obwohl bereits relativ hoch, möglich sind. So operieren Betriebe, die keine Fischerei im Winter betreiben, Fahrzeuge mit modernen Rumpfmaterialeien nutzen oder deren Eigner Mitglied einer Erzeugerorganisation sind, effizienter. Eine höhere technische Effizienz geht einher mit höheren Gewinnen. Eine Vermarktung von aus regional anfallenden Krabbenschälresten hergestellte Produkte im Hobbybereich (Garten, Heimtierfutter, Angelei) ist ebenfalls möglich und könnte weitere Erlöse erzielen.

Für Konsumierende ist die Krabbe ein typisches Nordseeprodukt und oft aus dem Urlaub bekannt; Regionalität inkl. der Krabbenverarbeitung ist ihnen wichtig und äußert sich in einer gewissen Mehrzahlungsbereitschaft. Dabei wird aber eine maschinelle Entschälung oft skeptisch gesehen und Krabben, die mit den bereits existierenden Maschinen mechanisch, d.h. per Kontakt, entschält werden, schnitten in Aussehen und Konsistenz bei Konsumierenden im Vergleich zu in Marokko handentschälten Nordseegarnelen schlecht ab. Allerdings ist bei vielen Verbraucherinnen und Verbrauchern der Informationsbedarf zur Nordseekrabbe und ihren Verarbeitungswegen noch hoch.

Schlussfolgernd zeigte sich im Detail, wie eine regionale Wertschöpfungskette als ein wichtiger Baustein helfen könnte, die wirtschaftliche Situation der Krabbenfischerei zu verbessern, wobei eine Hochskalierung und Wirtschaftlichkeitsprüfung der neuen kontaktlosen Technologie noch aussteht.

Stichworte: Nordseekrabbe, kontaktlose Entschälung, Wertschöpfungskette, Regionalität, Effizienzanalyse, Wirtschaftlichkeit

## Summary

The research and development project 'Development of solutions for the regional North Sea brown shrimp value chain', or 'Alternative brown shrimp added value' for short, funded by the state of Lower Saxony, had the task of developing solutions for a regional value chain in brown shrimp fishing and evaluating them in terms of their sustainability according to scientific criteria.

The aim was to investigate an innovative crab shelling technique in comparison with other technical solutions, including the construction and testing of prototypes. Additional project content included business analyses of innovative peeling strategies compared to manual peeling in North Africa, an analysis of the technical efficiency of brown shrimp fishing companies in Lower Saxony, and finally an analysis of the market and sales potential for regionally peeled brown shrimps. The latter was to be considered in light of environmental and sustainability criteria as well as consumer knowledge and preferences, including analyses of product quality.

Currently, 80-90% of German landings are purchased by just two Dutch wholesalers, who also organise the manual peeling in Morocco financially and logistically, re-import the peeled brown shrimps and market them to retailers and restaurants. Due to these existing market structures and the lack of alternative sales channels, individual fishing companies are dependent on these wholesalers and are in a weak negotiating position towards them. Contactless mechanical peeling using pressure works in principle; however, upscaling is challenging and has therefore not been conclusively achieved in the project. Further development work is necessary here, also to ultimately assess the economic viability of operating peeling machines based on the new technology and thus their potential contribution to regional added value. Existing mechanical machines cannot achieve this due to technical shortcomings and the resulting high labour costs and low meat yield, and are only profitable in very limited niche markets, at least regionally.

However, due to the inability of fishing companies to build up financial reserves in recent years, their investment opportunities in developing their own shelling capacities are very limited, as is their willingness to do so given the prevailing uncertainties (including the usability of the new technology and the possible reactions of wholesalers to such attempts). Even relatively small amounts of regional shelling, also in order not to compete with wholesalers, could increase the profitability of brown shrimp fishing companies if the contactless technology will be economically viable. Furthermore, there are clear indications that increases in the efficiency of individual fishing companies are possible, even though it is already relatively high. For example, companies that do not fish in winter, use vessels with modern hull materials or whose owners are members of a producer organisation operate more efficiently. Higher technical efficiency goes hand in hand with higher profits. It is also possible to market products made from regional brown shrimp shelling residues in the hobby sector (gardening, pet food, fishing), which could generate additional revenue.

For consumers, brown shrimps are a typical North Sea product and often familiar from holidays; regionality, including brown shrimp processing, is important to them and is reflected in a certain willingness to pay more. However, mechanical peeling is often viewed with scepticism, and brown shrimps that are peeled mechanically, i.e. by contact, using existing machines score poorly with consumers in terms of appearance and consistency compared to North Sea brown shrimps that are peeled by hand in Morocco. However, many consumers still have a high need for information about North Sea brown shrimps and how they are processed.

In conclusion, it was shown in detail how a regional value chain could serve as an important building block in improving the economic situation of brown shrimp fishing companies, although upscaling and economic feasibility testing of the new contactless technology are still pending.

Keywords: Brown shrimps, contactless peeling, value chain, regionality, efficiency analyses, economic viability

## 1 Einleitung

Die Fischerei auf Nordseegarnelen (*Crangon crangon*, ab hier auch als Krabben bezeichnet) ist die mit Abstand bedeutendste Zielart der Küstenfischerei an der deutschen Nordseeküste. Während der Corona-Pandemie hatte die deutsche Krabbenfischerei aber erhebliche wirtschaftliche Probleme, insbesondere durch die wegen Abstands- und anderen Hygieneregeln verringerten Schälkapazitäten in den marokkanischen Schälzentren. Einige wenige Großhändler haben in den letzten Jahrzehnten diese Schälkapazitäten in Marokko aufgebaut, um dort die Nordseekrabben kostensparend und inzwischen logistisch höchst effizient per Hand entschälen zu lassen. Während der Pandemie wurden allerdings den Krabbenfischerinnen und Krabbenfischern teilweise über längere Zeiträume ihre Fänge von den Großhändlern nicht abgenommen, worauf hin sie nicht fischen konnten und sie hohe Umsatzeinbußen verzeichnen mussten. Hier zeigte sich, wie abhängig die Fischerinnen und Fischer von diesem Teil der Wertschöpfungskette sind. Die Handentschälung ist in Deutschland wegen hoher Lohnkosten zu teuer und bisher eingesetzte Maschinen können mit der Handentschälung in Marokko wegen technischer Unzulänglichkeiten wirtschaftlich nicht mithalten. Für die Fischerinnen und Fischer bedeutet dies aber, dass es für sie keine Möglichkeiten gab, während der Pandemie Wertschöpfung durch regionales Pulen zu generieren und andere Vermarktungswege zu nutzen. Verringerte Entschälkapazität in Marokko hieß also kein Geldverdienen für die Krabbenfischerinnen und Krabbenfischer in Deutschland. Eine ähnliche Situation hatte es bereits im Jahr 2019 gegeben, als wegen sehr hoher Fänge im vorangegangenen Jahr die Lager der Händler voll waren und sie ebenfalls nur wenige Krabben abnahmen oder dies nur zu sehr niedrigen Preisen.

War die der Struktur der Wertschöpfungskette geschuldete Abhängigkeit der Krabbenfischerinnen und Krabbenfischer von den Großhändlern nur ein Problem während der Pandemie (und in Krisenjahren davor), zeigten sich aber in den letzten Jahren noch weitere, grundsätzlichere Probleme, die eine Zukunft der Krabbenfischerei in der bisherigen Form zumindest in Frage stellen. So steigt wegen fehlender Neubauten das Durchschnittsalter der genutzten Fischereifahrzeuge kontinuierlich an, es gibt immer weniger junge Fischerinnen und Fischer sowie Auszubildende, die den Beruf ergreifen wollen und die Investitionsbereitschaft im Sektor ist sehr niedrig. Diese ist auch eingeschränkt durch geringe Kreditvergabe der Banken. Die Banken unterliegen neuen Nachhaltigkeitskriterien und die Grundschieppnetzfisherei im Wattenmeer wird in Nachhaltigkeitsreports häufig kritisch gesehen. Im Jahr, als das Projekt begann, kam wegen hoher Treibstoffkosten, verursacht durch den russischen Angriffskrieg auf die Ukraine, eine weitere unmittelbare wirtschaftliche Krise hinzu. Zusätzlich haben vergleichsweise niedrige Fänge in den Jahren 2023 und 2024 zu einer aktuell im Mai 2025 noch kritischeren wirtschaftlichen Lage geführt, wobei die fischereibiologische Ursache immer noch unbekannt ist (z. Bsp. Klimawandel und/oder Befischung im Winter oder ein ganz anderer sozio-ökologischer Faktor). Wenn es also eine Zukunft für die Krabbenfischerei geben soll, kann die regionale Entschälung ein Baustein sein, die wirtschaftliche Lage der Betriebe zu verbessern.

Unter der Leitung des Thünen-Instituts für Seefischerei und Mitwirkung der Universität Göttingen (Professur Marketing für Lebensmittel und Agrarprodukte, Professur für Landwirtschaftliche Marktlehre) wurde das Forschungs- und Entwicklungsvorhaben (FuE) „Alternative Krabbenwertschöpfung“ durchgeführt. Es ging einerseits darum, wie die regionale Wertschöpfung insbesondere durch Einsatz einer innovativen Krabbenentschältechnik verbessert werden könnte. Mindestens ebenso wichtig war aber zu analysieren, welche weiteren Maßnahmen die Wirtschaftlichkeit der Krabbenfischerei verbessern könnten. Im Projekt wurde deshalb nicht nur eine innovative Krabbenentschältechnik getestet (siehe Kapitel 3), sondern auch die Effizienz der Krabbenfischerei analysiert (siehe Kapitel 4), betriebswirtschaftliche Analysen zur Krabbenentschälung und der Krabbenfischerei durchgeführt (siehe Kapitel 5), und nicht zuletzt analysiert, wie die Vermarktung der Krabben in Zukunft verbessert werden könnte und wie in Deutschland maschinell entschälte Krabben von Konsumentinnen und Konsumenten angenommen würden (siehe Kapitel 6). Hinzu kamen Studien zur möglichen

Verwertung von Schälresten (siehe Anhang 2) und zur Analyse der gesamten Wertschöpfungskette (Kapitel 4.4 und 5.4).

In diesem Abschlussbericht fassen wir die Ergebnisse des FuE-Projekts zusammen und stellen sie in einen größeren Zusammenhang. Die Details der durchgeführten Forschungen und Entwicklungsarbeiten sind bzw. werden in wissenschaftlichen Fachzeitschriften sowie auf der Projekt-Webseite veröffentlicht werden.

## 2 Projektkoordination und Öffentlichkeitsarbeit

Das Thünen-Institut für Seefischerei hatte die Koordination des Gesamt-FuE-Vorhabens sowie des Wissenstransfers inne. Zu Ersterem gehörte vor allem die Etablierung des Projektbeirats, die Durchführung von regelmäßigen Treffen des Beirats und der Projektpartner, die Vergabe von Unteraufträgen inklusive deren Betreuung und finanzielle Abwicklung sowie die Berichterstattung an den Geldgeber. Der Wissenstransfer im FuE beinhaltete neben der Publikation wissenschaftlicher Fachartikel, die vor allem in den einzelnen Arbeitspaketen stattfanden, auch Vorträge bei Treffen von Interessenvertretern der Krabbenfischerei, die Veröffentlichungen in praxisnahen Medien, Vorträge auf wissenschaftlichen Konferenzen, und die Information der interessierten Öffentlichkeit durch Vorträge auf Fach- und Verbrauchermessen sowie in Museen. Im Anhang 3 befindet sich eine Übersicht über die Erfüllung der Meilensteine/Deliverables des Arbeitspakets (sowie auch der weiteren Arbeitspakete). Hier wird auch die Information der Öffentlichkeit dargestellt.

## 3 Bau und Erprobung einer experimentellen Entschälbarkeit

### 3.1 Einleitung

Die Nordseekrabbe (*Crangon crangon*) ist in den Küstengewässern Europas weit verbreitet, in besonders hohen Dichten aber in den Wattengebieten der Nordsee. Sie lebt bevorzugt auf weichen Sand- oder Schllickböden. Tagsüber gräbt sie sich ein und ist nachts aktiv. Weibchen können bis zu 90 Millimeter groß werden und jährlich mehrere tausend Eier ablegen. Ihr Verhalten ist durch jahreszeitliche und gezeitenbedingte Wanderungen geprägt. Sie ernährt sich von kleinen Würmern, Krebsen, Schnecken und organischem Material. Die Qualität der Krabben variiert je nach Lebensraum und Nahrung, was sich in Farbe, Geruch und Geschmack widerspiegelt.

Typisch ist der gräulich-braune, nahezu runde Körper mit langen Antennen und einem gegliederten, muskulösen Hinterkörper mit Schwimmbeinen und Schwanzfächer. Wie alle Krebstiere besitzt die Nordseekrabbe ein Außenskelett, die sogenannte Cuticula, die Schutz- und Stützfunktion erfüllt. Diese besteht aus Chitin, Proteinen und Calciumcarbonat. Chitin ist ein biologisch abbaubares Polysaccharid und ähnelt in seiner Struktur der Zellulose. Durch Wasserstoffbrückenbindungen zwischen den Ketten ist es härter und stabiler als Zellulose. Chitin ist unlöslich in Wasser und organischen Lösungsmitteln, kann jedoch durch starke Säuren wie Essigsäure teilweise gelöst werden.

Die Cuticula besteht aus drei Schichten: der äußeren Epicuticula, der Exocuticula und der Endocuticula. Diese werden von der Epidermis gebildet und machen etwa 60 bis 80 Prozent des Trockengewichts aus. Die mittleren Schichten bestehen aus Chitinfasern, die sich zu Mikrofibrillen zusammenschließen. Diese sind in einer charakteristischen Bouligandstruktur angeordnet, also spiralförmig geschichtet, was hohe mechanische Stabilität verleiht. Je nach Anteil von Proteinen und Mineralien variiert die Härte: harte Bereiche enthalten bis zu 200 Proteinarten, weiche Zonen etwa 20. Der Chitingehalt reicht je nach Zone von 15 bis 50 Prozent.

Die Aushärtung des Panzers, die sogenannte Sklerotisierung, erfolgt hormonell. Dabei wird Wasser entzogen, hydrophobe Substanzen lagern sich ein und Proteine vernetzen sich zu stabilen Faserplatten. Diese Prozesse erklären Unterschiede in der Festigkeit frisch gefangener Krabben und beeinflussen damit auch die Verarbeitbarkeit.

Die biologischen Eigenschaften der Nordseekrabbe liefern wertvolle Hinweise für die Entwicklung technischer Entschälungsverfahren. Der hohe Anteil an Chitin und Calciumcarbonat sowie die komplexe Bouligandstruktur

bestimmen die Festigkeit und Elastizität des Exoskeletts. Diese Faktoren können gezielt genutzt werden, um physikalische, chemische oder mechanische Prozesse auf die Materialeigenschaften abzustimmen.

Eine Möglichkeit besteht in der gezielten Beeinflussung des Wasserhaushalts und der Mineralisierung des Panzers. Durch kontrollierte Rehydratation oder schwach saure Vorbehandlungen kann die Bindung zwischen Schale und Gewebe gelockert werden. Auch milde proteolytische Enzyme könnten helfen, Proteinbrücken in der Cuticula zu schwächen, ohne die Muskulatur zu beeinträchtigen.

Physikalische Verfahren wie Ultraschall oder Vibrationen bieten Potenzial, um die Grenzflächen zwischen Schale und Fleisch zu lösen. Durch kurze Wärmeimpulse oder definierte Druckwechsel können unterschiedliche thermische Ausdehnungen zwischen Panzer und Muskelgewebe ausgenutzt werden. Darüber hinaus ermöglicht eine adaptive Prozesssteuerung, Parameter wie Zeit, Temperatur und Frequenz an biologische Unterschiede anzupassen.

Die gewonnenen Schalenreste stellen zudem eine wertvolle Ressource für die Gewinnung von Chitin und Chitosan dar. Diese Nebenprodukte können für medizinische, kosmetische und technische Anwendungen genutzt werden und erhöhen somit die Gesamtwertschöpfung (siehe Anhang 2).

Insgesamt zeigt sich, dass das Verständnis der biologischen Strukturen und Prozesse der Nordseekrabbe die Grundlage für die Entwicklung effizienter, ressourcenschonender und wirtschaftlicher Entschälungstechnologien bildet. Die Kombination aus biologischem Wissen und ingenieurtechnischem Ansatz eröffnet neue Wege für eine nachhaltige und regionale Krabbenverarbeitung.

Das wesentliche Ziel der im Arbeitspaket 2 des FuE durchgeführten Erprobung einer neuen, kontaktlosen Technik zur Krabbenentschälung war es, eine nachhaltigere, wirtschaftlichere und ökologisch verträglichere Alternative zu bestehenden Methoden zu etablieren. Die bisherige Praxis der Handentschälung in Marokko verursacht ökologische Kosten und führt zu einer starken Verlagerung der Wertschöpfung ins Ausland (siehe Kapitel 4 & 5). Zudem sind bestehende mechanische Schälmethoden technisch und wirtschaftlich oft ineffizient (siehe Kapitel 5) und schädigen häufig das empfindliche Fleisch (Kapitel 6).

Die nachfolgende Tabelle 3.1. zeigt, welche krabbenverarbeitenden Betriebe heute überhaupt noch selbst entschälen und welche Technologie, händisch oder mechanisch-maschinell, zugrunde liegt.

**Tabelle 3.1: Übersicht der Betriebe, die Krabben entschälen.**

Betrieb	Standort	Art	Ursprung des Verfahrens
Alwin Kocken	Spieka-Neufeld	Maschinell	Eigenes Patent
Alfred Urthel	Friedrichskoog	Maschinell	Van Woensel
De Beer	Greetsiel	Händisch	/
Heiploeg	Marokko	Händisch	/
Heiploeg	Zoutkamp	Maschinell	Kocken
Gebrüder Kant	Lauwersoog	Maschinell	Kocken
Willy Versluys	Ostend	Maschinell	Van Woensel
Klaas Puul	Marokko	Händisch	/

Quelle: eigene Darstellung

Eine innovative, kontaktlose Entschälung könnte diese Probleme überwinden und eine nachhaltige, lokale Wertschöpfung ermöglichen. In diesem Kontext werden spezielle Verfahren, zur kontaktlosen Entschälung getestet, die neue Möglichkeiten zur Automatisierung und Optimierung des Schälprozesses innerhalb einer effizienten und regionalen Fertigungslinie bieten könnten.

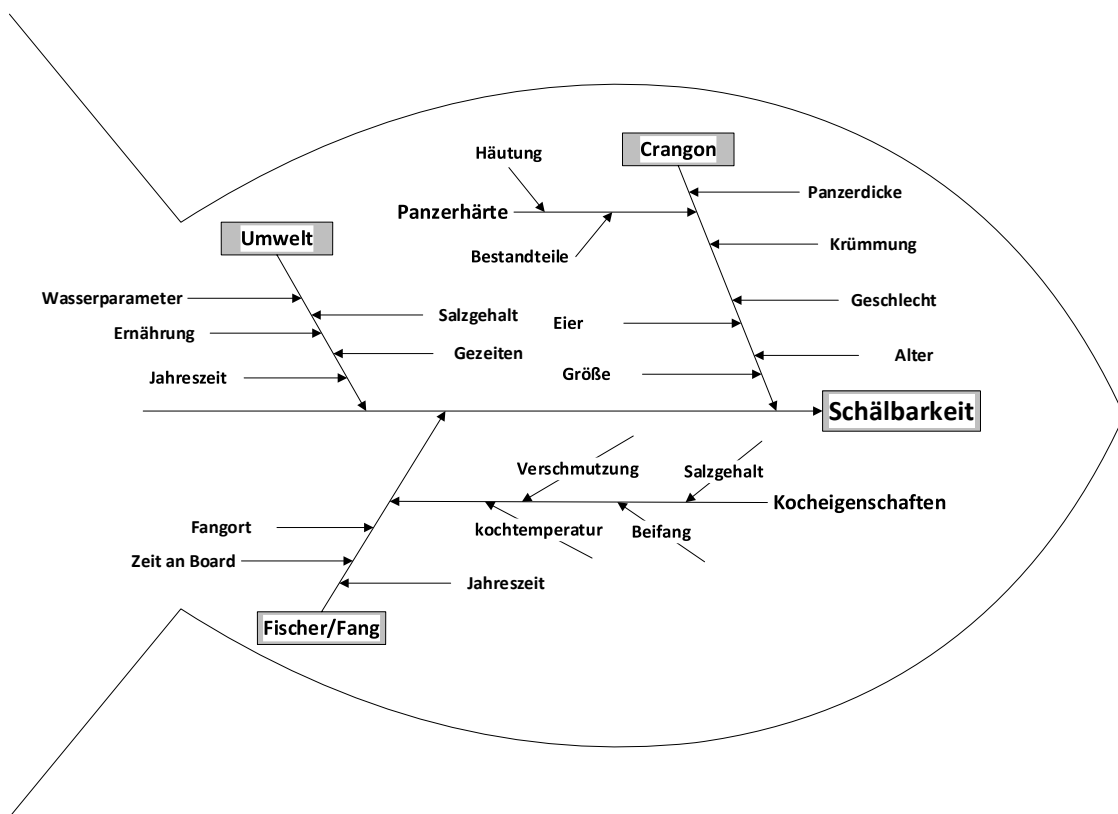
Die Entwicklung des Verfahrens basiert auf dem wissenschaftlichen Ziel, physikalische Impulse so zu gestalten, dass sie gezielt die äußere Schutzhülle der Nordseekrabbe schwächen oder öffnen, ohne das darunterliegende Gewebe in seiner Qualität zu beeinträchtigen. Bisher eingesetzte Maschinen und Verfahren weisen wesentliche Nachteile auf, darunter unzureichende Schälqualität, hoher manueller Nachbearbeitungsaufwand und eine Beeinträchtigung der Produktqualität.

Die zugrunde liegende Hypothese lautet: Durch die gezielte Einstellung von Frequenz, Impulscharakteristik und Übertragungsbedingungen lässt sich eine selektive Beeinflussung der Struktur des Exoskeletts erreichen, die eine schonende und effiziente Entfernung ermöglicht.

### 3.2 Vergleich verschiedener Schältechniken

Das Hauptproblem des Krabbenschälens sind die teilweise sehr großen Unterschiede in Körpergröße, Körperbau und Panzeigenschaften zwischen den einzelnen Krabben. Die Einflussgrößen in Abb. 3.1 ergeben sich aus den bereits früher beschriebenen Hintergründen (Thesis Christin Seiler, geb. Klever), Merkmalen und der Biologie der Krabbe.

Abbildung 3.1: Einflussgrößen auf die Schälbarkeit von Krabben



Quelle: eigene Darstellung

Die Kocheigenschaften sind aus Erfahrung der Fischer und Hygienebedingungen an Bord vorgegeben. Dennoch unterliegen Faktoren wie die Verweildauer in der Kochstraße oder der Beifang Schwankungen (pers. Mitteilungen der Fischer). Die Krümmung der Krabben hängt von den Eigenschaften des Panzers und des Kochens ab.

Einflussfaktoren, wie die Umweltbedingungen im Fanggebiet, der Fangprozess auf den einzelnen Fahrzeugen oder das Händeln des Fanges durch Fischerinnen und Fischer sind kaum greifbar. Der Fangort unterscheidet sich von Fischereifahrzeug zu Fischereifahrzeug. Je nach Menge, die gefangen wird, wechselt der Fangort während

der Zeit auf See mehrfach. Die Wasserparameter unterliegen an den verschiedenen Fangorten Schwankungen. Zudem werden die Krabben an Land, abhängig von Tageszeit und Saison, von mehreren Schiffen angelandet und anschließend weiterverarbeitet.

Geschlecht und Alter der Krabben sind beim Fang nicht beeinflussbar. In der Regel sind Krabben jeden Alters und Geschlechts im Fang. Die Individuellen Größen der gefangenen Tiere wird beeinflusst durch die Maschenweite der Netze. Das bedeutet, dass nur Krabben ab einer bestimmten Größe angelandet werden, der Rest ist Beifang. Da die Männchen kleiner sind als die Weibchen, sind im Fang prozentual mehr Weibchen, die zudem mit Eiern behaftet sind.

### **Händische Methode**

Das händische Entschälen ist seit Beginn der Krabbenfischerei die verbreitetste Methode. Dabei wird die Krabbe zwischen dem 2. und 3. Segment gebogen, sodass Kopf und Schwanz abgetrennt werden können. Heute erfolgt diese Arbeit überwiegend in zentralen Schälzentren, vor allem in Marokko, meist im Auftrag niederländischer Unternehmen. In Deutschland ist das Verfahren nur noch vereinzelt im Einsatz, etwa bei der Firma deBeer.

Ökologisch problematisch ist der Transport der Krabben nach Marokko und zurück. Dennoch gilt die Handschälung als wirtschaftlich und effizient: Erfahrene Arbeiterinnen („Pulerinnen“) schaffen pro Schicht bis zu 30 kg Rohware, was etwa 10 kg Fleisch entspricht.

### **Maschinelle Entschälung**

Bereits seit den 1930er-Jahren gab es Versuche, das händische Schälen der Krabben maschinell nachzubilden. Pioniere wie Kant (vgl. EP 0743010 A1 (Kant & Kant, 1996)) und van Woensel in den Niederlanden sowie Walter Preuß (WO 1985/00727 A1 (Versluys)) in Niedersachsen legten die Grundlagen. In Deutschland wurden rund 60 Maschinen verschiedenster Bauart erprobt, viele basierend auf dem Prinzip von van Woensel. Alwin Kocken entwickelte eine Maschine, die heute noch in seinem Betrieb verwendet wird (DE 2642315 B1, Kocken 1978).

Trotz einzelner Fortschritte konnten geplante maschinelle Schälzentren – etwa in Büsum und Cuxhaven – nie wirtschaftlich betrieben werden, da die Qualität der maschinellen Entschälung nicht mit der Handschälung mithalten konnte. In den folgenden Abschnitten werden die unterschiedlichen Maschinen nach ihrem technischen Ansatz vorgestellt und bewertet. Manche Verfahren erwiesen sich von vornherein als ungeeignet für die Nordseekrabbe oder als wirtschaftlich nicht tragfähig (Hinz et al. 2015).

#### a. Schälen mittels Schleifscheibe (vgl. W. Lassen, 1936; Van Woensel 1985)

Bei diesem Verfahren wird der Panzer der Krabben mithilfe einer rotierenden Schleifscheibe aufgeschnitten. Die Methode ist bei der Firma Urthel in Friedrichskoog noch im Einsatz. Die Krabben werden automatisch aufgerichtet und mit dem Schwanz nach oben zur Schleifeinheit geführt, wo sie mit Spannelementen oder Saugdüsen fixiert werden.

Während die Schleifscheibe den Panzer aufschlitzt, drücken schräge Schleifscheiben und Druckluft das Fleisch aus der Schale. Alternativ kann auch eine Bürste zum Entfernen des Fleisches eingesetzt werden. Das Fleisch wird auf ein Förderband geleitet, Schalenreste werden ausgesondert.

Nachteile dieser Methode sind Fleischquetschungen, mögliche Zerstörung bei stumpfer Schleifscheibe und hoher Wartungsaufwand durch schnellen Verschleiß und Verschmutzung der Schleifvorrichtungen.

#### b. Schälen mittels abrasiver Oberfläche

Beim Trommel-Abrieb-Verfahren werden Krabben oder Garnelen in eine langsam rotierende Trommel gegeben, deren Innenflächen mit abrasiven Materialien wie Sandpapier oder Diamantplatten versehen sind. Durch Reibung wird die Schale mechanisch abgeschabt.

Die Rotationsdauer ist so eingestellt, dass die Schale entfernt wird, ohne das Fleisch zu beschädigen. Nach dem Schälvorgang werden die Tiere über ein Sieb oder eine Rutsche weitergeleitet, um verbleibende Schalenreste zu entfernen. Dieses Verfahren ist einfach aufgebaut, kann jedoch bei empfindlichem Fleisch problematisch sein.

c. Schälen mittels Reißhaken (vgl. W. Preuß, DE 753 820 C, 1944 / DE 1 022 370 B, 1958)

Bei diesem Verfahren werden Krabben in eine geneigte, rotierende Trommel mit Schlagleisten und Reißhaken eingebracht. Durch die Drehung und das Aufprallen auf die Schlagleisten platzt der Panzer auf, während zerkleinerte Schalen durch Schlitze in der Trommelwand fallen. Größere Schalenreste werden ausgeblasen, Bürsten reinigen die Trommel während des Betriebs.

Ein Vorsortieren der Krabben ist nicht erforderlich, jedoch kann es durch anhaftende Schalenreste zu Verstopfungen kommen, wodurch nicht alle Krabben geschält werden. Um die Hygiene zu gewährleisten, sind regelmäßige Reinigungen notwendig. Weiterentwicklungen sehen den Ersatz der Haken durch Rillen sowie den Einsatz einer Doppeltrommel vor, um die Entschälleistung zu verbessern.

d. Schälen mittels Schälwalzen (vgl. C. & R. Welcker, DE 1 454 216, 1969; Norbech A/S „Seapeeler“)

Dieses Verfahren nutzt rotierende Walzen, zwischen denen senkrecht angeordnete, schwingende Schälmesser als Reibflächen wirken. Die Krabben werden über ein Blech mit Leitplatten in die Walzen geführt und dort eingeklemmt. Beim Zusammendrücken bricht der Panzer, und durch Scherkräfte wird das Fleisch herausgelöst. Die Schale fällt nach unten, das Fleisch wird weitergeleitet.

Ein Vorteil ist, dass keine Vorsortierung nötig ist und durch den Wassereinsatz Verschmutzungen reduziert werden. Nachteile sind die Verwässerung des Geschmacks und die Gefahr, dass Krabben zerdrückt werden.

Ein verwandtes System ist der „Seapeeler“ der Firma Norbech. Dabei bewegen sich die Walzen abwechselnd in beide Richtungen, wodurch das Fleisch durch mechanischen Druck herausgelöst wird. Schalenreste werden durch Luft entfernt. Auch hier wird Wasser zur Reinigung eingesetzt, was zwar hygienisch ist, aber ebenfalls die Fleischqualität beeinflussen kann.

e. Schälen mittels Schälmesser (vgl. K. Schmidt, DE 2 758 233, 1979; A. Kocken, DE 2 642 315 B1, 1978)

Bei dieser Technik wird der Krabbenpanzer mithilfe eines feststehenden oder rotierenden Messers mechanisch aufgeschnitten – im Gegensatz zu Walzenverfahren, bei denen durch Druck geschält wird.

**Feststehende Schälmesser:**

Die Krabbe wird am Schwanz fixiert und am Kopf durch Vakuum angesaugt, dann gestreckt und entlang eines feststehenden Messers geführt. Das Messer trennt gezielt den Panzer zwischen dem 2. und 3. Segment. Kopf und Fleisch werden anschließend per Vakuum abgesaugt. Für eine präzise Positionierung ist eine Größensortierung erforderlich, um Schnittfehler zu vermeiden.

**Rotierende Schälmesser:**

Hier werden die Krabben mit dem Rücken nach unten an rotierende Messerscheiben geführt, die den Bauch aufschlitzen. Das Fleisch wird herausgedrückt oder durch Luft/Wasser entfernt. Die Maschine kann mehrere Krabben gleichzeitig verarbeiten. Allerdings muss bei Größenänderung der Tiere die Mechanik nachjustiert werden. Zudem ist die Maschine anfällig für Verschmutzungen und muss regelmäßig gereinigt werden.

**Bewertung:**

Die Technik liefert bei passender Justierung gute Ergebnisse, ist jedoch unflexibel bei variierenden Größen. Verbesserungen wie Spreizgabeln oder Kunststoffrollen konnten sich bislang nicht durchsetzen. Moderne Ansätze (z. B. durch Roboterarme und strukturierte Förderbänder bei Heiploeg (EP 2471373 B1, 2013))

verbessern Präzision und Prozessstabilität, sind jedoch technisch aufwendig. Der kommerzielle Einsatz dieser Maschinen bleibt begrenzt.

f. Schälens mittels Druckeinwirkung (vgl. E. B. Christensen, DE 1 654 904, 1971)

Bei diesem Verfahren wird die Tatsache ausgenutzt, dass das Krabbenfleisch in Ruhelage eine natürliche Krümmung aufweist. Über ein Laufband in V-Form werden die Krabben vereinzelt zur Schälvorrichtung geführt. Die Schälvorrichtung besteht aus einer Rinne, in der die Krabben zu Beginn auf dem Rücken liegen und gestreckt werden. Bänder an den Seiten beginnen vom Schwanz her die Krabbe zusammen zu drücken. Die dadurch entstehende Druckeinwirkung lässt die Schale auf der Bauchseite fortschreitend aufplatzen und durch Spannung gleitet das Fleisch aus der Schale, da dieses die Tendenz hat wieder die gekrümmte Lage einzunehmen

Vorteile sind eine hohe Ausbeute und der Verzicht auf mechanische Schneidwerkzeuge, was den Reinigungsaufwand reduziert. Nachteile sind die fehlende Anpassung an unterschiedliche Krabbengrößen – zu kleine Krabben werden nicht erfasst, große zerdrückt – sowie die Gefahr von Fleischbeschädigung. Verbesserungen wie flexible Bandgrößen und unterstützende Messer sind erforderlich.

Das Verfahren ist bei größeren Garnelen wie Black Tiger etabliert, für Nordseekrabben jedoch bislang nicht nachgewiesen oder wirtschaftlich umgesetzt.

g. Schälens mittels Druckgas (vgl. M. H. Lange, DE 2 852 144, 1980)

Bei diesem Verfahren wird lebensmittelechtes Gas mit hohem Druck (5–100 bar) in gebündelten Strahlen auf die Krabben gerichtet. Die Tiere werden dabei in der Anlage verwirbelt, sodass der Strahl den Panzer an verschiedenen Stellen trifft und zerkleinert.

Während dies bei großen Krustentieren wie Riesengarnelen oder „Seitenläufer“-Krabben funktioniert, ist das Verfahren für Nordseekrabben ungeeignet: Ihr dünner Panzer wird durch die Gasstrahlen zu aggressiv zerstört, wodurch auch das empfindliche Fleisch beschädigt wird. Zusätzlich führen herumfliegende Panzerteile zu weiteren Qualitätseinbußen.

Für die Nordseekrabbe existieren keine bekannten erfolgreichen Anwendungen oder Versuchsergebnisse.

h. Forschung und Ideen

Neben den etablierten maschinellen Methoden wurden auch verschiedene unkonventionelle Ansätze zur Krabbenentschälung entwickelt. Viele dieser Verfahren befinden sich jedoch nur im Ideen- oder Forschungsstadium und sind für die Nordseekrabbe bislang ungeeignet.

*Druckgas in den Panzer (Uni Flensburg)*

Ein Ansatz orientiert an der Hummerschälung: Durch Einbohren in den Panzer sollte Gasdruck das Exoskelett aufsprengen. Bei Nordseekrabben führt die Haut zwischen den Segmenten jedoch dazu, dass der Druck entweicht, bevor der Panzer platzt – das Verfahren ist somit ungeeignet.

*Laserlicht-Verfahren (Norwegian University of Science and Technology)*

Tiefgefrorene Garnelen werden mit Laserlicht behandelt, das die Schale punktgenau erhitzt und platzen lässt. Die Methode schützt das Fleisch und funktioniert gut bei größeren Garnelenarten. Für Nordseekrabben ist keine Anwendung bekannt.

*Vibrationsschälmaschine*

Hierbei lösen sich die Schalen durch gezielte Vibrationen vom Fleisch. Die Intensität ist anpassbar, birgt jedoch das Risiko von Fleischschäden bei zu starker Einstellung. Der Nutzen für kleinere, empfindliche Krabben wie *Crangon crangon* ist begrenzt.

### Enzymatische Schälung

Krabben oder Garnelen werden in eine Enzymlösung eingelegt, die das Chitin im Panzer abbaut und die Schale weich macht. Nach einer Einweichzeit lässt sich die Schale leicht entfernen. Das Verfahren ist chemisch kontrolliert, wirft jedoch Fragen bezüglich Hygiene, Rückständen und Zulassung für den Lebensmittelbereich auf.

### Ergänzende Darstellung des Stands der Technik und Bezug zu Patenten

Im Zusammenhang mit den genannten Verfahren sind verschiedene Patente von Bedeutung, die den technischen Stand der maschinellen Krabbenentschälung beschreiben:

- Kocken (DE 2642315 B1, 1978) beschreibt eine Maschine, bei der rotierende Schälmesser den Panzer der Krabbe auftrennen. Eine manuelle oder maschinelle Vorsortierung nach Größe ist erforderlich, da die Messerabstände mechanisch eingestellt werden müssen. Das Verfahren eignet sich daher nur für eine „Normkrabbe“ und erfordert regelmäßiges Nachjustieren.
- Kant & Kant (EP 0743010 A1, 1996) sowie nachfolgende Varianten (u. a. Heiploeg B.V., EP 2471373 B1, 2013) behandeln die mechanische Ausrichtung und Positionierung der Krabben vor dem Schälvorgang. Die Tiere werden mithilfe von Rüttelrinnen oder bildgesteuerten Robotersystemen in eine einheitliche Lage gebracht. Das verbessert zwar die Zuführung und Schnittgenauigkeit, löst jedoch nicht das Grundproblem der Größen- und Panzerunterschiede der Nordseekrabben (*Crangon crangon*).
- Heiploeg (EP 2471373 B1, 2013) kombiniert eine kamerabasierte Lageerkennung mit robotergestütztem Handling. Dieses System funktioniert bei größeren Garnelenarten (*Pandalus borealis*), stößt aber bei den kleinen, dünnwandigen Nordseekrabben an physikalische und sensorische Grenzen: Die notwendige Präzision bei winzigen Tieren erhöht die Fehlerquote, verlängert Taktzeiten und senkt die Wirtschaftlichkeit.
- Klever (DE 102018129442 B3, 2019) verfolgt erstmals einen grundsätzlich anderen Ansatz: die kontaktlose Entschälung durch akustische Schallwellen. Dabei wird die Krabbe in einem Wasserbad mit gezielt abgestimmten Schallfeldern behandelt, die den Panzer durch Druck- und Kavitationswirkungen öffnen, ohne dass das Fleisch mechanisch berührt oder beschädigt wird. Das Verfahren ermöglicht eine automatische Frequenzanpassung an die Krabbengröße und nutzt eine einfache Vorsortierung nach Kalibern, um Gruppen mit ähnlicher Resonanzfrequenz zu behandeln. Dadurch wird eine gleichmäßige Schälwirkung erreicht – unabhängig von Unterschieden in Form, Härte oder Alter der Tiere.

**Tabelle 3.2 Bewertung und Einordnung des kontaktlosen Verfahrens (DE 102018129442 B3)**

Aspekt	Bisherige Systeme (Kant, Heiploeg)	Kocken, Verfahren nach Klever (DE 102018129442 B3)
Funktionsprinzip	Mechanisch (Schneiden, Drücken, Reiben)	Akustisch (Schallwellen im Wasserbad)
Kontakt mit Fleisch	Direkter Kontakt durch Messer oder Walzen	Kontaktlos – keine mechanische Beanspruchung
Anpassung an Krabbengröße	Manuell, mechanisch einstellbar	Frequenz und Impulssteuerung
Hygiene & Reinigung	Hoher Reinigungsaufwand, Werkzeugverschleiß	keine Werkzeugkontakte

Aspekt	Bisherige Systeme (Kant, Heiploeg)	Kocken, Verfahren nach Klever (DE 102018129442 B3)
Fleischqualität	Risiko von Quetschung oder Rissbildung	Unversehrt, farbstabil, struktur- und aromaerhaltend
Prozesssicherheit	Schwankend je nach Panzerhärte und Verschmutzung	Stabil, parametergesteuert, reproduzierbar
Energie- & Ressourceneinsatz	Mechanisch aufwendig, hoher Wasserverbrauch	Effizienter Energieeinsatz, Wasser im Kreislauf nutzbar

Quelle: eigene Darstellung

### **Warum das kontaktlose Verfahren einen entscheidenden Fortschritt darstellen könnte**

Im Gegensatz zu allen bisherigen Maschinen wird beim akustischen Verfahren weder ein Messer noch eine Walze benötigt (siehe Tabelle 3.2). Dadurch entfällt der kritischste Schwachpunkt der gesamten bisherigen Technik: der mechanische Kontakt zwischen Werkzeug und Produkt. Dieser führte bislang zu:

- Fleischquetschungen,
- hohem Wartungs- und Reinigungsaufwand,
- Produktionsstopps durch Verschmutzung,
- und einer aufwändigen manuellen Nachbearbeitung.

Die kontaktlose Schälung dagegen nutzt rein physikalische Prozesse: Der Schallimpuls wirkt gezielt auf die Grenzfläche zwischen Schale und Muskelgewebe, wo sich durch Druckgradienten und Mikroblasen (Kavitation) lokale Scherkräfte bilden, die die Cuticula öffnen, ohne das Fleisch zu beschädigen.

Die Methode bietet damit drei wesentliche Vorteile:

- Produktschonung: Das Fleisch bleibt optisch, sensorisch und mikrobiologisch unverändert.
- Hygiene & Prozesssicherheit: Da kein Werkzeugkontakt erfolgt, entsteht praktisch kein Biofilm oder Abrieb – der Prozess ist hygienisch, reproduzierbar und leicht zu reinigen.
- Wirtschaftlichkeit & Nachhaltigkeit: Die Anlage eine regionale, automatisierte Entschälung in Deutschland und reduziert die Abhängigkeit von der Handarbeit in Marokko erheblich.

### **3.3 Technik der kontaktlosen Entschälung**

Die im Rahmen dieses Projektes entwickelte kontaktlose Entschältechnik basiert auf der Grundidee des von Klever angemeldeten Patents zur kontaktlosen Entfernung mittels physikalischer Impulse. Ziel war es, ein Verfahren zu realisieren, das die schützende Schale der Nordseekrabbe gezielt schwächt oder löst, ohne das darunterliegende Fleisch in seiner Struktur oder Qualität zu beeinträchtigen.

Anstatt eine vollständig neue Versuchsanlage von Grund auf zu konstruieren, wurde bewusst entschieden, zunächst auf die bestehende Technologie des Deutschen Instituts für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL) aufzubauen. Diese Entscheidung beruhte auf mehreren strategischen und technischen Überlegungen:

- Technologischer Anschluss: Die DIL-Anlage verfügte bereits über eine funktionsfähige Infrastruktur zur Erzeugung und Steuerung von akustischen Wellen in wässrigen Medien. Dadurch konnten erste

Grundlagenversuche zügig umgesetzt und wertvolle Daten zur Wirkung von Impulsen auf biologische Strukturen gesammelt werden.

- Forschungs- und Entwicklungskompetenz: Das DIL besitzt langjährige Erfahrung im Bereich der Technologie sowie in der Lebensmittelforschung. Die Zusammenarbeit ermöglichte eine wissenschaftlich fundierte Analyse der physikalischen Effekte und deren Übertragung auf Krustentiere.
- Risikominimierung und Effizienz: Durch den Einsatz einer bestehenden Versuchseinheit ließen sich Entwicklungsrisiken, Materialkosten und Aufbauzeiten erheblich reduzieren. So konnten die ersten Hypothesen aus dem Patent praxisnah überprüft werden, bevor kostenintensive Eigenentwicklungen begonnen wurden.
- Patentrechtlicher Rahmen: Das Patentkonzept definierte den Wirkmechanismus und die Zielrichtung der Technologie, ließ jedoch Spielraum für unterschiedliche technische Umsetzungswege. Die Nutzung der DIL-Technik diente somit als validierte Grundlage, um die Funktionsidee des Patents unter realen Bedingungen experimentell zu untermauern.

### *Ursprünglicher Generator*

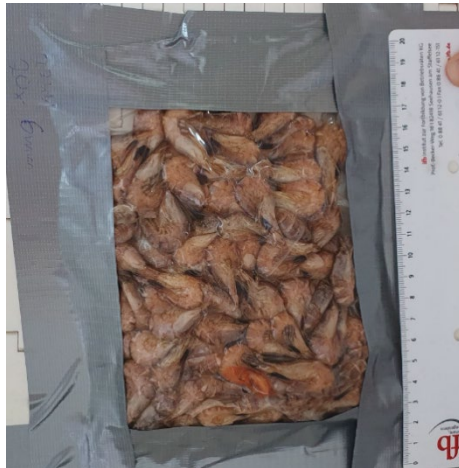
Das Deutschen Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL) führte erste orientierende Untersuchungen zur kontaktlosen Entschälung von Nordseekrabben (*Crangon crangon*) durch. Grundlage war eine bestehende Versuchsanlage, die ursprünglich zur Behandlung vakuumverpackter Fleischprodukte mittels elektrohydraulisch erzeugter akustischer Wellen entwickelt worden war. Diese Technologie nutzt kurze Spannungsimpulse, die in einem wässrigen Medium zwischen zwei Elektroden entladen werden und dabei eine akustische Welle erzeugt, welche das umliegende Material mechanisch beansprucht, und strukturverändernde Effekte hervorrufen kann.

### **Abbildung 3.2: Ursprünglicher Generator mit kontinuierlicher Fördereinheit**



Quelle: Günter Klever

Da die Anlage in ihrer ursprünglichen Konfiguration keine Verarbeitung von losem Produkt zuließ, wurden zunächst vakuumverpackte Krabbenportionen zu je 500 g eingesetzt (siehe Abb. 3.3). Die Proben wurden in einem Wasserbad mit elektrohydraulischen Spannungsimpulsen behandelt.

**Abbildung 3.3: Vakuumverpackte Krabben**

Quelle: Günter Klever

Dabei zeigte sich, dass die Verpackungen den Belastungen der Wellen nur teilweise standhielten – zahlreiche Beutel wurden beschädigt. Eine anschließende visuelle Auswertung der behandelten Krabben ergab folgende Verteilung:

- Vollständig geschält: ca. 11,8 %
- Teilweise geschält: ca. 59,9 %
- Ungeschält: ca. 28,3 %

**Abbildung 3.4: Behandelte Krabben**

Quelle: Günter Klever

Diese Pilotversuche dienten primär dazu, das Wirkprinzip der Behandlung mit akustischen Wellen für Schalentiere zu untersuchen und eine erste technologische Basis für den Aufbau des Prototyps „Batch-Einheit 1“ zu schaffen.

Der anfängliche Einsatz verpackter Produkte beruhte auf drei Gründen:

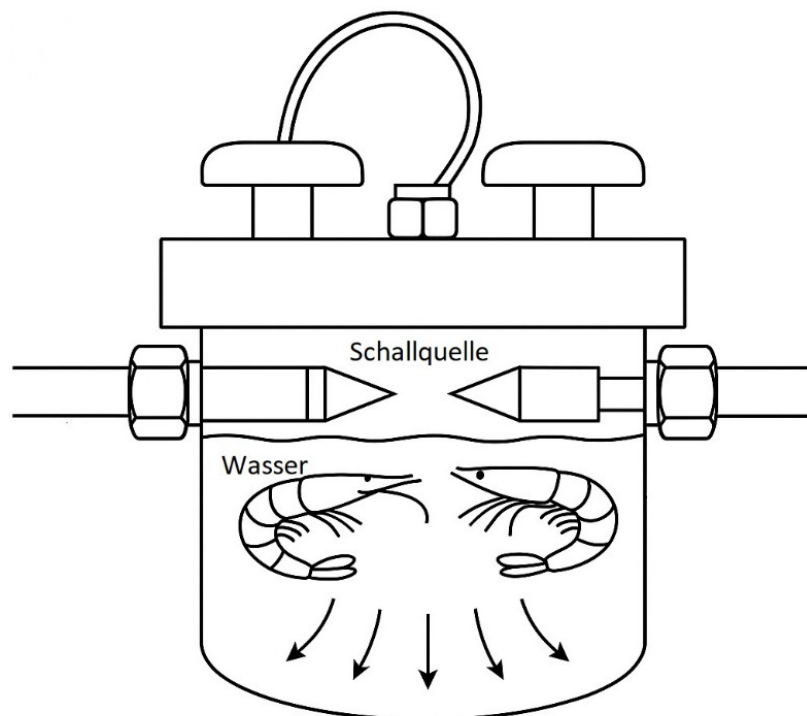
- **Anlagenspezifische Vorgabe:** Die am DIL vorhandene Versuchsanlage war ursprünglich für die Behandlung von verpackten Fleischprodukten entwickelt worden und ließ in der vorhandenen Konfiguration zunächst keine Arbeit mit unverpackten Krabben zu.
- **Reproduzierbarkeit:** Verpackungseinheiten ermöglichen eine standardisierte Ausgangsform, die bei frischem, losem Material schwerer zu erreichen ist.
- **Technische Sicherheit:** Durch die Verpackung wurde in der frühen Entwicklungsphase eine direkte Berührung zwischen Produkt und kritischen Anlagenteilen vermieden, um Schäden und Kontaminationen auszuschließen.

Mit zunehmendem Erkenntnisgewinn und nach Anpassungen der Anlage wurde im weiteren Projektverlauf gezielt auf unverpackte, fangfrische Krabben umgestellt, um die Technologie schrittweise an die späteren Prozessbedingungen anzupassen.

#### *Batch-Einheit 1*

Zur Optimierung der Entschälung wurde die erste Batch-Einheit entwickelt, die systematische Parameteranpassungen ermöglichte.

**Abbildung 3.5: Prinzipskizze Batch-Einheit 1**



Quelle: eigene Darstellung

Der erste Versuch mit der Batch-Einheit 1 zeigte gute Ergebnisse und bestätigte die Idee, dass prinzipiell Krabben kontaktlos-maschinell entschält werden können. Von 6 Krabben wurden im Pilotversuch 5 komplett entschält und eine Krabbe wurde zerstört (Abbildung 3.6).

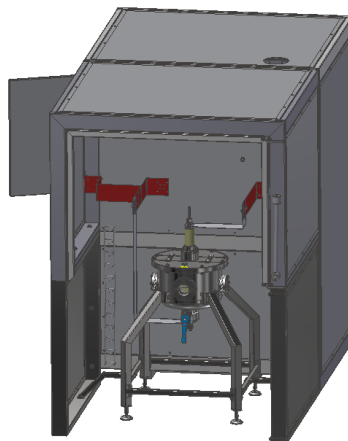
Die hier genannten Ergebnisse stammen aus einer der ersten Testreihen, die vor allem dem grundsätzlichen Funktionsnachweis dienten. Bereits in dieser Phase wurden unterschiedliche Konfigurationen erprobt – unter anderem hinsichtlich der Produkthanordnung, der Füllmenge und der Einwirkdauer – um erste Erkenntnisse über ihre Auswirkung auf das Entschälergebnis zu gewinnen.

**Abbildung 3.6: Das Ergebnis der Entschälversuche mit der Einheit 1**

Quelle: Günter Klever

#### *Batch-Einheit 2*

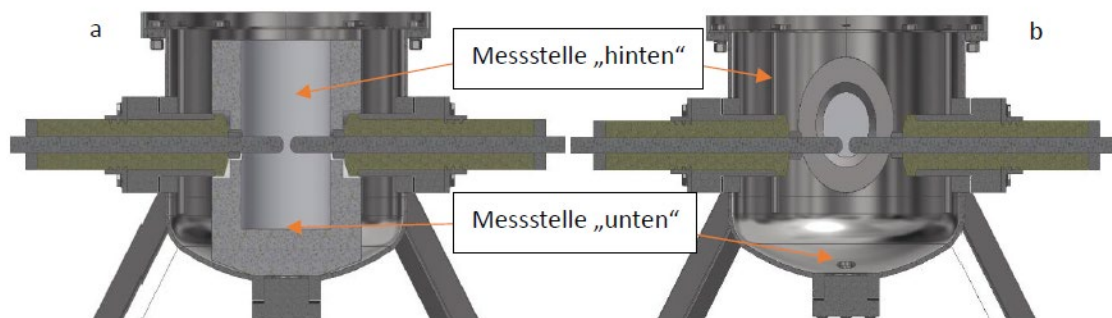
Die erste Versuchseinheit erwies sich hinsichtlich Materialfestigkeit und Isolierung als begrenzt belastbar. Zudem führte die fehlende räumliche Trennung zwischen Wellenerzeugung und Produktkammer gelegentlich zu direkten Entladungen auf das Versuchsgut. Auf Grundlage dieser ersten Versuchsergebnisse der Batch-Einheit 1 vom Beginn des Jahres 2023 wurde dann eine größere Entschälereinheit gebaut (Batch-Einheit 2). Ziel war es, technische Schwachstellen der ersten Einheit zu beheben, die Effizienz der Wellenerzeugung zu erhöhen und reproduzierbare Schälversuche unter praxisnahen Bedingungen zu ermöglichen.

**Abbildung 3.7: Batch-Einheit 2**

Quelle: eigene Darstellung

Ein Teil der Arbeiten umfasste die Analyse der Druckverteilung im Behälter in Abhängigkeit von konstruktiven Merkmalen und Anordnungen einzelner Bauteile. Für diese Untersuchungen wurden keine Krabben eingesetzt; stattdessen war der Behälter vollständig mit Wasser gefüllt. Die Messung der Druckverteilung erfolgte mit drucksensitiver Folie an verschiedenen Positionen innerhalb des Behälters, siehe Abbildung 3.8 und wurde für zwei unterschiedliche Behälterdurchmesser (150 mm und 400 mm) mehrfach wiederholt. Dabei zeigte sich, dass kleinere Behälter (Durchmesser: 150 mm) höhere Spitzenwerte erzeugen, wobei die Intensität bereits nach kurzer Distanz deutlich abnimmt. Im kleineren Behälter wurden dabei Maximaldrücke im Bereich von  $19,22 \pm 1,41$  MPa bis  $25,54 \pm 0,88$  MPa ermittelt. Im Vergleich dazu lagen die im großen Behälter (Durchmesser: 400 mm) gemessenen Maximaldrücke signifikant niedriger und betragen zwischen  $4,87 \pm 0,18$  MPa und  $5,25 \pm 0,18$  MPa.

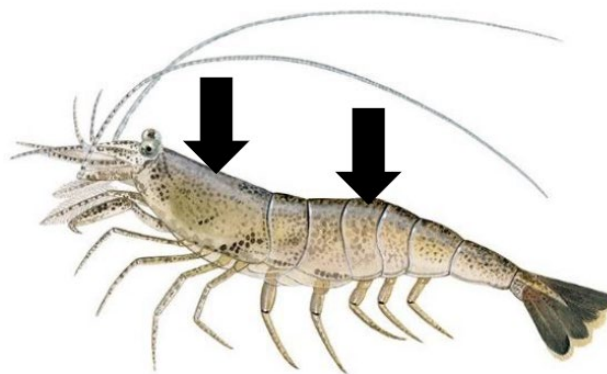
**Abbildung 3.8:** (a) schematische Darstellung der Versuchsanordnung mit dem kleinen Behälterdurchmesser inklusive der der Markierungen der Positionen der Messstellen, (b) schematische Darstellung der Versuchsanordnung mit großem Behälterdurchmesser inklusive der Markierung der Positionen der Messstellen.



Quelle: eigene Darstellung

Zusätzlich wurden Festigkeitsmessungen am Panzer der Nordseekrabbe (*Crangon crangon*) durchgeführt. Hierbei wurde sowohl am Kopf- als auch am Schwanzbereich die notwendige Bruchkraft bestimmt (siehe Abb. 3.9).

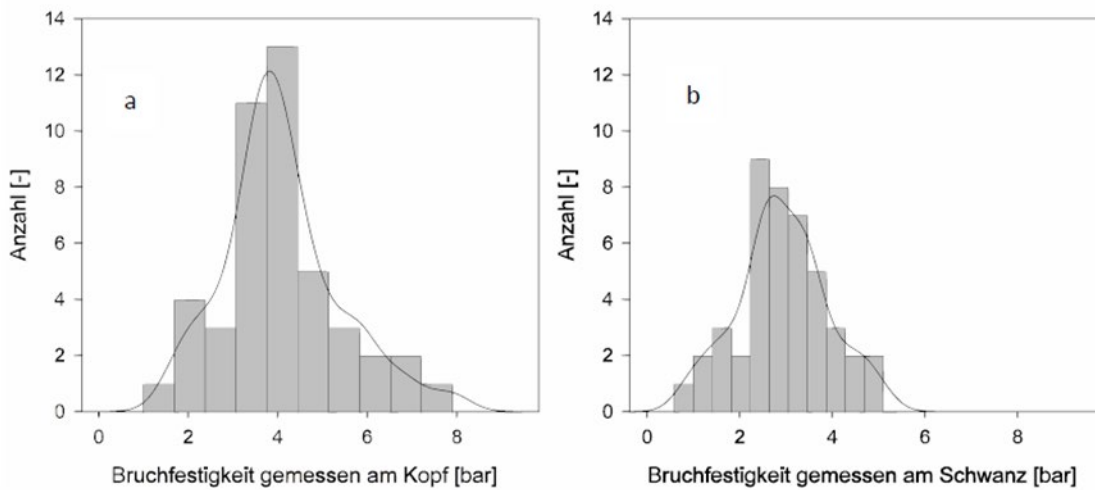
**Abbildung 3.9:** Messstellen zur Bestimmung der Bruchfestigkeit des Panzers von Nordseekrabben. Schwarze Pfeile markieren die Messpunkte



Quelle: eigene Darstellung

Pro Messpunkt wurden mindestens zehn Messungen vorgenommen, um Mittelwerte und Standardabweichung zu ermitteln. Dabei zeigte sich, dass die Bruchkraft im Kopfbereich ( $4,1 \pm 1,3$  bar) deutlich höher ist als im Schwanzbereich ( $2,9 \pm 0,98$  bar) (Abbildung 3.10).

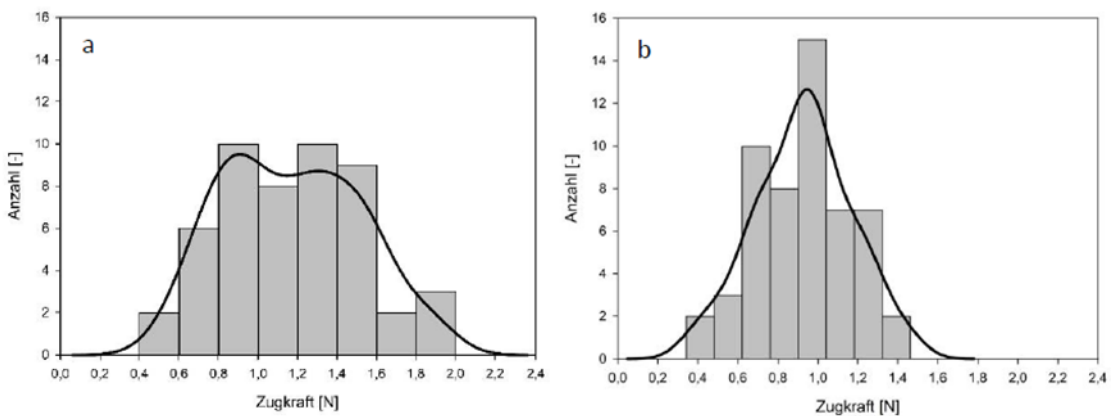
Abbildung 3.10: Histogramm der Messungen der Bruchfestigkeit (a) am Kopf und (b) am Schwanz.



Quelle: eigene Darstellung

Zugkraftmessungen zur Ablösung des Fleisches zeigten, dass die Behandlung die erforderliche Kraft zur Ablösung des Panzers signifikant reduzierte, gleichzeitig, aber zu unerwünschter Weichheit des Krabbenfleisches führte, siehe Abbildung 3.11.

Abbildung 3.11: Histogramm der Messung der Zugkraft, um das Fleisch des Krabbenchwanzes aus dem Panzer auszulösen. a) unbehandelt, b) behandelt.



Quelle: eigene Darstellung

Die Schälversuche zeigten im Vergleich zu den vorangegangenen Pilotversuchen mit der Batch-Einheit 1 eine deutliche Verbesserung der Ergebnisse. Als Referenz dient dabei sowohl die Ausgangsbefunde unbehauelter Krabben als auch die in der ersten Versuchseinheit erzielten Schälgrade. Für die Schälversuche wurden jeweils 500 g aufgetaute Krabben in eine Behandlungskammer gefüllt. Anschließend wurde die Kammer verschlossen und mit 120 bis maximal 150 Impulsen behandelt. Der Schälgrad der Krabben wurde nach 60 und 120 Impulsen visuell kontrolliert. Nach Abschluss der Behandlung wurden die Krabben unter fließendem Wasser gewaschen, gesiebt, und abgetropft. Zusätzlich wurde bei jeder Kontrolle die Wassertemperatur gemessen.

Die Auswertung erfolgte visuell durch manuelles Sortieren der behandelten Krabben in drei Kategorien:

- **Vollständig entschält (keine Schalenreste vorhanden)**
- **Teilweise entschält (Schale nur noch am Schwanzbereich vorhanden)**
- **Nicht entschält (Schale weitgehend intakt)**

Zur Dokumentation wurden zusätzlich Fotos der Proben nach den Versuchen angefertigt. Eine automatisierte oder softwaregestützte Bilderkennung kam in diesem Projektabschnitt noch nicht zum Einsatz.

Die hier dargestellten Ergebnisse basieren auf unabhängigen Replikaten, also eigenständigen Versuchsgruppen mit jeweils neu eingesetztem Material. In separaten Zusatztests wurde geprüft, wie sich eine mehrfache Behandlung derselben Charge auf den Schälgrad auswirkt. Dabei zeigte sich, dass zusätzliche Behandlungszyklen den Anteil vollständig entschälter Krabben steigern können, jedoch gleichzeitig das Risiko einer Beeinträchtigung der Fleischqualität erhöhen.

Die Kategorisierung der Proben erlaubt Rückschlüsse auf den Bedarf an Nachsortierungen bzw. Nachbehandlungen: Krabben der Kategorie „teilweise entschält“ könnten in einer nachgelagerten Prozessstufe gezielt weiterbehandelt oder aussortiert werden, um eine vollständige Entschälung zu erreichen.

Die visuell ausgewerteten Ergebnisse sind der Tabelle 3.3 zu entnehmen, dabei bedeutet teilweise entschält, dass die Krabben nur noch am Schwanz nicht entschält waren (s. auch Abbildung 3.12).

**Tabelle 3.3: Ergebnis der visuellen Auswertung der Entschälversuche mit der Batcheinheit 2**

Versuchs Nr.	Vollständig geschält in%	Teilweise geschält in%	Ungeschält in%
1	22,6	45,5	31,9
2	23,5	44,6	31,9
3	32,7	42,5	24,8
4	31,9	43,9	24,2

Quelle: eigene Darstellung

**Abbildung 3.12: Ergebnisse der Schälversuche 1 – 4 (im Uhrzeigersinn), der Batcheinheit 2.**



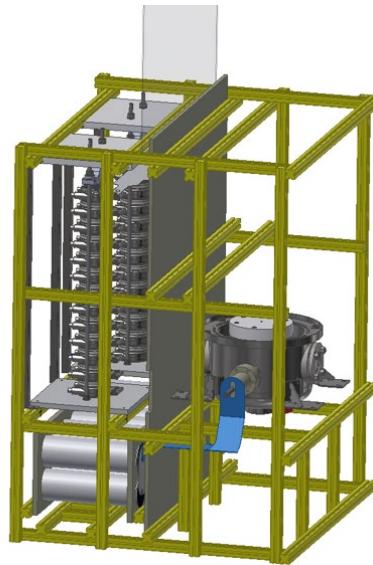
Quelle: Günter Klever

### *Batch-Einheit 3*

Bei der dritten Versuchsanlage (Batch-Einheit 3) wurde das technische System überarbeitet, um die in vorherigen Versuchen festgestellten Einschränkungen (hoher Verschleiß, hoher Zeiteinsatz, manchmal nur teilweise Entschälung an den Abdominalsegmenten (Schwanzende etc. ) zu beheben. Der grundlegende Versuchsaufbau entsprach dem der Batch-Einheit 2: Behältervolumen, Füllmengen, Probenart und -größe (unverarbeitete

Nordseekrabben mit einer durchschnittlichen Körperlänge wurden konstant gehalten, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

**Abbildung 3.13: Batch-Einheit 3**



Quelle: eigene Darstellung

Nach dieser Anpassung zeigte sich eine allgemeine Verringerung der im Verfahren entstehenden Druckbelastung auf Werte zwischen 7–11 MPa, im Vergleich zu früheren Spitzenwerten von bis zu 14 MPa. Dies weist darauf hin, dass die eingesetzte Energie nach dem Umbau schneller abklang.

Für die ersten Schälversuche wurden 300 g tiefgefrorene Nordseekrabben verwendet, die nach dem Auftauen in die Behandlungskammer eingelegt wurden. Es zeigt sich auch, dass in manchen Entschälversuchen weniger beschädigte Krabben auftraten (Abbildungen 3.14 und 3.15). Jedoch wurden in diesen Versuchen keine vollständig geschälten Krabben erzielt, siehe Tabelle 3.4.

**Tabelle 3.4: Visuelle Auswertung der Schälversuche mit Batch-Einheit 3**

Parameter	Vollständig geschält [%]	Teilweise geschält [%]	Ungeschält [%]
20 Impulse	0	21,9	78,1
30 Impulse	0	38,1	61,9
20 Impulse	0	53,7	46,3
30 Impulse	0	52,1	47,9

Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich zur Batch-Einheit 2 fielen die Ergebnisse der Batch-Einheit 3 weniger zufriedenstellend aus. Hauptursache hierfür ist, dass der Aufbau und die Inbetriebnahme des neuen Generators wesentlich mehr Zeit in Anspruch nahmen, wodurch bislang keine ausreichenden Versuchsreihen zur Feinabstimmung der Betriebsparameter durchgeführt werden konnten. Im Gegensatz zur Batch-Einheit 2 steht die Batch-Einheit 3 daher noch am Beginn der Prozessoptimierung.

**Abbildung 3.14:** Aufnahmen der Ergebnisse der Schälversuche. Oben: Übersichtsaufnahmen der Versuchsergebnisse, unten: Detailaufnahmen der Versuchsergebnisse.



Quelle: Günter Klever

**Abbildung 3.15:** Aufnahmen der Ergebnisse der Schälversuche. Oben: Übersichtsaufnahmen der Versuchsergebnisse, unten: Detailaufnahmen der Versuchsergebnisse.



Quelle: Günter Klever

## Verzögerungsgründe

Der Bau eines neuen Generators war erforderlich, da die ursprünglich in Batch-Einheit 2 eingesetzte Technologie hinsichtlich der Gleichmäßigkeit des Energieeintrags nicht die angestrebte Prozessstabilität bot. Ziel war es, eine reproduzierbare und gleichmäßig verteilte Einwirkung im gesamten Behandlungsraum zu erreichen. Hierzu war ein anderes Energiespeicherkonzept notwendig, das mit den zuvor eingesetzten Komponenten nicht umgesetzt werden konnte.

Die umfangreichen Verzögerungen während des Umbaus des Generators waren primär auf Probleme bei der Beschaffung kritischer Elektrokomponenten zurückzuführen. Ursprünglich geplante Schaltelemente wurden bisher ausschließlich von einem russischen Hersteller bezogen. Aufgrund geopolitischer Entwicklungen und des daraus resultierenden Embargos standen diese nicht mehr zur Verfügung. Die Bauteile erfüllten besondere Anforderungen an Schaltgeschwindigkeit, Spannungsfestigkeit und Wiederholrate, die von handelsüblichen Alternativen nicht erreicht wurden.

Weltweit wurde nach geeigneten Ersatzkomponenten gesucht. Da kein Standardprodukt die erforderlichen Eigenschaften aufwies, wurde eine komplett neue technische Lösung konzipiert. Diese erforderte eine vollständige Anpassung der Peripherie und Steuerung.

Insgesamt führten diese Faktoren – insbesondere die Nichtverfügbarkeit kritischer Komponenten aufgrund geopolitischer Entwicklungen, die erforderliche Neuentwicklung sowie die Anpassung – zu signifikanten Verzögerungen im Projektablauf. Die entstandenen Herausforderungen konnten jedoch durch die entwickelten Alternativen letztendlich gelöst werden, und der Umbau konnte abgeschlossen werden.

Die Notwendigkeit dieser Änderungen ergab sich erst im Laufe der Tests mit Batch-Einheit 2, als deutlich wurde, dass die bisherige Technik in der Serienanwendung zu ungleichmäßigen Ergebnissen führte. Eine parallele Umsetzung war aufgrund der Abhängigkeit von den Testergebnissen nicht möglich.

Allerdings konnte die Parameter-Optimierung sowie umfangreichere Entschälversuche mit der umgebauten Versuchseinheit nicht mehr abschließend durchgeführt werden und so standen auch keine Informationen zur Abschätzung der Wirtschaftlichkeit der alternativen Entschältechnik zur Verfügung.

Die folgende Übersicht (Tab. 3.5) fasst die einzelnen Entwicklungsphasen, technischen Fortschritte sowie die aufgetretenen Herausforderungen und deren Hintergründe zusammen. Sie verdeutlicht die Komplexität des Entwicklungsprozesses und die Verzögerungen.

**Tabelle 3.5: Zeitlicher Ablauf der Versuche und Erläuterungen**

Jahr / Phase	Technische Fortschritt	Einheit	/	Aufgetretene Probleme / Verzögerungen	Hintergrund und Bedeutung
Vor Projektbeginn					
2019–2020	Laborphase Grundlagenforschung. elektrohydraulische Wellenversuche vakuumverpackten Fleischprodukten.	DIL Erste mit	–	Keine größeren Probleme, Fokus auf Grundlagen.	Grundlagen für spätere Übertragung auf Krabben; Technologie ursprünglich nicht für empfindliche Produkte konzipiert.
2021	Übertragung des Prinzips auf Nordseekrabben. einer Anpassung der	Planung der DIL-		Fehlen geeigneter Versuchszellen, keine hygienische Trennung	Erkenntnis: Es muss ein neues, speziell für Nordseekrabben ausgelegtes System entwickelt werden.

Anlage für von Schallquelle und Kleinstmengenversuche. Produkt.

Nach Projektbeginn

Frühjahr 2022	– Laborprototyp. Behandlung vakuumverpackter Krabben	hoher Verschleiß.	Wichtiger Machbarkeitsnachweis: Erste Teilentschälungen erzielt, physikalisches Prinzip bestätigt.
Herbst/Winter 2022/2023	Konzeptphase Batch 1 – Analyse und Umbauplanung.	Hoher Stromverschleiß, Lichtbogenbildung, starke Wasserverunreinigung.	Entscheidung zur räumlichen Trennung von Entladung und Produkt – Grundlage für Batch 2.
Frühjahr 2023	Batch-Einheit 2 – Technischer Prototyp mit getrennten Kammern und Membran.	Hohe Fertigungskosten, komplexer Aufbau, schwierige Kalibrierung der Messsysteme.	Erstmals stabiler Betrieb und reproduzierbare Messungen möglich.
Sommer–Herbst 2023	Messreihen Batch 2 – Druck- und Schälversuche	Teilweise Membranrisse, schwankende Prozesswerte, Fleischqualität nicht stabil.	Erstmals signifikante Teil-Entschälung (bis 33 %) – Nachweis des Wirkmechanismus.
Ende 2023	Umbau des Generators (Generator II) – Erweiterung der Schallquelle	Zeitaufwändige Anpassung, Kalibrierungsprobleme bei Ersttests.	Erweiterte Steuerung und präzisere Energieeinträge ermöglicht.
Anfang 2024	Lieferengpässe und Bauteilprobleme.	Elektronische Schalter für den neuen Generator wegen Embargo gegen Russland nicht mehr beschaffbar.	Entwicklung musste auf eigene Schalter umgestellt werden – Zeit- und Kostenverzögerung.
Anfang 2025	Batch-Einheit 3 – Neuer Generator.	Reduzierte Druckleistung (7–11 MPa), veränderte Impulsform, fehlende Testzeit zur Optimierung.	Technisch funktionsfähig, aber geringere Energieübertragung – weitere Parametrierung nötig.

Quelle: eigene Darstellung

Die Entwicklung einer neuartigen, elektrohydraulischen Wellenanlage zur kontaktlosen Entschälung von Nordseekrabben stellt eine komplexe interdisziplinäre Aufgabe dar. Das Projekt musste physikalisch neue Parameterfelder erschließen und zugleich elektrotechnische, werkstofftechnische und lebensmittelhygienische Anforderungen vereinen. Jede Prototypgeneration diente dazu, eine konkrete technische Schwäche zu beheben. Die damit verbundenen Umbauten, Materialtests und Kalibrierungen verursachten unvermeidbar hohe Kosten und Zeitaufwand, lieferten aber jeweils entscheidende Erkenntnisse für die nächste Entwicklungsstufe. Das Verständnis dieser iterativen Entwicklungsprozesse ist zentral, um die tatsächlichen Fortschritte und den technologischen Wert der Investitionen richtig einzuordnen.

### 3.4 Wellenerzeugung mittels Piezoelementen

Zur Ergänzung der bisherigen Untersuchungen zur elektrohydraulischen Wellenerzeugung wurden ergänzende Versuche mit Piezoelementen durchgeführt. Ziel war es, die technische Eignung des piezoelektrischen Prinzips zur kontaktlosen Entschälung von Nordseekrabben unter vergleichbaren Rahmenbedingungen zu bewerten.

Bei der piezoelektrischen Wellenerzeugung wird bei bestimmten Materialien (z. B. PZT-Keramik, Quarz, Aluminium-Nitrid) unter elektrischer Spannung eine mechanische Deformation erzeugt. Durch schnelle Impulse werden diese Materialien kurzzeitig verformt und erzeugen dadurch präzise gerichtete Wellen im umgebenden Medium (Wasser). Vorteile dieser Technologie liegen in der hohen Steuerbarkeit, geringen Baugröße und der Möglichkeit, Impulsform, Frequenz und Energie exakt zu kontrollieren.

#### Technischer Aufbau und Durchführung

Für die Versuchsreihen wurde ein Piezoaktor verwendet, betrieben mit einem Generator und einem programmierbaren Signalgenerator

Der Aktor konnte in zwei Konfigurationen betrieben werden:

- Vertikaler Aufbau: Aktor oberhalb des Edelstahlbehälters (Wellen wirken nach unten auf die Krabben),
- Horizontaler Aufbau: Aktor seitlich am Behälter (Wellen wirken horizontal durch das Wasser).

Pro Versuch wurden 150–500 g Krabben eingesetzt, die vollständig in Wasser eingetaucht waren. Nach jedem Versuch erfolgte eine visuelle Begutachtung hinsichtlich vollständiger oder teilweiser Schalenablösung.

#### Ergebnisse

Innerhalb des getesteten Frequenzbereichs zeigten sich keine sichtbaren Ablösungen der Schale. Sowohl vollständige als auch partielle Entschälungen konnten nicht beobachtet werden. Auch mechanische Beschädigungen oder Veränderungen der Krabben traten nicht auf. Die Versuche wurden sowohl in horizontaler als auch vertikaler Aktoranordnung durchgeführt, jedoch ohne erkennbare Unterschiede im Ergebnis.

Eine ergänzende Analyse ergab, dass die eingesetzte Energieübertragung unzureichend war, um die Bindekräfte zwischen Schale und Fleisch zu überwinden. Es wird angenommen, dass die erzeugten Wellen nicht die notwendige Intensität erreichten oder die Frequenzen außerhalb des Resonanzbereichs der Krabbenschale lagen. Eine ergänzende Messung mittels Oszilloskops zur Analyse der tatsächlichen Impulsform und Wellenintensität wurde als empfehlenswert identifiziert, um künftige Energieverluste und Fehlanpassungen in der Übertragung zu erkennen.

### 3.5 Vergleich der Entschälungstechniken und fiktives Schälzentrum

#### Aktuelle Situation und Herausforderungen

Derzeit erfolgt das Entschälen von Nordseekrabben überwiegend manuell in Marokko. Diese Praxis verursacht lange Transportwege und Abhängigkeiten von wenigen großen Handelsunternehmen, was die Verhandlungsmacht kleiner und mittelständischer Fischerbetriebe erheblich einschränkt. Bestehende maschinelle Verfahren zeigen erhebliche Nachteile (siehe auch Kapitel 3.1, 5.2 & 6.8):

- Eingeschränkte Kapazität und geringe Effizienz
- Beschädigungen des empfindlichen Krabbenfleisches
- Hoher Wartungsaufwand und geringer Automatisierungsgrad

## Vergleich verschiedener Schältechniken

Im Rahmen des Projekts wurden gängige Schältechniken hinsichtlich Automatisierungsgrad, Produktqualität, Hygieneanforderungen und Wirtschaftlichkeit qualitativ verglichen. Die Bewertung erfolgte auf Grundlage von Literaturquellen, branchenspezifischen Erfahrungswerten und den im Projekt erzielten Erkenntnissen:

- Manuelle Schälung: Aktuell in der Praxis am weitesten verbreitet. Sie erzielt eine hohe Fleischausbeute und Produktqualität, ist jedoch außerhalb regionaler Strukturen ethisch und sozial umstritten (Arbeitsbedingungen in Drittländern) und ggf. mit hohen Lohnkosten verbunden (je nach Land). Bei regionaler Durchführung können diese Bedenken entfallen.
- Mechanische Schälmethoden (Schleifscheiben, Reißhaken, Schälmesser): In der Literatur dokumentierte Verfahren zeigen eine deutlich geringere Produktqualität, hohen Materialverschleiß und erhöhte Hygieneanforderungen.
- Enzymatische oder chemische Methoden: Problematisch in Bezug auf Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz, da chemische Zusätze und lange Einwirkzeiten erforderlich sind
- Kontaktlose Technologie: Bieten theoretisch das Potenzial für eine schonende Behandlung, einen hohen Automatisierungsgrad und gute Hygienebedingungen. Die tatsächliche Umsetzung dieser Vorteile konnte im vorliegenden Projekt nur teilweise belegt werden, da wesentliche technische Optimierungen (z. B. Materialstabilität, Prozessgleichmäßigkeit) noch ausstehen. Zudem könnten zukünftig neben den Investitionskosten auch variable Kosten (Energie, Wartung) relevant werden.

## Schlussfolgerungen für die kontaktlose Technologie

Die im Projekt durchgeführten Versuche haben folgende belastbare Erkenntnisse erbracht:

1. Es konnte gezeigt werden, dass unter bestimmten Randbedingungen eine teilweise oder vollständige Entfernung des Panzers ohne direkten mechanischen Kontakt möglich ist.
2. Die Ergebnisse der Batch-Einheit 2 waren im Mittel erfolgreicher als die mit Batch-Einheit 3, was insbesondere auf den fortgeschritteneren Optimierungsstand und den längeren Testzeitraum der Batch-Einheit 2 zurückzuführen ist.
3. Die Druck- und Härtemessungen lieferten wichtige Grundlagenwerte für die weitere Auslegung von Prozessparametern und Komponenten.

Technische Herausforderungen bestehen weiterhin in den Bereichen Materialverschleiß, Stabilität von Komponenten und gleichmäßige Energieverteilung.

## Offene Forschungsarbeiten und weitere Schritte

Um die kontaktlose Technologie weiterzuentwickeln und wirtschaftlich nutzbar zu machen, sind folgende Forschungsarbeiten und Optimierungsschritte erforderlich:

- Materialforschung: Erprobung alternativer Materialien zur Reduzierung des Verschleißes, um Standzeiten zu erhöhen.
- Behälteroptimierung: Design von Behandlungskammern, die den Druck gezielt und effizient nutzen.
- Membranoptimierung: Entwicklung stabilerer Membranmaterialien zur Reduzierung von Ausfällen.
- Erweiterte Grundlagenforschung: Detaillierte Erfassung morphologischer und mechanischer Eigenschaften der Krabben sowie deren Variation über Fanggebiete und Jahreszeiten.
  - Ermittlung der Eigenresonanz der Garnelen: Numerische FEM-Analysen und experimentelle Untersuchungen zur Bestimmung der optimalen Schallfrequenzen für kontaktlose Entschälung.

- Experimentelle Validierung: Einsatz von Frequenz-Sweeps, Highspeed-Kameras und Laser-Vibrometern, um Schwingungsmuster und Resonanzfrequenzen der Krabbenpanzer exakt zu bestimmen.
- Parameter- und Qualitätstests: Bestimmung der optimalen Betriebsparameter für eine maximale Schälrate bei minimaler Beeinträchtigung der Fleischqualität.
  - Hygienische Sicherheit und Haltbarkeit: Untersuchung der Auswirkungen der Behandlung auf mikrobiologische Qualität und Haltbarkeit der Krabbenprodukte und Einfluss der Vorbehandlung: Prüfung gezielter Vorbehandlungen der Krabben (Temperaturveränderungen, Vorwässerung oder chemische Verfahren) zur Verbesserung der Entschälungseffizienz und Produktqualität.
  - Qualitätserhalt des Krabbenfleisches: Identifikation optimaler Parameter, die eine Entschälung mit minimaler Beeinträchtigung der Textur und sensorischen Qualität des Fleisches ermöglichen.
  - Echtzeit-Monitoring: Entwicklung geeigneter Sensortechnologien und Messsysteme zur Echtzeitüberwachung der Entschälungseffizienz und -qualität im kontinuierlichen Betrieb.
- Energieeffizienzsteigerung: Optimierung des Verhältnisses von Energieverbrauch zu erzieltm Schälgrad.
  - Energetische Optimierung: Analyse und Optimierung des Verhältnisses zwischen Energieverbrauch und Leistung zur Senkung der Betriebskosten.
- Skalierbarkeit und Prozessintegration: Konzeption eines kontinuierlichen Verfahrens und Integration in bestehende Verarbeitungslinien.
  - Integration in Prozessketten: Entwicklung von Konzepten zur optimalen Integration der kontaktlosen Entschälung in bestehende nachgelagerte Verarbeitungsschritte (Reinigung, Sortierung, Verpackung).
- Nachhaltigkeitsbewertung: Ökobilanzierung und Bewertung der Ressourceneffizienz.

### Konzept für ein fiktives Schälzentrum

Ein ideales Schälzentrum könnte wie folgt aufgebaut sein:

- Standort:

Strategisch günstig gelegen, etwa im Raum Cuxhaven, Büsum oder Greetsiel, zur optimalen Nutzung regionaler Ressourcen und Infrastruktur. Hierzu zählen insbesondere der direkte Zugang zu frischen Nordseekrabben, da diese Orte zentrale Anlandestellen der regionalen Krabbenfischerei sind. Bestehende Logistiknetzwerke mit gut ausgebauten Verkehrswegen, Hafenanlagen, Lager- und Kühlkapazitäten erlauben schnelle und effiziente Prozesse von der Anlieferung bis zur Distribution. Die Integration in bestehende regionale Wirtschaftsstrukturen und Netzwerke eröffnet zusätzliche Synergien, beispielsweise durch Kooperationen mit Fischereigenossenschaften sowie lokalen Unternehmen der maritimen Wirtschaft und Verpackungsindustrie. Zur energieintensiven möglichen Weiterverarbeitung von anfallenden Schälresten wäre z. Bsp. auch die Nähe zu Abwärme-produzierenden Anlagen mitzudenken (siehe Anhang 2). Letztlich trägt eine lokale Verarbeitung der Krabben nicht nur zur Erhöhung der regionalen Wertschöpfung bei, sondern verbessert auch die ökologische Bilanz durch verkürzte Transportwege.

- Technologie:

Basierend auf einer kontaktlosen Entschälanlage:

- Verarbeitungsablauf:
  - Direkte Verarbeitung der Nordseekrabben unmittelbar nach dem Fang, um höchste Frische und Qualität sicherzustellen.
  - Integration automatischer Sortier- und Kontrollmechanismen, um eine optimale Schälleistung zu gewährleisten.

- Flexible Kapazitätssteuerung, beispielsweise durch mobile Einheiten, die saisonal variierende Fangmengen optimal bedienen können.
- Ökologische und soziale Nachhaltigkeit:
  - Reduktion des ökologischen Fußabdrucks durch Wegfall des Transports der Krabben zur Entschälung nach Marokko.
  - Verbesserung der Arbeitsbedingungen und lokale Wertschöpfung durch direkte Arbeitsplätze im Verarbeitungszentrum und umliegenden Betrieben.
- Vermarktungsstrategie:
  - Regionale Marke, die auf Qualität, Frische, Nachhaltigkeit und Transparenz setzt.
  - Direkte Absatzkanäle an lokale Gastronomie, Einzelhandel und touristische Einrichtungen.
  - Aufbau langfristiger Partnerschaften mit regionalen Akteuren (Tourismusverbände, Gastronomie, Handel).

### 3.6 Schlussfolgerungen

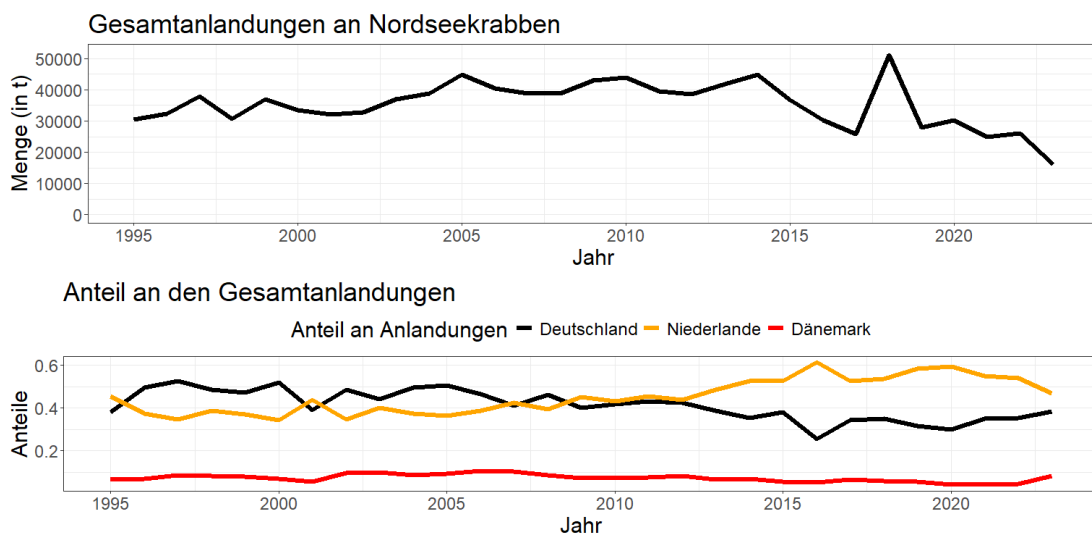
Das Projekt hat zentrale technische Grundlagen für die Entwicklung einer kontaktlosen Entschältechnik geschaffen. Die erzielten Ergebnisse belegen die prinzipielle Machbarkeit und liefern wichtige Basisdaten für die weitere Entwicklung. Gleichzeitig zeigen die Resultate, dass die Technologie noch nicht ausgereift ist und vor einer industriellen Einführung Optimierungsbedarf besteht. Ein regionales Schälzentrum, das auf dieser Technologie basiert, könnte langfristig Vorteile für Wertschöpfung, Arbeitsplätze und Umwelt bringen – setzt jedoch die schrittweise Erprobung und Skalierung in Pilotanlagen voraus.

## 4 Effizienzanalyse der Krabbenfischerei

### 4.1 Einleitung

Im Arbeitspaket 3 stand die Effizienz der Krabbenfischerei im Zentrum der Analysen. Zudem sollte das Arbeitspaket mögliche Querverbindungen zur Wertschöpfungskette mit Blick auf mögliche Marktwirkungen durch den Aufbau einer vollständig regionalen Wertschöpfungskette untersuchen. Abschließend wurden weitere sich aus dem Projektverlauf ergebende Analysen in Hinsicht auf Preisentwicklungen und andere relevante Projektergebnisse durchgeführt. Insgesamt befasste sich dieses Arbeitspaket dementsprechend mit daten-gestützten Analysen der vergangenen Entwicklungen in der Krabbenfischerei, um daraus Lehren und Empfehlung für die zukünftige Weiterentwicklung des Sektors in Bezug auf die geplante Etablierung der im Projekt entwickelten Maschine abzuleiten. Hierbei wurden die Untersuchungen insbesondere durch die in Abbildung 4.1 gezeigte Entwicklung der Fangmengen motiviert. Wie die Abbildung zeigt, waren die Anlandungen bis etwa ins Jahr 2014 bei einem leicht positiven Trend relativ stabil. Seitdem sanken die Mengen, mit Ausnahme des Jahres 2018, deutlich, wodurch auch die erzielbaren Fangmengen bzw. die Produktionsmöglichkeiten jedes Schiffes tendenziell negativ beeinflusst wurden. Zudem hat sich in den letzten Jahrzehnten der Anteil, welcher von den unterschiedlichen nationalen Flotten erzielt wurde, verschoben. In diesem Zeitraum hat sich der Anteil, der durch die niederländische Flotte angelandet wurde, vergrößert, während der Anteil der deutschen Flotte sich reduziert hat. Der Anteil der dänischen Flotte war in allen Jahren deutlich kleiner und zuletzt rückläufig. Diese Abbildung der Gesamtanlandungen bzw. die Gesamterträge der Flotte zeigt ein gutes Bild der erzielten Leistungen der Flotten. Um die Produktivität der Flotte und die Effizienzen der einzelnen Schiffe zu analysieren, müssen die Anlandungen allerdings im Verhältnis zum jeweiligen Fischereiaufwand gesehen werden. Dies war Kern der nachfolgenden Analysen.

**Abbildung 4.1: Entwicklung der Anlandemengen für Nordseekrabben (über alle Fangnationen) und deren Anteil in den wichtigsten Ländern.**



Quelle: eigene Darstellung

Zur Beantwortung der Forschungsfragen wurde im Arbeitspaket eine breite Palette von Methoden angewendet. Diese umfassten unter anderem parametrische Effizienzanalysen, Wertschöpfungskettenanalyse, Literaturanalysen und Zeitreihenanalysen. Zudem wurden Erkenntnisse, die in den anderen Arbeitspaketen gewonnen wurden, für die Beantwortung der Forschungsfrage eingesetzt.

## 4.2 Effizienzanalyse

Studien der technischen Effizienz sind eine sehr häufig in der Literatur zu findende Analysetechnik zur Evaluierung der Produktionen von Entscheidungseinheiten, die von unterschiedlichsten Fragestellungen motiviert sind (Sickles und Zelenyuk 2019). Da die Analyse von Unternehmensdaten oft mit fehlenden Informationen und Ungewissheit behaftet sind, wurden zur Effizienzanalyse Techniken entwickelt, die der ökonomischen Idee einer rationalen Bewertung möglichst nahekommen. Die jeweils verglichenen Entscheidungseinheiten können zum Beispiel Schiffe, landwirtschaftliche Betriebe, Fabriken, Krankenhäuser, Banken, Staaten oder auch Nichtregierungsorganisationen sein. Zentral für die Aussagekraft und Fairness der Bewertung ist, dass die Produktionen der jeweils verglichenen Entscheidungseinheiten ausreichend ähnlich sind. Entsprechend ist der Vergleich der Anlandungen aller in einem Zeitraum aktiven Krabbenkutter sinnvoll und zielführend. Dann erlaubt diese Form des Benchmarkings eine datengestützte Evaluierung der Produktion mit unterschiedlichsten Fragestellungen. Dabei geht es grundsätzlich um die Frage, welche Entscheidungseinheit besser darin war die eingesetzten Mengen an Inputfaktoren in Produktionsmengen zu transformieren (Bogetoft und Otto 2011).

Die erzielten Ergebnisse erlauben dann Aussagen über die Verteilung der Effizienzen und die Untersuchung, welche weiteren Faktoren Unterschiede zwischen den erzielten Effizienzen erklären können. Diese erklärenden Faktoren können dann verwendet werden, um Empfehlungen abzugeben, wie die Effizienz der Produktion in der Zukunft verbessert werden kann. Was allerdings nicht möglich ist, ist ein direkter Vergleich der ermittelten Effizienzen zwischen unterschiedlichen Effizienzanalysen, da die Effizienzen immer nur eine Bewertung in Relation zur Stichprobe sind. Bei unterschiedlichen Effizienzanalysen ändert sich entsprechend die Bewertungsgrundlage durch unterschiedliche Stichproben (Bogetoft und Otto 2011, Sickles und Zelenyuk 2019).

Effizienzanalysen zu Fischereien sind ein häufiges Anwendungsfeld und entsprechend gibt es eine große Vielzahl an publizierten Studien. Eine der ersten Studien, Salvanes und Frode (1994), untersuchte zum Beispiel, ob Glück oder die Fähigkeiten der Fischerinnen und Fischer die Unterschiede bei den Anlandemengen besser erklären können. Nachfolgende Studien untersuchten beispielsweise die Effizienz von Fischereikooperativen (Madau et al. 2018), den Effekt von Anpassungen des regulatorischen Umfelds (Felthoven 2002, Villasante und Sumaila 2010, Koemle et al. 2023). Unterschiede zwischen verschiedenen Flotten und Fanggeräten bei der Befischung der gleichen Zielart (Guttormsen und Roll 2011) oder auch Kapazitätsanpassungsmaßnahmen (Quijano et al. 2018).

### Methodik Effizienzanalyse

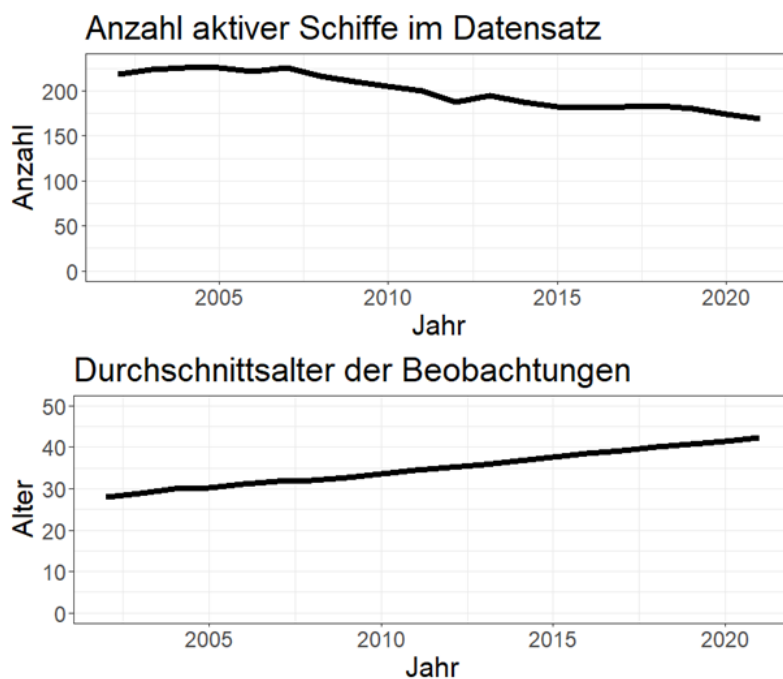
Zuerst wurde die technische Effizienz der Krabbenanlandungen, der im Zeitraum zwischen 2002 und 2021 aktiven Schiffe analysiert. Die aktiven Schiffe der Krabbenflotte wurden nach der neusten Methode der Flottensegmentierung ausgewählt (Sulanke et al. 2025). Zusätzlich wurden weitere Schiffe ausgeschlossen, die durch ihre Größe unterschiedlichen Berichtspflichten unterliegen oder nur selten Nordseekrabben angelandet haben. Die verfügbaren Daten wurden auf eine Beobachtung pro Schiff und Jahr zusammengefügt. Diese enthielten Angaben zum Fischereiaufwand, Anlandungen sowie weiteren Schiffscharakteristika aus den Anlandestatistiken, Logbüchern sowie Schiffsregistrierungsdaten, die von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE) erhoben und bereitgestellt wurden. Die abschließende Stichprobe enthielt knapp 4000 Observationen von 252 verschiedenen Schiffen. Damit haben die enthaltenen Schiffe im Mittel in 16 der 20 Beobachtungsjahre Nordseekrabben angelandet.

Die hier angewendete Stochastic Frontier Analyse (SFA) mit Paneleffekten folgt dem Model nach Green (2005) und enthält stochastische Komponenten für unbeobachtete Schiffscharakteristika. Ziel der SFA ist es, die technische Effizienz jeder Beobachtung bei der Anlandung von Nordseegarnelen und dem dafür benötigten Faktoraufwandes zu schätzen. Dafür wird zuerst auf Basis der Beobachtungen der Zusammenhang zwischen Anlandemengen und Aufwänden geschätzt. Nachfolgend können dann für jede Observation die optimal erzielbaren Anlandemengen berechnet werden. Zur Ermittlung der jeweiligen Schiffseffizienzen werden dann die

beobachteten Anlandungen ins Verhältnis gesetzt zu den jeweils erzielbaren. Da es in der Krabbenfischerei weiterhin keine Schätzungen der jährlichen Bestände gibt, haben wir zusätzlich Parameter für die unterschiedlichen Bedingungen zwischen den Jahren durch das Modell schätzen lassen. Zusätzlich wurden mögliche Erklärungsvariablen für Unterschiede zwischen den Schiffseffizienzen geschätzt. Die detaillierte Vorgehensweise und weitere Ergebnisse dieser Analyse können Sie aus der Veröffentlichung Knöpfel et al. (2025) entnehmen.

Ein zusätzlich geplanter Vergleich der Fangeffizienzen der deutschen Flotte mit der niederländischen Flotte konnte durch fehlende zeitliche Kapazitäten bei Kooperationsinstitutionen in den Niederlanden leider nicht durchgeführt werden.

**Abbildung 4.2: Entwicklung der Anzahl aktiver Schiffe und deren Durchschnittsalters in Datensatz.**



Quelle: eigene Darstellung

### Ergebnisse Effizienzanalyse

Die Effizienzanalyse konnte über eine umfangreiche Literaturstudie zeigen, dass die Krabbenfischerei im Beobachtungszeitraum zwischen 2002 und 2021 zahlreichen Herausforderungen begegnete, die die Entscheidungen und Leistungen der Betriebe beeinflusste.

Zu diesen zählten unter anderem stark schwankende Anlandemengen, die COVID-19-Pandemie und die Marktmacht der Abnehmer. Zudem verschob sich das Verhältnis der Anlandemengen zwischen den wichtigsten Produktionsländern deutlich von Deutschland zu den Niederlanden.

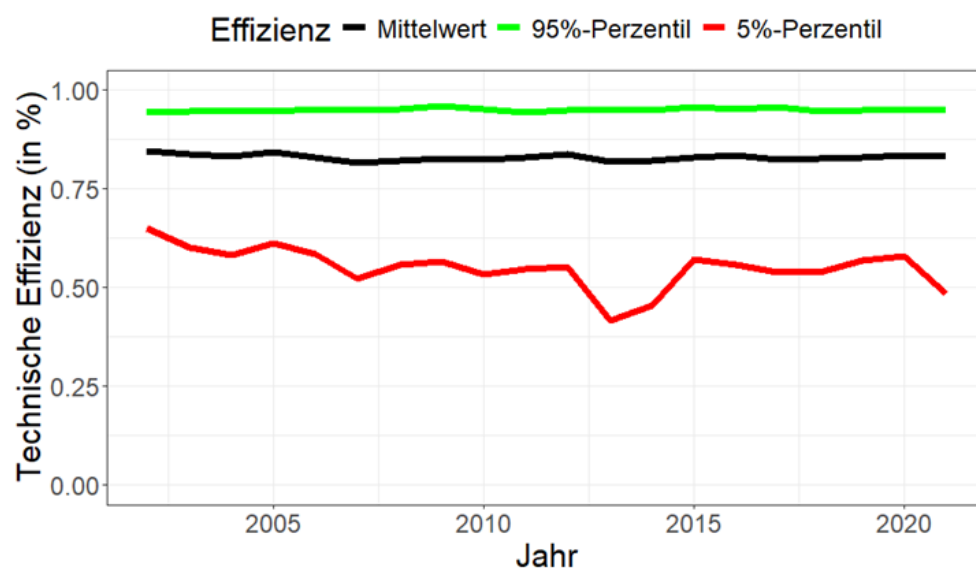
Im untersuchten Datensatz war sowohl die Überalterung der Flotte durch ein Ansteigen des durchschnittlichen Alters von 29 auf 43 Jahren zwischen 2002 und 2021, als auch der Rückgang der aktiven Schiffe von 226 (zuletzt in 2007) auf 169 (in 2021) wiederzufinden. Abbildung 4.2 zeigt hier die genauen Entwicklungen der Anzahl der Schiffe sowie des Durchschnittsalters im Beobachtungszeitraum.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Überalterung der Schiffe einen negativen Effekt auf die Produktionsmöglichkeiten hatte. Zusätzlich konnten wir zeigen, dass die Produktivität, also das Verhältnis zwischen Anlandungen und Fischereiaufwand der Gesamtflotte, stark zwischen den Jahren schwankte. Die

höchste Produktivität wurde 2011 erreicht, im Jahr des 5-wöchigen Streiks der Flotten aus den drei Hauptfangländern Deutschland, den Niederlanden und Dänemark. Die niedrigste Produktivität wurde im Jahr 2016 erzielt, in dem auch die Gesamtfangmenge der deutschen Flotte am niedrigsten war. Zusätzlich konnten wir zeigen, dass Winterfischerei, also Fischereiaktivitäten im Januar oder Februar eines Jahres die jährliche Produktivität dieser Schiffe sinken lassen.

Die weitere Analyse zeigte eine durchschnittliche technische Effizienz von 83%, welche in den einzelnen Jahren relativ ähnlich verteilt ist, dennoch gibt es innerhalb der Jahre zwischen den Schiffen erhebliche Unterschiede. Hierzu zeigt Abbildung 4.3 sowohl den Verlauf der mittleren Effizienz im Zeitablauf wie auch die der 95 und 5% Perzentile. Diese Perzentile zeigen, wie hoch die Effizienzen waren, unter denen die schlechtesten 5% im Jahr lange (5% Perzentil) und über welcher Effizienz die beste 5% im Jahr lagen (95% Perzentil). Hieraus wird ersichtlich, dass es zwischen den erzielten Effizienzen in jedem Jahr sehr deutliche Unterschiede gab. Auch war der Abstand zwischen Mittelwert und den schlechtesten 5% deutlich größer wie zu den besten 5%.

**Abbildung 4.3: Entwicklung der Technischen Effizienzen im Beobachtungszeitraum.**



Quelle: eigene Darstellung

Diese Unterschiede zeigen, dass es Faktoren geben muss, die erklären können, warum die Effizienzen der Schiffe so unterschiedlich waren. Im Datensatz wurden dann mögliche Unterschiedsfaktoren ausgewählt und getestet. Im Rahmen der im Datensatz enthaltenen Variablen wurde gefunden, dass Schiffscharakteristika wie der Besitz durch den Skipper, das Material des Schiffsrumpfs oder auch die Mitgliedschaft in einer Produzentenorganisation Unterschiede zwischen den gefunden Schiffseffizienzen erklären. Der Besitz durch den Skipper, moderne Rumpfmateriale und auch die Mitgliedschaft in einer Erzeugerorganisation verbesserten hier die Effizienz der Schiffe. Im Vergleich sank die Effizienz allerdings, falls das Schiff in den ersten zwei Monate des Jahres aktiv war. Zusätzlich konnte die Analyse zeigen, dass Unterschiede in den Schiffseffizienzen auch mit der Anwesenheit der Schiffe in der Fischerei in Beobachtungszeitraum erklärt werden können und mit der Anzahl an Jahren bis zum Verlassen der Fischerei. Generell zeigte sich hier, dass Schiffe, die die Fischerei verlassen, niedrigere Effizienzen hatten als die anderen Schiffe. Des Weiteren fehlten im Datensatz leider Variablen, die in vorherigen Studien als signifikante Einflussfaktoren identifiziert wurden. Dies waren unter anderem Charakteristika des Kapitäns wie Alter, Bildung und Erfahrung oder auch der Wechsel der Eignerschaft. Die vollständige Analyse ist in Knöpfel et al. (2025) zu finden.

### 4.3 Analyse der Daten des Testbetriebsnetzwerks

Im Anschluss wurden die Ergebnisse aus der Effizienzanalyse mit den Daten aus dem Testbetriebsnetz verknüpft. Hier war die Kernforschungsfrage zu analysieren, ob Investitionen in die Schiffe die technische Effizienz sowie die Profitabilität verbessert haben.

#### Methodik Testbetriebsnetzwerk

Die hier verwendeten Daten stammen aus dem Testbetriebsnetz Fischerei, welches eines von drei Testbetriebsnetzen zur Erhebung von repräsentativen, gesamtbetrieblichen mikroökonomischen Betriebsdaten ist. Diese Daten umfassen eine Vielzahl an Produktionskosten und Erträgen sowie unterschiedliche Betriebsfinanzkennzahlen. Die vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft betreuten Testbetriebsnetze nutzen eine Erhebung von jährlichen Buchführungsergebnissen der teilnehmenden Betriebe zur Information über die Lage des Sektors. Das Testbetriebsnetzwerk ist eine repräsentative Stichprobe des Sektors, um die Wirtschaftlichkeit der aktiven Unternehmen detailliert zu untersuchen. Die Teilnahme der Betriebe ist nur unter gewissen Bedingungen vorgeschrieben und sonst freiwillig. Dementsprechend sind nicht alle aktiven Schiffe in allen Jahren enthalten (BMEL 2025).

#### Ergebnisse Testbetriebsnetzwerk

Im Vergleich zur Effizienzanalyse, in der alle in diesem Zeitraum aktiven Schiffe enthalten sind, ist die Teilnahme am Testbetriebsnetzwerk (TBN) nicht für alle Schiffe verpflichtend. Dementsprechend war der Beobachtungsumfang mit 1399 jährlichen Observationen von 140 unterschiedlichen Schiffen wesentlich geringer. Zudem bedeutet das Fehlen im TBN nicht, dass die Schiffe in diesem Jahr keine Anlandungen an Nordseekrabben hatten, was die Analysemöglichkeiten deutlich einschränkt. Außerdem wurde in der Effizienzanalyse nur die Produktion auf See betrachtet, während das Testbetriebsnetzwerk das Gesamtunternehmen erfasst. Hier zeigte sich, dass die im TBN enthaltenen Schiffe im Mittel effizienter waren (87%) als die Gesamtflotte (83%). Zudem war der Anteil der Beobachtungen, in denen das Schiff im Eigentum des Skippers war, mit 95% deutlich höher als in der vorherigen Effizienzanalyse, wo der Anteil bei 85% lag.

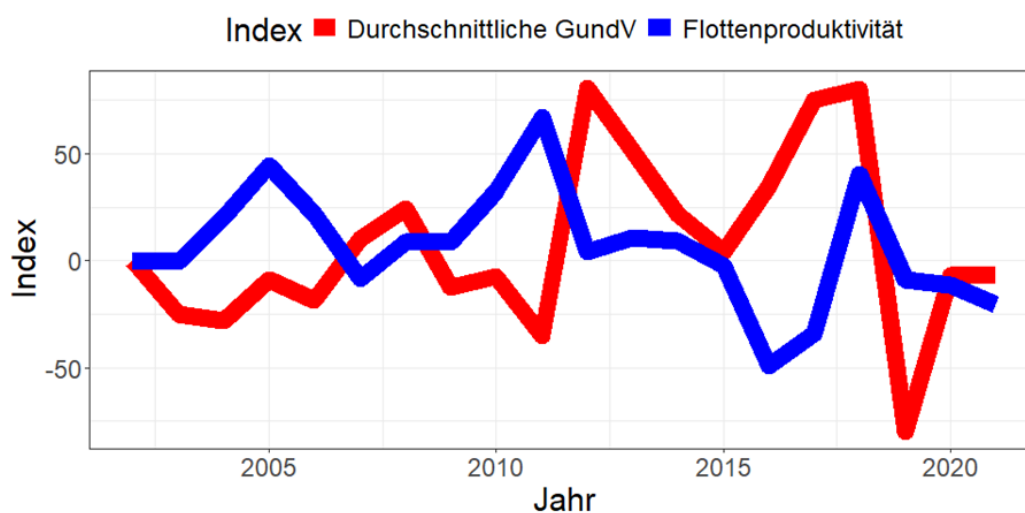
Während die geplanten Untersuchungen zum Effekt von Investitionen auf die technische Effizienz und Profitabilität nicht möglich waren, konnten wir trotzdem zeigen, dass eine höhere technische Effizienz mit höheren Gewinnen signifikant positiv korrelierte. Hier ist der Effekt sowohl für das Ergebnis der Gewinn- und Verlust-Rechnung (GuV) zu finden, als auch für GuV pro Stunde Reisezeit und pro Erlös. Im Mittel stieg das GuV-Ergebnis um 2300 €, wenn die technische Effizienz um 1% stieg. Ebenfalls stieg die GuV pro Erlös um 0,07 €, und die GuV pro Reisedauer in Stunden um 0,5 €. Hier ist allerdings zu beachten, dass der Gewinn bei Einzelunternehmen und Personengesellschaften das Entgelt für die nicht entlohnte Arbeit der Unternehmerinnen und Unternehmer sowie der mitarbeitenden, nicht entlohnten Familienangehörigen umfasst. Aus dem Gewinn müssen die Privatentnahmen der Unternehmerinnen und Unternehmer (Lebenshaltung, Krankenversicherung, Alterssicherung, private Vermögensbildung, private Steuern usw.) und die Eigenkapitalbildung der Unternehmen (Nettoinvestitionen, Tilgung von Fremdkapital) finanziert werden (BMEL 2024, S.3). Entsprechend ist der Gewinn zwischen den Betrieben schwierig vergleichbar, da unklar ist, wie hoch die jeweiligen Anteile zur Eigenkapitalbildung und zur Entlohnung der noch nicht entlohnten Faktoren, wie z.B. Familienarbeit sind.

Zudem haben wir weitere Fragestellungen zur Verbindung zwischen der technischen Effizienz und den Erhebungen im Testbetriebsnetzwerk untersucht. Hier konnte unter anderem kein klarer Zusammenhang zwischen der technischen Effizienz und dem Anteil des Unternehmenserlöses aus Anlandungen gefunden werden. Auch hatten die Restwerte der Fischereifahrzeuge, die Verschuldung oder auch der Gesamtwert der Anschaffungs- und Herstellungskosten der Sachanlagen im Unternehmen kaum Erklärungsgehalt für die Verteilung der Effizienzen, selbst wenn für jährliche stochastische Effekte kontrolliert wurde.

Wenn wir die Analyse zur Anwesenheit der Fischerinnen und Fischer in der Fischerei im Beobachtungszeitraum auch auf die TBN-Daten anwenden, zeigt sich auch hier, dass die Schiffe, welche die Fischerei verlassen haben, signifikant niedrigere GuV-Ergebnisse sowie GuV pro Reisezeit hatten.

Abschließend hat das Arbeitspaket noch die durchschnittlichen jährlichen GuV-Ergebnisse mit der zuvor in der Effizienzanalyse berechneten Produktivitätsänderungen verglichen. Hierzu zeigt Abbildung 4.4 die Verläufe beider Zeitreihen, wobei jeweils das Jahr 2002 als Vergleichsjahr für alle nachfolgenden Jahre dient. Diese Abbildung zeigt, dass die Entwicklung der durchschnittlichen GuV und der Flottenproduktivität. Diese Unterschiede sind wahrscheinlich durch unterschiedliche Preise zu erklären und zeigen, dass der Fangerfolg nicht der einzig relevante Faktor für die Wirtschaftlichkeit der Krabbenfischerei ist. Speziell in den Jahren 2016 und 2017 mit sehr niedrigen Fängen, aber resultierend sehr hohen Preisen für angelandete Nordseekrabben ist der unterschiedliche Verlauf von Flottenproduktivität und GuV-Verlauf ersichtlich.

**Abbildung 4.4: Entwicklung des durchschnittlichen GuV-Ergebnis und der Produktivität aus der Effizienzanalyse im Vergleich zur Jahr 2002.**



Quelle: eigene Darstellung

Allgemein zeigte sich damit hier, dass die technische Effizienz mit der Wirtschaftlichkeit der Betriebe verbunden war. Durch die zuvor beschriebene schwierige Vergleichbarkeit der Betriebsgewinne lassen sich diese Aussagen aber leider nur unter gewisser Unsicherheit tätigen.

#### 4.4 Die Einschätzung der möglichen Markteffekte auf Basis der Wertschöpfungskettenanalyse

Die Erstellung von schematischen Darstellungen von Wertschöpfungsketten, sogenanntes „Value-chain-mapping“, bietet den Vorteil, die aus unterschiedlichen Quellen zusammengetragenen Informationen zu einer Wertschöpfungskette zu einem schnell ersichtlichen und verknüpften Bild zusammenzufügen. Auf Grundlage dieser Darstellung können das Zusammenspiel und das mögliche Ausüben von Marktmacht unterschiedlicher Akteure abgeleitet werden. Eine so erstellte Übersicht ist von großer Relevanz für die Anliegen der unterschiedlichen Akteure (MacCarthy et al. 2022). Die Detailtreue der Abbildung folgt immer aus den vorhandenen Informationen und dient der Verbesserung des Managements der Akteure und Zusammenhänge.

## **Methodik Wertschöpfungskettenanalyse**

Eine weitere angewandte Methodik war die der schematischen Abbildung der Wertschöpfungskette und der sich daraus ableitbaren möglichen Effekten des Aufbaus einer regionalen Wertschöpfungskette. Die Informationen für die Abbildung stammten sowohl aus Literaturstudien, Veröffentlichungen der Unternehmen in Jahresberichten und auf ihren Webseiten, Auszügen aus dem deutschen Unternehmensregister (Bundesanzeiger Verlag 2024), der niederländischen Handelskammer (KVK 2024), Daten aus den Interviews der anderen Arbeitspakete im FuE sowie direkten Anfragen an Sektor-Experteninnen und -Experten. Aus der Gesamtheit der vorhandenen Informationen und den erzielten Fortschritten in der Entwicklung der Maschine in Kapitel 3 wurden dann die möglichen Effekte durch einen Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette eingeschätzt.

## **Ergebnis Wertschöpfungskettenanalyse**

Die im Projekt zusammengestellte Wertschöpfungskettenübersicht zeigt eine sehr starke Konzentration der Warenflüsse mit 80 – 90% der verarbeiteten Menge durch zwei niederländische Großhandelsunternehmen (Goti-Aralucea et al. 2021), welche jeweils noch Teil weit größerer Fischereiunternehmen sind. Diese Unternehmen besitzen Handentschälungsfabriken in Marokko, in welche die Nordseekrabben zur Verarbeitung transportiert werden, und beliefern unter anderem Einzelhandelskette und andere Großabnehmer. Im Gegensatz dazu konzentrieren sich die deutschen Fischerinnen und Fischer auf die Fänge der Nordseekrabben auf See und betreiben vereinzelt Direktvermarktung ungeschälter Krabben in den Häfen. Entsprechend ist die Entschälung der Nordseekrabben momentan ein Flaschenhals für die weitere Erhöhung der regionalen Wertschöpfung. Es gibt in Deutschland und den Niederlanden zudem Unternehmen, die Maschinen zur Entschälung und Nordseekrabben betreiben. Die deutschen Unternehmen produzieren eher für Nischenmärkte, während maschinelle Entschälung in den Niederlanden in 2021 etwa 10% der verarbeiteten Mengen ausgemacht haben soll (Quirijns et al. 2021). In den Niederlanden betreiben sowohl Unternehmen im Besitz von Fischerinnen und Fischern als auch solche im Besitz von weiteren großen Fischereiunternehmen kommerzielle Entschälzentren. Auch soll es Initiativen der Großhändler geben, eigene maschinelle Entschälungen zu entwickeln. Allerdings dringen aufgrund der wirtschaftlichen Interessen dieser Unternehmen nur wenige Details zu eingesetzten Maschinen und den Entwicklungsfortschritten an die Öffentlichkeit (Schröder et al., in Vorbereitung). Ebenso sind über die Preisabschlüsse zwischen den Großhändlern und ihren Abnehmern keine genauen Informationen bekannt.

Die erwarteten Markteffekte durch den Aufbau einer vollständig regionalen Wertschöpfungskette auf Basis der im Projekt getesteten neuen Entschältechnik müssten ihren Ausgangspunkt im Rahmen des vorgefundenen Marktumfeldes nehmen. Zudem konnten viele Parameter des zukünftigen Betriebes der Maschine als Konsequenz der verzögerten Maschinenentwicklung in Kapitel 3 und den zugehörigen Unteraufträgen nicht erhoben werden. Entsprechend war die Einschätzung möglicher Markteffekte mit substantiellen Unsicherheiten behaftet. Eine weitere Basis der möglichen Markteffekte waren die in Kapitel 5 entwickelten Szenarien zum Einsatz der regionalen Entschälung in Deutschland, die ebenfalls durch die verzögerte Entwicklung nur verkürzt durchgeführt werden konnten.

Zuerst sollte hier beantwortet werden, ob und über welche Zusammenhänge eine vorhandene Direktverarbeitung und -vermarktung die technische Effizienz der Krabbenfischer beeinflussen kann. Hier lässt sich sagen, dass die Fangaktivitäten und Unternehmungen der Fischenden zur Direktverarbeitung und -vermarktung im Unternehmen in Konkurrenz über bereits jetzt knappe Arbeitskapazitäten und Kapital stehen. Dementsprechend könnten neue Aktivitäten positive, also auch negative Effekte haben. Einen positiven Effekt könnte hier die Diversifizierung der Einkommensquellen haben, allerdings ist noch zu klären, wie viel Potenzial zur Steigerung der Direktvermarktung in den Häfen vorhanden ist und wie profitabel viele kleine Direktvermarktungen und -verarbeitungen sind. Entsprechend könnte es profitabler sein, wenn sich aktuell ineffiziente Fischer entscheiden, ihre Fischerei einzustellen und sich stattdessen um die Direktverarbeitung und -vermarktung der Anlandungen anderer Fischer kümmern. Infolgedessen sollte die durchschnittliche Effizienz

der verbliebenen Fischer steigen, da sie nun weniger Konkurrenz um Fangmengen haben. Negative Effekte könnten entstehen, wenn durch Investitionen in Direktvermarktungen und -verarbeitungen noch weniger Kapital für die Instandhaltung und Verbesserung der ohnehin stark überalterten Fischereifahrzeuge verfügbar ist. Allerdings könnten profitable Nebenaktivitäten auch wiederum Kapital erzeugen, dass in die Fahrzeuge investiert werden kann. Wie in der Effizienzanalyse gezeigt, fand in den letzten Jahrzehnten bereits eine deutliche Reduzierung der Anzahl der Fahrzeuge statt und zusätzliche Dynamik wird in den nächsten Jahren wahrscheinlich durch staatliche Kapazitätsanpassungsmaßnahmen entstehen.

Eindeutig zu beantworten war die Frage, ob sich durch den Aufbau einer regionalen Wertschöpfungskette die Resilienz der Krabbenfischerei verbessern würde. Wie in Goti-Aralucea et al. 2021 berichtet, war ein Haupteffekt der COVID-19-Pandemie auf die deutschen Krabbenfischer, dass durch maßnahmenbedingte Mindestabstände von Arbeiterinnen in den marokkanischen Handentschälungszentren die Verarbeitungsmengen deutlich sanken. In Folge sank die Nachfrage nach angelandeten Krabben stark, sodass die deutschen Krabbenfischerinnen und -fischer ihre Fangaktivitäten stark einschränken mussten. Entsprechend könnten weitere regionale Verarbeitungskapazitäten, die durch die Verwendung von Entschälmaschinen auch weniger durch Vorgaben/Restriktionen der Arbeitsbedingungen betroffen wären, die Resilienz der Nordseekrabbenverarbeitung in ähnlichen Fällen steigern. Wie stark der Effekt ist, hinge allerdings sehr bedeutend von der Höhe der zukünftig aufgebauten Verarbeitungskapazitäten und deren Wirtschaftlichkeit ab.

Zur Einschätzung möglicher Auswirkungen auf die regionale Wertschöpfung, die Marktmacht, die Sektorstruktur und den Strukturwandel wurden zusätzlich unterschiedliche Szenarien, die sich darin unterschieden, welche Akteure die maschinelle Krabbenentschälung betreiben, verglichen. Obwohl durch die verzögerte Maschinenentwicklung die zu erwarteten Produktionskosten noch nicht geklärt sind, nehmen wir an, dass die Maschine wirtschaftlich profitabel betrieben werden kann, da andernfalls die unterschiedlichen Marktakteure keinen Anreiz hätten, diese Maschine einzusetzen. Wie gut die Wirtschaftlichkeit der Maschine im Vergleich zu den Alternativen sein wird, hat entscheidenden Einfluss auf die zu erwartenden Effekte. Zudem werden die nötigen Anschaffungskosten weiter die mögliche Anzahl der betriebenen Entschälmaschinen bestimmen, da sich je höher diese Kosten sind, immer weniger Akteure eine Anschaffung leisten können.

Zuerst wird das Szenario beschrieben, in dem die maschinelle Krabbenentschälung durch die niederländischen Großhändler betrieben wird. Dieses Szenario liegt am nächsten an den aktuellen Gegebenheiten und würde dementsprechend die geringsten Auswirkungen auf das Marktgefüge haben. Dieses Szenario könnte sowohl durch den Kauf der im Projekt entwickelten Maschine als auch den Einsatz einer anderen Entschälmaschine eintreten. Durch den Betrieb der Maschine könnten die Großhändler die Transportkosten in die marokkanischen Handentschälfabriken einsparen und ihre Marktmacht in der Wertschöpfungskette beibehalten oder durch günstigere Verarbeitungskosten womöglich noch ausbauen. Hätte nur eines der Unternehmen Zugriff auf diese Maschinen, würde sich auch die Marktmacht zwischen den Unternehmen verschieben. Insgesamt sind durch ein maschinelle Entschälung oder auch eine regionale Wertschöpfungskette, die durch die niederländischen Großhändler betrieben wird, keine großen Vorteile für die deutschen Krabbenfischerinnen und -fischer zu erwarten. Die Großhändler sind gewinnorientierte Unternehmen, die ihre Marktmacht weiter ausbauen und die Gewinne sehr wahrscheinlich behalten und nicht weitergeben werden. Vorteile könnte es nur über einen möglichen Schutz vor Schließungen oder Einschränkungen der Schälkapazitäten in Marokko geben. Wie wahrscheinlich und groß die Effekte sind ist unklar.

Im Falle des Betriebes der Entschälmaschine durch die Erzeugerorganisationen ist mit einer Verschiebung der Marktmacht zu den Erzeugerorganisationen zu rechnen. In diesem Fall könnten die Erzeugerorganisationen die entschälten Krabben sowohl an die Großhändler vermarkten als auch an andere Akteure, sodass sie den aktuellen Flaschenhals umgehen könnten. Nichtsdestotrotz stellt sich dann die Frage, ob die Verhandlungsmacht der Erzeugerorganisationen gegenüber den neuen Verhandlungspartnern wesentlich steigt, da auch hier große Unternehmen als Abnehmer agieren. Zudem müssten die Erzeugerorganisationen in Lagerhaltung investieren, um bei den stark saisonalen Anlandungen von Nordseekrabben ihre Abnehmer das ganze Jahr

beliefern zu können. Alternativ könnten sie die Krabben ausschließlich auf saisonaler Basis anbieten, was allerdings die Rentabilität des Betriebs weiter einschränken könnte. Eine große Unbekannte bleibt aber die bis jetzt unbekannte Höhe der Anschaffungskosten, fixen & variablen Kosten, so dass keine Einschätzung möglich ist, ob die Erzeugerorganisationen sich eine solche Maschine überhaupt leisten können oder auf staatliche Förderprogramme angewiesen wären. Zudem könnte sich auch nur ein Teil der Erzeugerorganisationen für den Betrieb entscheiden oder dies auch nur mit geringen Kapazitäten tun. Insgesamt würde ein Betrieb durch die Erzeugerorganisationen die Möglichkeit bieten, dass die Fischer wieder stärker an der Wertschöpfung mit Nordseekrabben beteiligt sind, was positive Effekte für die Rentabilität und Zukunftsaussichten der Fischer haben sollte.

Als letztes Szenario soll auch der Betrieb der Entschälmaschine durch weitere privatwirtschaftliche Unternehmen betrachtet werden. Hier wäre zum Beispiel eine Investition von Unternehmen, die bereits in der Verarbeitung von Fisch und Fischprodukten aktiv sind, möglich. Diese Unternehmen könnten Synergieeffekte durch ihre bereits vorhandenen Kompetenzen in der Weiterverarbeitung und des Weitervertriebs von Fischprodukten nutzen. Genauso wäre eine Kooperation der Erzeugerorganisationen mit solchen Fischverarbeitern möglich, um gemeinsame Kompetenzen zu verbinden. Insgesamt könnte dieses Szenario auch einen positiven Effekt auf die Fischerinnen und Fischer von Nordseekrabben haben. Allerdings bestünde bei solchen Unternehmen auch immer die Möglichkeit, dass sie von den Unternehmen, zu denen die Großhändler gehören, aufgekauft werden. Dies ist in der Vergangenheit bereits bei einem der größten deutschen Fischverarbeitungsunternehmen passiert.

Insgesamt erschwert die Vielzahl an noch ungeklärten Fragen die Einschätzung der wahrscheinlichen zukünftigen Entwicklungen. Neben den zu klärenden Betreibern ist auch die Anzahl der aufgebauten regionalen Entschälzentren von Relevanz, da diese miteinander in Konkurrenz um Abnehmer stehen und entsprechend auch um Marktmacht konkurrieren. Zudem konkurrieren sie auch mit den bereits aktiven Unternehmen mit maschineller Entschälungen, die in Zukunft auch weitere Entschälzentren aufbauen könnten. Zusätzlich ist von großer Relevanz, wie sich die im Projekt entwickelte Maschine und weiter Konkurrenzmaschinen in Zukunft entwickeln werden und wie praktikabel der Einsatz und die Wartung sind. Aktuelle privatwirtschaftliche Initiativen erwecken den Eindruck, dass zumindest eine begrenzte Menge an regional entschälten Nordseegarnelen profitabel abgesetzt werden können. Diese Initiativen könnten die neue Maschine auch in Kombination zu den aktuell eingesetzten Maschinen betreiben. Ganz allgemein sind natürlich auch die Entwicklungen der Anzahl an aktiven Fischerinnen und Fischern, der Fangmengen und der Nachfrage in den einzelnen relevanten Nationen von großer Relevanz. Dementsprechend bleibt abzuwarten, wann die Maschine kommerziell einsetzbar ist, auf welches Marktumfeld sie dann trifft und welche Effekte von ihr ausgehen werden.

#### **4.5 Vergleich zwischen den Anlandepreisen deutscher Schiffe und anderen relevanten Preiszeitreihen**

Zuletzt hat sich das Arbeitspaket mit einem Vergleich von relevanten Preiszeitreihen beschäftigt. Eine solche Analyse der Preiszeitreihen für Nordseekrabben erscheint sinnvoll durch die umfassenden dokumentierten Bemühungen der Marktakteure, ihre Marktmacht zu steigern. Im Beobachtungszeitraum gab es ein Gerichtsurteil (European Commission 2014), welches illegale Preisabsprachen von vier Großhändlern festgestellt hat, eine trilaterale Produzentenorganisation, die zum Ziel hatte die Anlandemenge zu koordinieren, den Aufkauf des größten Großhändlers durch eines der größten europäischen Fischereiunternehmen, welches über Kapitalreserven und Tiefkühlagerkapazitäten verfügt, und viele weitere Effekte (Knöpfel et al. 2025). Zudem wurden Nordseekrabben in vorherigen Studien zu Preiseffekten von Garnelen und Krebstieren nicht einbezogen (Nielsen et al. 2018, Ankamah-Yeboah et al. 2018). Daher war es von Interesse festzustellen, wie sich die Preise für Anlandungen der deutschen Krabbenfischer im Vergleich zu anderen relevanten Preiszeitreihen entwickelt haben und ob hier weitere Zusammenhänge zu weiteren Preiszeitreihen gefunden werden können. Untersucht

wurden unterschiedliche frei verfügbare Preiszeitreihen zu Nordseekrabben, sowie weitere Preiszeitreihen zu anderen relevanten Produkten und internationale Indices zu Krebstierpreisen.

### Methodik Preisreihenvergleich

Zuletzt wurden für den Vergleich der Preise der Anlandungen für Nordseekrabben in Deutschland mit anderen Preisen eine Reihe von etablierten Zeitreihenanalysetechniken angewendet. Diese folgten größtenteils den etablierten Methodiken, wie sie zum Beispiel in Nielsen et al. 2018 beschrieben werden. Zuerst mussten die relevanten Preise identifiziert werden und Quellen mit ausreichend langen Zeitreihen gefunden werden. Da nicht zu allen relevanten Preisen Zeitreihen verfügbar waren, konnten nur die Beziehungen zwischen enthaltenen untersucht werden. Die Analysetechniken überprüfen, ob es langfristige Zusammenhänge zwischen den Zeitreihen gibt und welche Zeitreihen einander beeinflussen. Zudem kann untersucht werden, ob Preisschwankungen sich gegenseitig beeinflussen. Der Vergleich kann Preise von Konkurrenzprodukten, Komplementärprodukten, Produktionsfaktoren und andere relevante Preise enthalten.

### Ergebnisse Preisreihenvergleich

Abschließend hat Arbeitspaket 3 auch die Entwicklung der Preise für angelandete Nordseekrabben und den Einfluss der Preise anderer Produkte erforscht. Hierzu sind zunächst in Abbildung 4.5 die Verläufe unterschiedlicher Preiszeitreihen für Nordseekrabben dargestellt. Hierzu sind in Tabelle 4.1 die Definitionen der entsprechenden Preiszeit aufgeführt.

Wie in der Abbildung 4.5 zu sehen, sind diese monatlichen Preiszeitreihen leider nicht alle vollständig vorhanden, beziehungsweise sind die Daten teilweise erst ab späteren Zeitpunkten vorhanden. Auch erlauben die Zeitreihen leider nur einen unvollständigen Blick, da keine Endkundenpreise für Deutschland und die Niederlande enthalten sind und auch keine Preise für die Anlandungen in den Niederlanden oder Dänemark, die zu den wichtigsten Ländern gehören. Wie zuvor gezeigt, waren die Anlandungen aus Deutschland und den Niederlanden in den letzten Jahrzehnten mit Abstand die größten. Insgesamt zeigen die in Abbildung 4.5 gezeigten Preiszeitreihen die besten verfügbaren Preise zum Vergleich der Entwicklungen auf unterschiedlichen Märkten. Aus den vorhandenen Informationen präsentieren wir in diesem Report relativ grundlegende Analysen. Alle analysierten Preise sind monatliche Preiszeitreihen. Für die komplexeren Analysen verweisen wir sie auf die zu einem späteren Zeitpunkt geplante Veröffentlichung.

**Tabelle 4.1: Definitionen der in Abbildung 4.5 gezeigten Preiszeitreihen.**

Preiszeitreihe	Definition	Quelle
Anlandung DE	Durchschnittlicher Preis für angelandete Nordseekrabben von Schiffen unter deutscher Flagge pro Monat (€/kg)	Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE)
Anlandungen BEL	Durchschnittlicher Preis für angelandete Nordseekrabben in Belgien (€/kg)	European Market Observatory of Food and Aquaculture Products (EUMOFA)
Auktion FR	Durchschnittliche Auktionspreise für angelandete Nordseekrabben in Frankreich (€/kg)	FranceAgriMer VISONet
Haushaltskonsum NL	Preise aus Haushaltskonsumentenpanel für Nordseegarnelen in den Niederlanden (Crangon spp.) (€/kg)	European Market Observatory of Food and Aquaculture Products (EUMOFA)

Einzelhandel FR

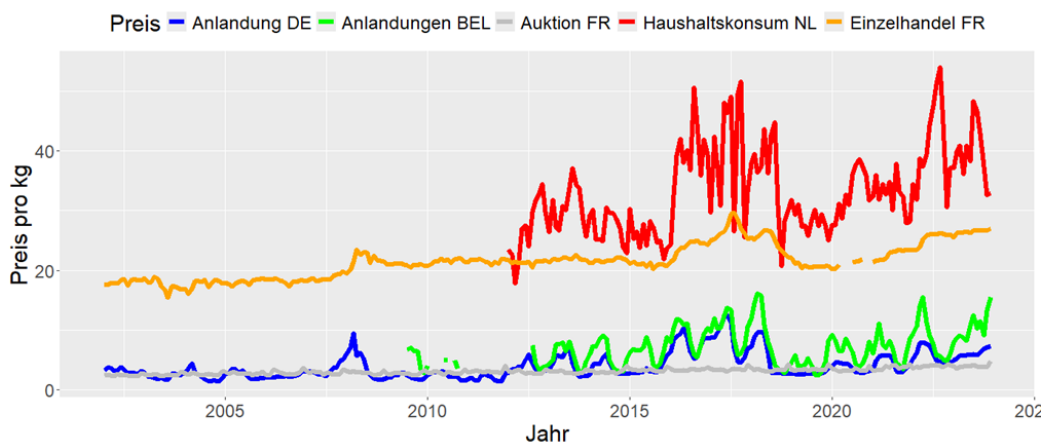
Monatliche durchschnittliche Einzelhandelspreise in Metropolregionen - Nordseegarnelen (1 kg) (€/kg)

Institut national de la statistique et des études économiques (INSEE)

Quelle: eigene Darstellung

Beim ersten Vergleich der Preiszeitreihen fällt auf, dass hier deutlich unterschiedliche Größenordnungen an Preisschwankungen zu sehen sind. Speziell die Auktionspreise in Frankreich zeigten kaum Schwankungen (die Gründe sind nicht bekannt). In Kontrast dazu schwankten die Konsumpreise der Haushalte in den Niederlanden am stärksten. Auch ist zu sehen, dass die Anlandepreise in Belgien deutlich stärker angestiegen sind als in Deutschland. In dieser Übersicht ist zudem zu erkennen, dass die Preisschwankung typischerweise in mehreren Zeitreihen zur gleichen Zeit auftreten. Speziell die geringen Anlandemengen in 2016 in 2017 haben alle Preise bis auf die französischen Auktionspreise stark steigen lassen. Speziell die niederländischen Konsumentenpreise sind in diesen Phasen sehr schnell und stark angestiegen und haben dann weiterhin stark geschwankt. Im Vergleich stiegen die Preise in den anderen Ländern weniger schnell und schwankten danach auch weniger. Dies zeigt die ähnliche Entwicklung der Preise in der Wertschöpfungskette vor Nordseegarnelen in Europa. Im Vergleich der Anlandepreise waren die Preise in Belgien praktisch immer höher als die Preise, die die deutsche Flotte erzielt hat. Auch sind die Preise in Belgien meist schneller und stärker gestiegen als bei den deutschen Anlandungen. Die weiteren Analysen der deutschen und belgischen Anlandepreise zeigten, dass speziell diese beiden Preise sich gegenseitig beeinflussen.

**Abbildung 4.5: Entwicklung unterschiedlicher Preiszeitreihen für Nordseekrabben.**



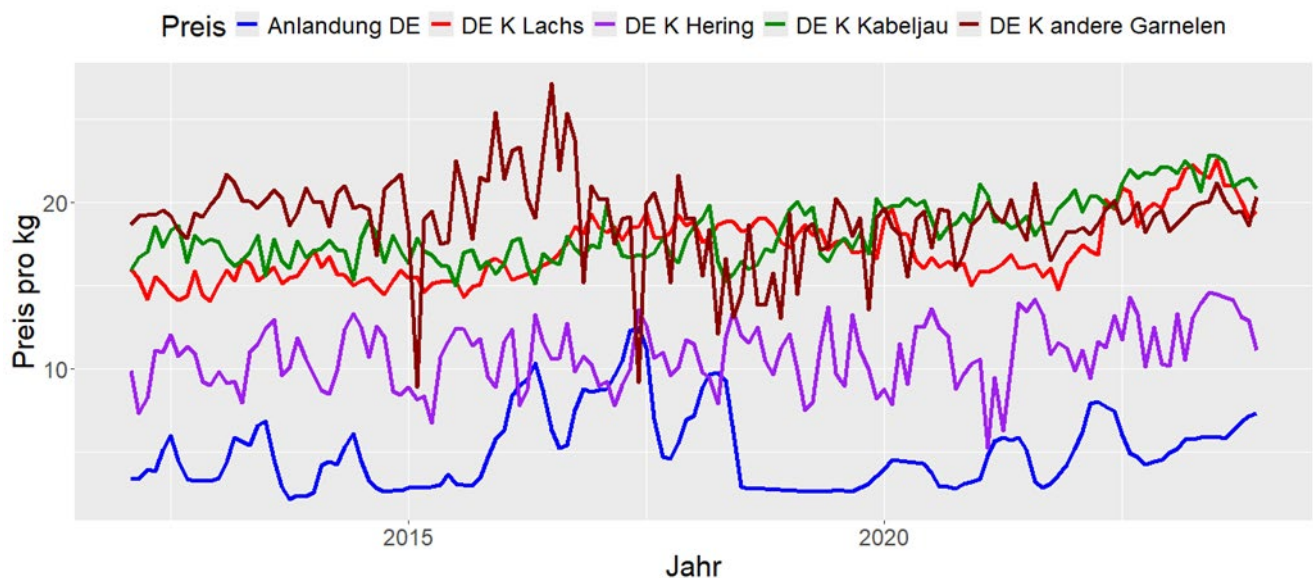
Quelle: eigene Darstellung

Zudem haben wir die Preisentwicklungen der deutschen Anlandungen mit weiteren Preisen für verschiedene Fischarten verglichen. Hierzu zeigt Abbildung 4.6 die Preise der Nordseekrabbenanlandungen der deutschen Flotte, im Vergleich zu Preisen, die deutsche Konsumentinnen und Konsumenten für Lachs, Hering, Kabeljau und andere Garnelen gezahlt haben. Diese Preise stammen aus dem gleichen Haushaltspanel datensatz der EUMOFA wie die niederländischen Konsumentenpreise für Nordseegarnelen. In diesem Vergleich zeigt sich, dass die Preise für angelandete Nordseegarnelen und die anderen Preiszeitreihen häufig unterschiedlich schwanken und sich Hoch und Tiefpreisphasen selten überschneiden. Die größten Überschneidungen der Preisanstiege sind zwischen den Preisen für Nordseekrabben und den Preisen für Hering zu finden. Die weiteren Preiszeitreihenanalysen fanden zwischen den hier präsentierten Zeitreihen weitere signifikante Wechselwirkungen, die weiter untersucht werden sollten. Dabei unterscheiden sich die gefundenen Wechselwirkungen deutlich, wenn man die Konsumpreise in Deutschland mit den Anlandepreisen oder den Konsumpreisen in den Niederlanden für Nordseegarnelen vergleicht. Mit Blick auf die gesamte Wertschöpfungskette würde dieser Preisvergleich deutlich

vom Einbezug der Preise, die deutsche Konsumenten für Nordseegarnelen gezahlt haben, profitieren, allerdings waren diese Preise nicht verfügbar.

Insgesamt bleibt dieser Vergleich von Preisen damit rudimentär; zukünftig sollten auf Basis eines erweiterten Preismonitorings weitere relevante Preiszeitreihen Berücksichtigung finden. Durch die generell große Konzentration des Absatzes von Fisch in Deutschland auf wenige Unternehmen und die dadurch entstehende Marktmacht ist eine Beeinflussung der unterschiedlichen Produktpreise untereinander zu erwarten.

**Abbildung 4.6: Vergleich der Preise für Anlandungen für Nordseegarnelen der deutschen Flotte mit Preisen, die deutsche Konsumenten für Fischprodukte gezahlt haben.**



Quelle: eigene Darstellung

## 4.6 Schlussfolgerungen

Insgesamt zeigten die Ergebnisse aus Arbeitspaket 3, dass die deutsche Krabbenflotte in den letzten Jahrzehnten mit vielen schwierigen Herausforderungen konfrontiert war, aber auch, dass es Lösungsansätze zur Verbesserung der Situation der Flotte gibt.

Die Effizienzanalyse konnte zeigen, dass das Verhältnis zwischen Fischereiaufwand und Anlandungen der deutschen Krabbenflotte sehr starken jährlichen Schwankungen unterlag. Diese Schwankungen ließen sich durch unterschiedliche Faktoren erklären, die im Zusammenhang mit Schwankungen in den Fangmengen und auch weiteren Marktbedingungen stehen. Bei den weiteren Marktbedingungen hatten speziell ein Streik der Fischerinnen und Fischer als Protest gegen sehr geringe Abnahmepreise hohe Auswirkungen auf die Fänge in diesem Jahr. Insgesamt konnten hohen Schwankungen in den jährlichen Produktivitäten gefunden werden, was gut zu den Ergebnissen aus vorherigen Studien zur Variabilität der jährlichen Fangmengen passt. Die Studie konnte auch zeigen, dass das hohe Alter der eingesetzten Fischereifahrzeuge sich negativ auf die Fangeffizienz ausgewirkt hat. Im Beobachtungszeitraum zwischen 2002 und 2021 ist die Anzahl an aktiven Schiffen bereits deutlich gesunken, aber dies konnte den Trend des steigenden Durchschnittsalters bis jetzt nicht aufhalten. Hier wären weitere Initiativen zum Ersatz überalterter Schiffe durch Neubauten wünschenswert, um die Flotte angemessen zu modernisieren.

Die Effizienz der aktiven Fischerinnen und Fischer war über die Jahre vergleichsweise hoch, aber es gab große Unterschiede zwischen den Schiffen. Unter den Faktoren, die die Effizienz verbesserten, sind unter anderem die Mitgliedschaft in einer Erzeugerorganisation oder auch der Einsatz von Schiffen mit moderneren

Rumpfmaterialien wie Metall und Kunststoff im Vergleich zu alten Holzrümpfen zu nennen. Auf der institutionellen Ebene scheinen sich Erzeugerorganisationen bewährt zu haben, so dass eine Intensivierung der Mitgliedschaft eine mögliche Fördermaßnahme darstellt (da Mitgliedschaft in einer Erzeugerorganisation für Förderungen nach dem EMFAF notwendig ist, ist der Organisationsgrad aber schon relativ hoch). Auch wäre eine Förderung der Erzeugerorganisationen zur Unterstützung der Ausübung ihrer Kernaufgaben denkbar. Zudem zeigten weitere Analysen auch, dass die Schiffe, die die Fischerei im Beobachtungszeitraum verlassen haben, im Vergleich ineffizienter waren (wobei die Gründe aus der reinen Datenanalyse nicht ersichtlich waren, aber ein Ausscheiden weniger effizienter Fahrzeuge auch nicht überraschend ist). Dieses wenig überraschende Ergebnis zeigt zumindest, dass der Strukturwandel in der Krabbenflotte eher durch das Ausscheiden von weniger effizienten Akteuren geprägt wird, nicht durch das Ausscheiden von effizienten Akteuren mit hohen Opportunitätskosten.

Der Vergleich der Ergebnisse der Effizienzanalyse mit den Daten des Testbetriebsnetzwerks hat zudem gezeigt, dass die technische Effizienz im positiven Zusammenhang mit höheren Unternehmensgewinnen stand. Allerdings müssen aus den Gewinnen laut Testbetriebsnetzwerk noch die nicht entlohnten Produktionsfaktoren, wie z.B. der Eigenkapitaleinsatz der/s Eignerin/s und die Arbeitszeit weiterer Familienarbeitskräfte entlohnt werden, so dass eine direkte Vergleichbarkeit mit einem auf Vollkostenbasis ermittelten Gewinn nur eingeschränkt möglich ist. Die Analyse zeigte weiter, dass die Schiffsproduktivität aus der Effizienzanalyse und das durchschnittliche Gewinn- und -Verlust-Rechnungsergebnis nicht in allen Jahren direkt zusammenhängen. Auch wenn die Produktivitäten niedrig waren, können die Gewinne gestiegen sein, falls die erzielten Preise für die angelandeten Nordseegarnelen entsprechend stark gestiegen sind. Die Analyse konnte auch zeigen, dass das Gewinn- und -Verlust-Ergebnis von den Schiffen, die die Fischerei im Beobachtungsverlauf verlassen haben geringer war.

Die Ergebnisse der Wertschöpfungskettenanalyse zeigen, dass der Aufbau regionaler Wertschöpfungsketten einen Einfluss auf den Sektor haben kann. Allerdings sind durch die Verzögerungen bei der Entwicklung der Entschälmaschine noch viele zukünftige Einsatzparameter und die zu erwarteten Entschälkosten unklar. Daher konnten einige generelle Aussagen getroffen werden, die die möglichen Entwicklungen aufzeigen, aber diese sind mit erheblicher Ungewissheit behaftet. Auf Basis belastbarer Zahlen zur Wirtschaftlichkeit der entwickelten Maschine und deren Einsatzparametern können dann nachfolgend deren Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette für Nordseekrabben genauer evaluiert werden. Bis jetzt konnten nur allgemein unter der Annahme, dass die Maschine zukünftig wirtschaftlich rentabel betrieben werden kann, Einschätzungen abgegeben werden. Sind die Kosten durch die Verarbeitung mit der Maschine allerdings so hoch, dass die verarbeiteten Nordseekrabben nur mit Verlusten weiterverkauft werden können, so sinken auch die Anreize die Maschine anzuschaffen und zu betreiben.

Ein bedeutender Effekt geht voraussichtlich von der zukünftigen Wertschöpfungskettenstruktur aus, z.B. welche Marktakteure die Maschine in der Zukunft betreiben werden und wie groß die verarbeiteten Mengen sein werden. Hier wurden die Alternativen Großhändler, Erzeugerorganisationen und weitere privatwirtschaftliche Unternehmen betrachtet. Auch sind, wie aktuell im Markt zu beobachten, unterschiedliche Betreiber von unterschiedlichen Entschälmaschinen möglich. Eine mögliche neu entwickelte Entschälmaschine müsste sich auch in Konkurrenz zu diesen Maschinen beweisen. Hier spielen speziell die Kosten, der Wartungs- und Betriebsaufwand und mögliche Weiterentwicklungen eine große Rolle für den Vergleich der Alternativen. Zudem bleibt abzuwarten, welche Betreiber sich die Investition in die Maschine und weiterer möglicherweise nötigen Strukturen zur Verpackung, Lagerung oder dem Vertrieb leisten können und wollen. Durch die unterschiedlichen aktuellen Voraussetzungen der möglichen Betreiber unterscheiden sich auch deren nötige Investitionen und Kapitalreserven für solche Anschaffungen. Des Weiteren ist es wahrscheinlich, dass die Maschine zuerst nur einen kleinen Teil der Nordseekrabben verarbeiten wird und bei Erfolg die Mengen kontinuierlich ausgebaut werden, sodass sich die Effekten auf die Fischer und den Markt erst über einen gewissen Zeitraum entwickeln werden.

Generell würde der Betrieb der Maschine durch die Großhändler sehr wahrscheinlich keine Vorteile für die Nordseekrabbenfischerinnen und -fischer erzeugen, da die Großhändler weiter ihre Marktmacht durch die Kontrolle über die Verarbeitung erhalten und die Profitabilität steigern können. Beim Betrieb durch die Erzeugerorganisationen könnte sich die Wertschöpfung für die Nordseekrabbenfischerinnen und -fischer verbessern. Allerdings würde der Aufbau der Verarbeitungsstrukturen erhebliche Investitionen benötigen bei denen momentan unklar ist, wie die Erzeugerorganisationen diese tätigen können. Auch ist unklar, ob die Verhandlungsposition gegenüber den neuen Abnehmern wirklich besser sein wird, da es auch hier eine starke Marktkonzentration auf wenige Unternehmen gibt. Als weitere Option wurden weitere privatwirtschaftliche Unternehmen betrachtet, die möglichst schon Fischprodukte verarbeiten, sodass gewissen Synergien genutzt werden können. Diese könnten die Entschälung auch in Zusammenarbeit mit den Erzeugerorganisationen betreiben, wodurch Vorteile für die Fischerinnen und Fischer erwartbar sind. Allerdings besteht bei solchen Unternehmen auch immer die Möglichkeit von anderen großen Unternehmen aufgekauft zu werden, sodass die Verarbeitung so auch unter die Kontrolle der Großhändler kommen könnte.

Insgesamt zeigte die Analyse, dass durch eine regionale Wertschöpfungskette Vorteile für die Fischerinnen und Fischer von Nordseekrabben entstehen können, aber auch, dass noch viele Fragen zu klären sind. Auch ist zu beachten, dass diese regionale Wertschöpfung in einem dynamischen Marktumfeld stattfinden wird mit schwankenden Anlandemengen und vielen weiteren möglichen Einflüssen.

In diesen Zusammenhang passen auch die Ergebnisse zu den unterschiedlichen Preisreihen, deren Entwicklungen und den Effekten untereinander. Diese dynamische Entwicklung zeigt, dass der Markt für Nordseekrabben für die Fischerinnen und Fischer und die weiteren Marktakteure immer mit gewisser Unsicherheit über die zukünftigen Fangbedingungen und über die zu erzielenden Absatzpreise einhergeht. Daher benötigen die Fischerinnen und Fischer eine robuste Zukunftsperspektive, um weiterhin wirtschaftlich profitabel agieren zu können. Zu dieser Perspektive gehört auch, für Krisen gewappnet zu sein und einen hinreichend rentablen Betrieb, der auch Netto-Investitionen ermöglicht, zu etablieren. Um diese Zukunftsvision zu erreichen sind neben den Stellschrauben zur Verbesserung der technischen Effizienz auch Innovationsbereitschaft mit Blick auf die Organisation und Resilienz der Wertschöpfungskette notwendig. In Verbindung mit möglicherweise höheren Preisen für regional entschälte Krabben sollte so eine langfristig angemessene Rentabilität der Krabbenfischerei als starker Akteur in einer regionalen Wertschöpfungskette möglich sein

## 5 Betriebswirtschaftliche Analysen und Innovationsdiffusion

### 5.1 Einleitung

Die bisherigen Versuche, Krabben maschinell zu schälen, sind wirtschaftlich nicht erfolgreich gewesen bzw. die Entschälung erfolgt nur für vergleichsweise geringe Mengen. Der Bau und die Tests einer neuen Schältechnik im Rahmen des vorliegenden Projektes sollten deshalb vom TI-SF durch eine Wirtschaftlichkeitsanalyse begleitet werden. Dabei sollte analysiert werden, welche Kosten durch den Einsatz dieser neuen Schältechnik entstehen und zu welchem Preis ein mögliches Produkt auf dem Markt angeboten werden könnte. Die identifizierten Gestehungskosten mittels kontaktloser Schältechnik sollten mit Gestehungskosten anderer Verfahren am Markt verglichen werden, um nach der technischen (Kapitel 3) auch die wirtschaftliche Machbarkeit zu analysieren. Durch Verzögerungen in AP2 konnte die Forschungsfrage „Ist die neue Schältechnik wirtschaftlich?“ nicht beantwortet werden. Jedoch konnte durch die Analyse der Wirtschaftlichkeit bestehender Schältechniken eine Benchmark gesetzt werden (s. 5.2 und 5.3), die durch die neue Schältechnik getroffen werden sollte, sodass die Frage „Zu welchen Kosten muss die Technik mindestens produzieren können?“ bzw. „Ab welcher Kostenhöhe wird die Wettbewerbsfähigkeit einer neuen Technik unwahrscheinlicher?“ beantwortet werden kann. Für die Fischerei muss der Umstieg auf eine regionale Entschälung und alternative Wertschöpfungsketten attraktiv gegenüber der bisherigen Vermarktung sein. Aus diesem Grund führte das Thünen-Institut für Seefischerei (TI-SF) ebenfalls Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für die Fangseite durch.

Zur Potentialanalyse einer innovativen regionale Krabbenentschälung und Vermarktung wurden semi-strukturierte Leitfadeninterviews mit Akteuren entlang der Wertschöpfungskette und der unternehmerischen Umwelt (Wirtschaftsförderung, Verwaltung, Tourismusmanagement, Gaststättenverband, Nationalparkverwaltung u.a.) durchgeführt (s. 5.4). In der Leitfadenerstellung und der Interviewdurchführung wurde eng mit dem vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderten Projekt „CoastalFutures I“ (Förderkennzeichen 03F0911F) zusammengearbeitet, um eine Interviewmüdigkeit im Sektor zu vermeiden und inhaltliche Synergieeffekte zu erzielen. Zusätzlich wurden in einem vom Thünen-Institut vergebenen Unterauftrag Telefoninterviews mit Expertinnen und Experten des Lebensmitteleinzelhandels geführt, um das potentielle Marktvolumen für geschältes Krabbenfleisch abschätzen zu können (s. 5.5) und die Perspektive des Lebensmittelhandels zu berücksichtigen.

### 5.2 Interviews zur Wirtschaftlichkeit von Krabbenschälmaschinen

Um die Wissenslücke zum Sachstand von Krabben-Schälmaschinen festzustellen, wurde im Zeitraum vom 16.05.2022 bis 31.08.2022 eine Auswertung vorhandener Literatur durchgeführt. Da es kaum Forschungs- oder Fachliteratur zum Thema gibt, wurde die Literaturstudie um eine Internetrecherche ergänzt. Hier wurden Suchergebnisse zu „Schälmaschinen für die Nordseekrabbe“<sup>1</sup> und Varianten davon in den Sprachen Dänisch, Deutsch, Englisch, Französisch und Niederländisch in gängigen (Such-)Programmen abgefragt. Für die Länder Belgien, Niederlande, Dänemark und Deutschland liegen Beschreibungen zu Schälverfahren vor. Aussagen zur Wirtschaftlichkeit fehlen jedoch. Infolgedessen wurden die eine Schälmaschine betreibenden Unternehmen in Europa schriftlich und telefonisch für semi-strukturierte Interviews angefragt. In persönlicher Korrespondenz teilten die Geschäftsführerinnen und Geschäftsführer der meisten Unternehmen mit, dass ein Interview nicht

---

<sup>1</sup> Eine Auswahl der angewendeten Suchbegriffe: *C. crangon*, brune rejer, skrællemaskine, Nordseegarnele, Nordseekrabbe, Schälmaschine, brown shrimp, peeling machine, pelmaschine crevette, bruine garnaal, garnalen

realisierbar sei, da Betriebsgeheimnisse gefährdet werden würden. Zwei Unternehmen stimmten einem Interviewtermin und der Besichtigung von drei unterschiedlichen Maschinen zu.

### Methodik Interviews Krabbenschälen

Um die Daten der verschiedenen Krabbenschälmaschinen in gleicher Weise und Genauigkeit zu erfassen, wurde eine Vorlage zu einer Vollkostenrechnung in deutscher und englischer Sprache in Excel erstellt. Diese wurde in die nach Helfferich (2011) erstellten Leitfadenterviews eingearbeitet (siehe Tab. 5.1) und mit Hilfe der Erfahrungswerte von den Krabbenschälmaschinenbetreiberinnen und -betreibern beantwortet.

**Tabelle 5.1: Übersicht der Vollkostenrechnung in vereinfachter Form.**

	Leistungs-/Kostenart	Leistungen, Direkt- /Gemeinkosten (€/Jahr)	Preis, Kosten (€/kg Krabbenfleisch)
Leistungen	Verkauf Krabbenfleisch Verkauf Krabbenschälreste		
Fixkosten	Gebäudekosten Maschinenkosten Sonstiges: u.a. Beiträge & Gebühren, Versicherungen, Beratung, Verwaltung, ...		
Variable Kosten	Kauf Krabben in Schale Strom (Ab-)Wasser Reinigung, Desinfektion Konservierungsmittel Transport Kühlung Sonstiges		
Personalkosten	Löhne Lohnnebenkosten		
Faktorkosten	Zinsansatz für Gebäude-/ Maschinenkapital Lohnansatz		

Quelle: eigene Darstellung

Die leitfadengestützten Interviews mit den Maschinenbetreibenden wurden am 28.07.2022 und 22.08.2022 vor Ort in den Unternehmen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein durchgeführt und dauerten 1,5 Stunden bzw. 2 Stunden. Der Leitfaden umfasste neben den Fragen zu Leistungs-Kosten-Merkmalen der Schälmaschinen auch Fragen zur derzeitigen Wertschöpfungskette der Nordseekrabbe. Weiterhin stimmte ein niedersächsischer Handentschälungsbetrieb einem Interview zu, welches am 09.08.2023 durchgeführt wurde und 2 Stunden dauerte, um die Kosten der Handentschälung in Deutschland mit den Maschinenkosten, sowie diese alternative Wertschöpfungskette zu der etablierten vergleichen zu können. Damit auch die Kosten der im Ausland von Hand entschälten Krabben in einem Vergleich der Verarbeitungsverfahren berücksichtigt werden konnten, wurden Kosten aus der Literatur (Hinz et al. 2015) mithilfe von Verbraucherpreisindizes projiziert (FAO 2025; World Bank 2025), da die marktbeherrschenden und in den Niederlanden ansässigen Großhandelsunternehmen eine Zusammenarbeit ablehnten. Auch Betreiber von Schälmaschinen in den Niederlanden und Belgien lehnten ein Interview zu den Kosten und Leistungen ihrer Maschinen schriftlich ab, um Betriebsgeheimnisse zu wahren.

## Ergebnisse Interviews Krabbenschälen

Gespräche mit Fachleuten und Literaturrecherchen ergaben, dass auch die Unternehmen, die ein Interview abgelehnten, eine von beiden am Markt existenten Maschinen-Typen (van Woensel/Baader oder Kocken) betreiben, die denen der interviewten Krabbenschälmaschinenbetreiberinnen und -betreiber entsprechen. Unterschiede gibt es hier lediglich in der Skalierung und Optimierung der Verarbeitungslinie für die keine Daten erhoben wurden. Auffallend ist, dass die Leistungen der Maschinen im Einsatz der interviewten Betriebe sehr variabel sind und stark von der Vorsortierung der Krabben abhängen. Eine präzise Maschineneinstellung ist durch die Heterogenität der Krabbenmorphologie schwierig und auch zeitaufwendig, erhöht jedoch die Fleischausbeute. Aufgrund der geringen Fallanzahl werden aus Datenschutzgründen nur die Spannweiten der gegenwärtigen Maschinenentschälung in Deutschland angegeben (Tabelle 5.2).

**Tabelle 5.2: Vereinfachte Kostenrechnung für drei maschinelle Entschälungen in Deutschland 2022.**

	Entschälbetrieb DEU 1	Entschälbetrieb DEU 2	Entschälbetrieb DEU 3
<b>Maschinentyp</b>	Maschinentyp A	Maschinentyp B	Maschinentyp B
<b>Leistung Krabbenfleisch (kg/h)</b>	3,75 – 5 kg/h	5 kg/h	8 kg/h
<b>Jahresproduktion (t)</b>	4,5 bis 6 t	12,5 t	18,75 t
<b>Fleischausbeute (%)</b>	25%	28%	28%
<b>Spannweiten Kosten (€) bei min. 5 t und max. 18 t Verarbeitung im Jahr</b>			
<b>(gerundet)</b>			
<b>Rohware</b>	77.400 bis 288.000 €		
<b>Fixkosten, davon</b>	30.000 bis 50.000 €		
- Buchführungs- und Beraterkosten	7.000 bis 14.000 €		
- Unterhaltungskosten	4.000 bis 6.000 €		
<b>Variable Kosten, davon</b>	85.000 bis 105.000 €		
- Personalkosten Nachsortierung bei 7 h Laufzeit	42.000 bis 65.000 €		
- Wasser und Abwasser	8.000 bis 12.000 €		
<b>Kalkulatorische Faktorkosten</b> (Zinsansatz Gebäude, Maschinen, Lohnansatz)	60.000 €		
<b>Gestehungskosten gesamt inkl. Rohware</b>	<b>250.000 bis 500.000 €</b>		
<b>Gestehungskosten gesamt inkl. Rohware €/kg</b>	<b>27,62 €/kg bis 49,89 €/kg Krabbenfleisch</b>		

Quelle: eigene Darstellung

Die Fleischausbeute schwankt im Praxiseinsatz zwischen 25% und 28%. Bei 10kg Krabben in Schale bedeutet das 2,5 kg bzw. 2,8 kg Krabbenfleisch in der maschinellen Entschälung. Bei einem Krabbenfleischpreis von ca. 8,50 €/100g (November 2022) entspricht das einer Differenz von 25,50 € bei gleicher Inputmenge und gleichem Preis. Gleichzeitig heißt das, dass über 70% als Schälreste verbleiben, welche als Nebenprodukte anfallen und derzeit größtenteils ungenutzt bleiben. Je nach Qualität der Krabben, die insbesondere durch den Kochvorgang beeinflusst wird, produzieren die Maschinen zwischen 3,75 kg und 8 kg Krabbenfleisch in der Stunde.

Nach der Feststellung der Gestehungskosten bereist existenter maschineller Entschälungen in Deutschland wurden diese mit den Kosten der Handentschälung verglichen. Die Kosten der Handentschälung im Ausland wurden projiziert. Die Kosten der Handentschälung in Deutschland basieren auf empirischen Werten. So konnten trotz der schwierigen Forschungsumstände, die etablierten Verarbeitungsprozesse mit ihren Kosten skizziert werden. In der untenstehenden Abbildung (Abbildung 5.1) sind diese vier Absatzwege als Übersicht dargestellt: Handentschälung in Marokko (MAR), Handentschälung in Deutschland (DEU), sowie zwei Typen an Schälmaschinen (Typ A und B) in DEU. Da die Entschälmethoden der Maschinen Typ A und B jeweils eng mit den spezifischen Betriebsergebnis der Betreiberunternehmen zusammenhängen, muss aus Datenschutzgründen auf technische Details, die zur Identifizierung der Unternehmen führen, verzichtet werden. Grundsätzlich arbeiten

beide Typen mit mechanischen Verfahren, bei denen u.a. Schälmesser bzw. -walzen zum Einsatz kommen. Im Vergleich zur maschinellen Ausbeute zwischen 25% und 28% liegt die Ausbeute bei 33% in der Handentschälung. Da insbesondere der hohe Personalaufwand durch die notwendige Nachsortierung bei der maschinellen Entschälung sich als kostentreibend erwies, bleiben die niedrigen Personalkosten bei einer Handentschälung im Ausland der entscheidende Vorteil.

**Abbildung 5.1: Vergleich Gesteungskosten eines Kilogramms Krabbenfleisch im Jahr 2022 durch die Schälmaschinen in Deutschland (DEU), der Handentschälung in Marokko (MAR) und Handentschälung in Deutschland.**

Absatzweg via	Maschine-Typ A in DEU	Maschine-Typ B in DEU <sup>1</sup>	Handentschälung in MAR	Handentschälung in DEU
Erzeugerpreis (€/kg) Ganze Krabbe mit Schale		6 €/kg		10 €/kg
Ausbeute (%)	25%	28%	33%	33%
Gesteungskosten ohne Rohware (€/kg Krabbenfleisch) <sup>2</sup>	25,89 €/kg	6,19 €/kg	5,13 €/kg - 6,79 €/kg	25,77 €/kg
Gesteungskosten 1kg Krabbenfleisch mit Rohware (€/kg) <sup>3</sup>	49,89 €/kg	27,62 €/kg	23,31 €/kg - 24,97 €/kg	58,77 €/kg
Großabnehmerpreis (€/kg Krabbenfleisch)	-	-	36,50 €/kg	-
Endverbraucherpreis (€/kg Krabbenfleisch)	84,90 €/kg	48 €/kg	42,90 €/kg	89 €/kg

<sup>1</sup> Unsichere Datenlage.

<sup>2</sup> Berücksichtigt wurden alle operativen Kosten (variable Kosten inkl. Logistik + Fixkosten) sowie Abschreibungskosten bei den Maschinen.

<sup>3</sup> Für Maschine 1 ergibt sich durch die Ausbeute von 25% ein Rohwarenpreis von 24 €/kg; für Maschine 2 ergibt sich durch die Ausbeute von 28% ein Rohwarenpreis von 21,43 €/kg; für die Handentschälung in Marokko ergibt sich durch die Ausbeute von 33% ein Rohwarenpreis von 18,18 €/kg bei einem Erzeugerpreis von 6 €/kg ganzer Krabbe in Schale. Für die Handentschälung in Deutschland ergibt sich durch die Ausbeute von 33% ein Rohwarenpreis von 33 €/kg bei einem Erzeugerpreis von 10 €/kg ganzer Krabbe in Schale.

Quelle: eigene Darstellung

Es wurde deutlich, dass unter Berücksichtigung aller Kosten in Deutschland geschälte Krabben aufgrund der zurzeit hohen Produktionskosten nicht mit den Großmarktpreisen konkurrieren können. Die Kombination aus niedrigen Lohnkosten in Marokko und von den Großhandelsbetrieben genutzten Skaleneffekte (niedrige Einkaufspreise für Rohware sowie sehr niedrige Kühl- und Transportkosten) sind zurzeit konkurrenzlos. Die lokalen Entschälungen in Deutschland, sei es maschinell oder manuell, bedienen jedoch ein eigenes Marktsegment in der Nische (geschätzt auf derzeit bis zu ca. 20t Krabbenfleisch), sodass entsprechend höhere Endverbrauchspreise für das Krabbenfleisch erzielt werden können. In der Nische können die betrachteten Schälmaschinen rentabel sein. Um das Produkt maschinenentschälte Krabbe auch für den Fischfachhandel oder für den Lebensmittel-einzelhandel und in größeren Mengen konkurrenzfähig auf dem Markt zu platzieren, müssen – selbst bei einem Mehrwert im Produktumfeld (regional gewonnenes Lebensmittel) – die Gesteungskosten deutlich reduziert werden.

### 5.3 Wirtschaftlichkeit der Fangseite

Ob ein neues Entschälungsverfahren auch zu einem neuen Absatzweg für die Fischerinnen und Fischer führen könnte, wurde überprüft, indem die Profitabilität von Fischereiunternehmen unter gegenwärtigen Bedingungen untersucht wurde. Ein neuer Absatzweg mit lokaler bzw. regionaler und technisch neuer Entschälung der Krabben muss für Fischereiunternehmende konkurrenzfähig gegenüber bisherigen Vermarktungspraktiken sein,

also ihren Gewinn unter vertretbarem Aufwand signifikant erhöhen. Aus diesem Grund wurden einzelbetriebliche Profitabilitätsberechnungen für die Produktion der Rohware (Fangfischerei) durchgeführt. Eine Zusammenführung der Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen der Wertschöpfungsstufe Fangfischerei einerseits und der regionalen Verarbeitung mittels neuer Schältechnik ermöglicht es schließlich, die Gewinnschwelle für eine alternative Wertschöpfung der Nordseekrabbe aus Erzeugerperspektive in einer Szenarienanalyse festzusetzen.

### **Methodik Wirtschaftlichkeit Fangseite**

Die Wirtschaftlichkeit der Fangseite wurde mithilfe des agrar-ökonomischen *Typical Farm Approach* erforscht, welcher auch vom weltweit mit Thünen-Beteiligung agierenden Forschungs- und Wirtschaftsnetzwerk *agri benchmark* verwendet wird (Thünen-Institute and global networks 2022). Das unten beschriebene methodische Vorgehen entspricht grundlegend Chibanda et al. (2020), die Abfrage der Variablen für Krabbenfischereibetriebe erfolgte in Anlehnung an Sulanke und Berkenhagen (2020). Nach Logik des *Typical Farm Approach* definieren Betriebsleitungen und Beratende des Sektors in Fokusgruppen betriebswirtschaftliche Variablen eines virtuellen Krabbenkutters auf empirischer Basis mit realen Kostenstrukturen, Mengengerüsten und Preisen. Darüber hinaus werden wichtige Erkenntnisse zu Sach- und Anlagevermögen gesammelt, die später für Investitionsrechnungen genutzt werden können. Insgesamt entsteht durch den *Typical Farm Approach* ein sehr detaillierter einzelbetrieblicher Datensatz, mit dem unterschiedliche ökonomische Indikatoren errechnet werden können (Gewinnschwelle/break-even-point; Earnings-before-Interests-and-taxes (EBIT), Gross-value-added (GVA), Return-on-Investment (ROI), energy-Return-on-Investment (eROI), ökonomische und physische Produktivität u.a.). Der Vorteil der Methode liegt darin, dass kohärente (bei der Verwendung von Mittelwerten nicht möglich), repräsentative (empirisch verankerte), detaillierte Betriebsmodelle aufgesetzt werden und gleichzeitig Geschäftsgeheimnisse realer Einzelunternehmungen geschützt werden. Der Vergleich unterschiedlicher Produktionssysteme „Krabbenkutter“ miteinander sowie unter unterschiedlichen Bedingungen (Szenarien) führt zu Erkenntnissen zur gegenwärtigen und potenziellen Wirtschaftlichkeit einer alternativen Wertschöpfung aus Erzeugerperspektive.

Für die Fallauswahl (Sampling Produktionssysteme) dieser Untersuchung wurden entsprechend der Methodik und des Forschungsgegenstandes Daten der BLE-Fischereidatenbank nach im Jahr 2021 aktiven Fahrzeugen mit Baumkurren als Fanggerät gefiltert. Eine anschließende Häufigkeitsanalyse von Heimathäfen und Anlandeorte stellte die für die Krabbenfischerei relevanten Regionen heraus. Hinsichtlich der Heimathäfen mit der höchsten Kutteranzahl und den Häfen mit der größten Anlandemenge ist Büsum in Schleswig-Holstein der relevanteste Hafen für die deutsche Krabbenfischerei. Danach folgten die niedersächsischen Häfen Greetsiel und Cuxhaven. Es wurde deutlich, dass sich angesichts der geringen Größe des Sektors die Forschung in AP 4 auf die gesamtdeutsche Krabbenfischerei beziehen muss, um erkenntniserweiternde betriebswirtschaftliche Vergleiche anstellen zu können. In Büsum fand am 07.02.2023 im Wirtschafts- und Wissenschaftspark mariCube eine Fokusgruppe mit fünf Krabbenfischereiunternehmenden sowie einem Funktionär der Krabbenfischerei statt. Eine zweite, größere Fokusgruppe wurde im Thünen-Institut für Seefischerei am 24.02.2023 für die niedersächsische Flotte abgehalten. Hier nahmen sechs Krabbenfischereiunternehmer mit unterschiedlichen Sitzen im nördlichen Niedersachsen und zwei Berater der Krabbenfischerei teil. Um die Einzelergebnisse der drei erstellten Modellkutter auf ihre Plausibilität zu überprüfen, wurden vier Validierungsrunden durchgeführt und die Modelle entsprechend der Rückmeldungen angepasst. Die erste Feedbackrunde dauerte ca. 1,5 Stunden und wurde innerhalb des Projektes im Rahmen eines Treffens am 03.07.2023 in Bremerhaven durchgeführt. Die drei angepassten Modelle basieren je auf bis zu 110 Variablen und wurden am 12.07.2023 den Teilnehmenden der Fokusgruppe in Büsum präsentiert und diskutiert. Von einer zusätzlichen Diskussion der Variablen mit den Teilnehmenden der Fokusgruppe in Bremerhaven wurde aufgrund der Haupt-Krabbenfangsaison abgesehen (geringe Teilnehmerzahlen). Anschließend wurden ausgewählte Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung im Rahmen des Thünen-Institut Themenfeldes „Nutztierhaltung und Aquakultur“ am 30.08.2023 vorgestellt, an dem Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler teilnahmen, die mit der Methode vertraut waren. Dieses Treffen validierte die Ergebnisse der Wirtschaftlichkeitsberechnung und die Durchführung der *agri benchmark* Methodik

zu gleichen Teilen. Zum Schluss wurden mit Hilfe der im Projekt insgesamt gesammelten Informationen zum Markt zwei Szenarien für eine alternative Wertschöpfung aus Sicht der Modellbetriebe gerechnet, damit sie ihre langfristige Profitabilität sichern.

## Ergebnisse Wirtschaftlichkeit Fangseite

### Profitabilitätsanalyse einzelbetriebliche Modelle

Die erstellten Modelle stellen nicht den statistischen Durchschnitt der Krabbenkutterflotte dar, sondern es sind typisch vorkommende Fahrzeuge (*representative firm models*). In Tabelle 5.3 sind die Charakteristiken der drei Krabbenkutter für das Jahr 2022 dargestellt. Der dort aufgelistete Code ermöglicht eine Identifizierung des Betriebs im internationalen Vergleich: DE für Deutschland (ISO 639 Ländercode), CSH für die Hauptzielart *C. crangon* (FAO Code) und die Bruttoreaumzahl (BRZ).

In der in Tabelle 5.4 abgebildeten Gewinn- und Verlustrechnung für die drei Betriebe im Jahr 2022 sind die gesamten Erlöse, abzüglich der operativen Kosten (fixe und variable Betriebskosten), der Abschreibungen und der Opportunitätskosten, sowie der daraus resultierende Unternehmergewinn in absoluten Werten (€) zu erkennen. Der Return on Investment, der die Rentabilität der Betriebe in Prozent zeigt, ist nur für den Wattenkutter positiv. Der Typische Kutter würde einen knapp positiven Unternehmergewinn erzielen, wenn der Durchschnittspreis pro Kilo Krabbe +0,49 €/kg höher wäre; bei dem Großen Kutter wäre dies bei +0,09 €/kg der Fall.

**Tabelle 5.3: Übersicht der drei erstellten Krabbenkutter mit den namensgebenden Bruttoreumzahlen (BRZ), Schiffslängen, Motorleistungen, Zeiten auf See, Gesamtanlandungen und Treibstoffverbräuchen im Jahr 2022.**

Modellname	Wattenkutter	Typischer Kutter	Großer Kutter
Code	DE-CSH-30	DE-CSH-34	DE-CSH-90
Bruttoreumzahl (BRZ)	30	34	90
Schiffslänge (m)	14,50	16,50	19,50
Motorleistung (kW)	221	221	221
Zeit auf See (Tage)	125	143	200
Gesamtanlandungen (kg)	50.000	50.000	90.000
Treibstoffverbrauch (l/h)	21	28	40

Quelle: eigene Darstellung

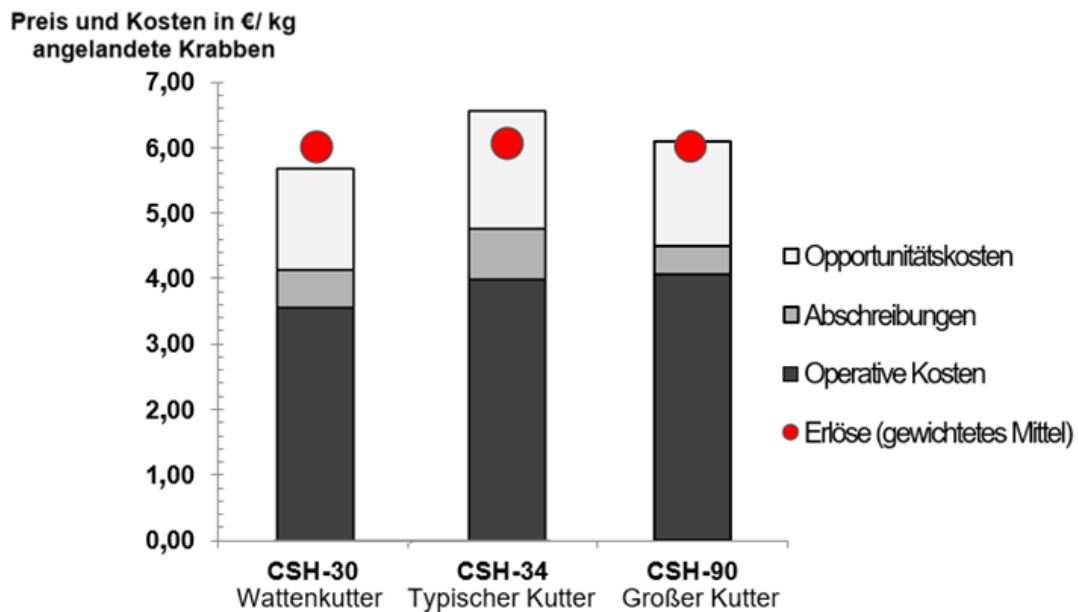
**Tabelle 5.4: Vereinfachte Gewinn- und Verlustrechnung in absoluten Werten (€) mit Gesamterlösen, operativen Kosten, Abschreibungen, Opportunitätskosten, Unternehmergewinn, sowie dem Return on Investment in Prozent für die drei Krabbenkuttermodelle im Jahr 2022.**

	Wattenkutter (DE-CSH-30)	Typischer Kutter (DE-CSH-34)	Großer Kutter (DE-CSH-90)
Erlöse gesamt (€)	300.000	303.600	540.000
Operative Kosten (€)	177.470	199.186	365.529
Abschreibungen (€)	29.399	39.179	39.751
Opportunitätskosten (€)	77.470	89.929	142.707
Unternehmergewinn (€)	15.661	- 24.694	- 7.986
Return on Investment (%)	2	- 1	0

Quelle: eigene Darstellung

Um die Profitabilität der Krabbenkutter im Jahr 2022 vergleichen zu können, werden die Erlöse und Kosten (aufgeteilt in die Gruppen operative Kosten, Abschreibung und Opportunitätskosten) pro Kilogramm angelandete Krabben dargestellt (Abbildung 5.2).

**Abbildung 5.2: Profitabilität der drei Krabbenkutter im Jahr 2022 im Vergleich.**



Quelle: eigene Darstellung

Sofern der Preis außerhalb der Kostenbalken liegt, ist ein Betrieb langfristig profitabel (> 5 Jahre), weil alle Kosten durch die Erlöse gedeckt werden. Hier ist es dann für Unternehmen möglich, sich selbst eine angemessene Entlohnung auszuzahlen und Rücklagen an Eigenkapital für zukünftig notwendige Investitionen zu bilden. Dies ist der Fall beim Wattenkutter im Jahr 2022. Werden lediglich operative Kosten und Abschreibungen gedeckt, so ist ein Betrieb mittelfristig profitabel (2-5 Jahre), wie beim Typischen und Großen Kutter im Jahr 2022. Diese Betriebe laufen jedoch Gefahr, langfristig nicht in der Lage zu sein, Kapitalrücklagen aufzubauen und drohen zukünftig ihre Wettbewerbsfähigkeit einzubüßen.

### *Szenarien regionale Entschälung*

Aus Fischereiperspektive würde es bereits ausreichen, in Abhängigkeit des Betriebsmodells einen kleinen Teil der Anlandungen auf regionalen Nischenmärkten zu besseren Preisen abzusetzen, um eine langfristige Profitabilität zu erreichen, ohne sich damit in direkte Konkurrenz zum Oligopson des Krabbengroßhandels zu begeben. Die interviewten Marktteilnehmerinnen und – teilnehmer waren sich weitgehend einig darüber, dass eine zur derzeitigen Handentschälung im Ausland konkurrenzfähige maschinelle Entschälung von Krabben (Produktionskosten <6,80 €/kg, exkl. Rohware) mittelfristig von den Mainstream-Markt beherrschenden Großhandel übernommen bzw. imitiert werden würde. Damit würde sich die grundsätzliche Organisation der Wertschöpfungskette und die Preispolitik gegenüber den Erzeugern nicht ändern. Einzig eine alternative Wertschöpfungskette mit einer erhöhten Wertschöpfung für die Krabbenfischerei könnte zu einer Verbesserung der Profitabilität der Erzeuger beitragen. Hierzu wurden zwei Szenarien gerechnet (Tabelle 5.5). Beide Szenarien gehen davon aus, dass 5% der Anlandungen pro Unternehmen über alternative Absatzwege abgesetzt werden können, ohne etablierte Distributionen und bestehende Konditionen mit dem Großhandel zu gefährden. Weiter wird eine Profitmarge von 30% für ein regionales Schälzentrum angenommen, damit diese zusätzlichen Kosten (bspw. Abschreibung der Investitionssumme für neue Schälmaschinen) decken kann und ebenfalls langfristig profitabel wirtschaftet.

Im ersten Szenario tritt ein regionales Schälzentrum als Neukunde auf, das einen Teil der Anlandungen zu einem gehobenen Erzeugerpreis von 10 €/kg Krabbe (empirischer Wert) ankauft. Unter dieser Bedingung würde es für den Großen Kutter (DE-CSH-90) ausreichen, 2,2% seiner Anlandungen an das Schälzentrum zu verkaufen, um langfristig rentabel zu werden. Der Typische Kutter (DE-CSH-34) müsste im gleichen Fall 12,5% seiner Anlandungen an das Schälzentrum verkaufen. Will dieser die Marke von 5%, die ein Neukunde an der Gesamtdistribution seiner Krabben hätte, nicht überschreiten, und dennoch eine langfristige Profitabilität erreichen, müsste der Typische Kutter einen Erzeugerpreis von 15,88 €/kg Krabbe verlangen. Dieser höhere Erzeugerpreis würde jedoch die Profitmarge des Schälzentrums (30%) schmälern oder dieses müsste seinerseits die Verbraucherpreise erhöhen, um weiterhin gewinnorientiert wirtschaften zu können. Eine solche Preispolitik hinge von der Zahlungsbereitschaft der Verbraucher ab, die je nach Region und Saison beim Fischeinzelhandel im Einzelfall bis zu 99,50 €/kg im Jahr 2022 betrug (vgl. Kapitel 5.5).

Das zweite Szenario geht von einer Direktvermarktung (DM) des Krabbenfleisches durch die Fischerinnen und Fischer selbst an die Endverbraucher aus. Die Krabben wurden zuvor von einem regionalen Schälzentrum verarbeitet. Die Fischerinnen und Fischer zahlen diesem Zentrum eine Gebühr für die Entschälung. Bei einem Verbraucherpreis in der Direktvermarktung von 65 €/kg<sup>2</sup> Krabbenfleisch darf die Gebühr für das Entschälen der Krabben für den Großen Kutter 40,70 €/kg Krabbenfleisch nicht übersteigen, wenn der Fischer/die Fischerin nicht mehr als 5% seiner Anlandungen selbst vermarkten will. Unter gleichen Bedingungen könnte der Typische Kutter lediglich 15,38 €/kg für den Entschälungsservice bezahlen. Wieder könnten im Einzelfall höhere Verbraucherpreise in der Direktvermarktung eine Alternative darstellen. Diese müssten unter den gegebenen Annahmen für den Typischen Kutter je nach Höhe der Schälgebühr 75,91 €/kg (beim besten Fall Produktionskosten) bzw. 94,89 €/kg (beim schlechtesten Fall Produktionskosten) betragen. Für den Großen Kutter könnte der Endverbraucherpreis bei einer niedrigen Schälgebühr (bester Fall) mit 50,59 €/kg bei 5% DM der Anlandungen sogar unter dem Durchschnittspreis liegen oder er begnügt sich bei einem Endverbraucherpreis von 65 €/kg damit, 1,2% seiner Anlandungen direkt zu vermarkten und hätte damit seine langfristige Profitabilität bereits gesichert. Im schlechtesten Fall, also bei Schälgebühren von 45,27 €/kg für das kg geschälte Krabben, müsste der Große Kutter bei 5% DM vom Endverbraucher 69,57 €/kg Krabbenfleisch erhalten.

**Tabelle 5.5: Profit, Erzeugerpreise, Verbraucherpreise, Distributionsanteile und Produktionskosten von Krabben und Krabbenfleisch zur Erreichung langfristiger Profitabilität (PL) von zwei Betriebsmodellen in unterschiedlichen Szenarien für 2022.**

**Szenario 1 – Regionales Schälzentrum als Neukunde (NK)**

Modell	Typisch (DE-CSH-34)	Groß (DE-CSH-90)
Benötigter Zusatz-Profit für eine langfristige Profitabilität ( $P_L$ ) (emp.)	24.694 €	7.986 €
Erzeugerpreis kg Krabbenabsatz Nischenmarkt (emp.)	10,00 €	10,00 €
% Anlandungen an NK um $P_L$ zu erreichen	12,5%	2,2%
kalk. Erzeugerpreis per kg Krabbe um $P_L$ bei 5% Absatz an NK zu erreichen (kalk.)	15,88 €	7,77 €

Quelle: eigene Darstellung

**Szenario 2 – Direktvermarktung (DM) von regional geschältem Krabbenfleisch**

Modell	Typisch (DE-CSH-34)	Groß (DE-CSH-90)
Benötigter Zusatz-Profit für $P_L$ (emp.)	24.694 €	7.986 €
Verbraucherpreis kg Fleisch Nischenmarkt (emp.)	65,00 €	65,00 €

<sup>2</sup> Arithmetisches Mittel Stichprobe Fischfachhandel (Kapitel 5).

	Bester Fall	Schlechtester Fall	Bester Fall	Schlechtester Fall
<i>Produktionskosten<sup>3</sup> kg Krabbenfleisch (exkl. Rohware, inkl. 30% Profitmarge Schälzentrum)(kalk.)</i>	26,29 €	45,27 €	26,29 €	45,27 €
<i>% Anlandungen DM um P<sub>L</sub> zu erreichen</i>	7,8%	>100% = nicht anwendbar	1,2%	29%
<i>Verbraucherpreis kg Fleisch Nischenmarkt bei 5% DM für P<sub>L</sub> (kalk.)</i>	75,91 €	94,89 €	50,59 €	69,57 €
<i>Max. Produktionskosten kg Krabbenfleisch für P<sub>L</sub> bei 5% DM und 65,00 €/kg Verbraucherpreis (kalk.)</i>	15,38 €		40,70 €	

Quelle: eigene Darstellung

## 5.4 Experteninterviews entlang der Wertschöpfungskette

Die Interviews entlang der Wertschöpfungskette wurden in enger Zusammenarbeit mit dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt CoastalFutures I<sup>4</sup> geführt, um eine Interview-Müdigkeit der Stakeholder und Fischerinnen und Fischer zu vermeiden und inhaltliche Synergieeffekte zu erzielen. Die Erstellung der Leitfäden, Experten Auswahl und -befragung erfolgten gemeinschaftlich.

### Methodik Interviews Wertschöpfungskette

Um die Frage nach fördernden und hemmenden Faktoren für das Marktpotenzial des kontaktlosen Schälens aus der Sicht von Produzentinnen und Produzenten sowie Branchenexpertinnen und -experten zu beantworten, wurden zwei Fokusgruppen (s. oben) und 24 semi-strukturierte Einzelinterviews mit Stakeholdern durchgeführt. Der Interviewleitfaden wurde nach der Sammeln-Prüfen-Sortieren-Subsummieren-Methode von Helfferich (2011) erstellt, was zu einem referenzierten Leitfaden mit insgesamt 20 Fragen für jede Stakeholder-Gruppe führte. Die Stakeholder-Gruppen, kategorisiert nach Provenienz, waren Fischer (8), Fischereibeamte (7), Gemeindevorstände (4), Fischhändlerinnen und -händler (2) und Fischverarbeiter (3). Die Interviews wurden in verschiedenen Gemeinden entlang der Nordseeküste (Bremerhaven, Büsum, Cuxhaven, Greetsiel, Neuuharlingersiel, Norddeich, Wittdün) von November 2022 bis Dezember 2023 durchgeführt. Die Interviews dauerten zwischen 45 Minuten und 3 Stunden. Die Interviewaufnahmen wurden transkribiert, anonymisiert und nach der Methode der thematischen, qualitativen Textanalyse von Kuckartz (2014) mithilfe der Software MAXQDA Plus 12 (1995 - 2018) analysiert. Die Teilnehmenden erteilten ihre schriftliche Einwilligung zur Teilnahme an der Studie, wobei ihre Daten pseudonymisiert wurden.

Im nachfolgenden Kapitel werden die identifizierten Kategorien<sup>5</sup> zusammengefasst und anhand von Ankerbeispielen<sup>6</sup> aus den Interviews pseudonymisiert dargelegt.

<sup>3</sup> Kosten bereits existierender Schälmaschinen (empirisches Minimum und Maximum) + angenommene Profitmarge Schälzentrum (30%) bei Verbraucherpreis 65 €/kg (s. Fußnote 4).

<sup>4</sup> Vollständiger Titel: CoastalFutures Phase 1 – Zukunftsszenarien zur Förderung einer nachhaltigen Nutzung mariner Räume; Förderkennzeichen: 03F0911F

<sup>5</sup> In der qualitativen Textanalyse ist eine Kategorie eine grundlegende Einheit der Analyse, die spezifische Aspekte des Textes oder Datenmaterials zusammenfasst (Kuckartz 2014).

<sup>6</sup> Ein Ankerbeispiel wird verwendet, um eine Kategorie zu veranschaulichen und zu verdeutlichen. Es ist ein Interviewauszug, der die Kategorie besonders gut repräsentiert (Kuckartz 2014).

### Ergebnisse Interviews Wertschöpfungskette

In Tabelle 5.6 sind die von den Stakeholdern in den Interviews genannten fördernden und hemmenden Faktoren zur Implementierung der kontaktlosen Schältechnik am Markt aufgelistet. Die Stichpunkte enthalten keine Gewichtung und keine Bewertung.

**Tabelle 5.6: Übersicht über die von den Stakeholdern benannten fördernden und hemmenden Faktoren zur Implementierung der kontaktlosen Schältechnik am Markt (Auflistung der Stichpunkte ohne Gewichtung und Bewertung).**

Fördernde Faktoren (Chancen)	Hemmende Faktoren (Herausforderungen)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neue Einkommensquellen und (verbesserte) unternehmerische Unabhängigkeit</li> <li>• Verbesserte Produktqualität regional entschälter Krabben</li> <li>• Höhere Zahlungsbereitschaft der Kunden</li> <li>• Verbesserte Profitabilität</li> <li>• Entschälung weiterer Crustacean möglich</li> <li>• Unterstützung durch Gemeinschaft und Familie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verarbeitendes Oligopson: Marktmacht und Abhängigkeit der Fischer</li> <li>• Innovation technisch nicht ausgereift; unsichere Wirtschaftlichkeit; hohe Lernkosten</li> <li>• Schlechte Erfahrungswerte mit bestehender Technik</li> <li>• Hohe Investitionskosten</li> <li>• Verderblichkeit des Produktes</li> <li>• Hohe organisatorische Anforderungen (Arbeit, Kapital, Standort, Logistik, bürokratische Regularien)</li> <li>• Beschränkte Nachfrage nach dem regionalen Produkt zum (potentiell) höheren Preis</li> </ul>

Quelle: eigene Darstellung

Im Folgenden werden die Chancen und Herausforderungen hinsichtlich der neuen Technik aus Sicht der Interviewten beschrieben.

Obwohl die hemmenden Faktoren in ihrer Anzahl überwiegen, sehen die Stakeholder in der neuen Schältechnik Potenziale, die wirtschaftliche Lage der Betriebe zu verbessern. Indem neue Einkommensquellen erschlossen werden, kann die unternehmerische Unabhängigkeit gesteigert werden.

„Es wäre schön, wenn wir die selber hier regional pulen lassen können. Also das wäre super. Damit sie nicht mehr irgendwie nach Marokko gekarrt werden müssen. Vielleicht wäre das für uns auch was. Weißt du, dass wir ein bisschen mehr Geld dafür kriegen? Für die Krabben? Dass nicht bloß die Großhändler daran verdienen?“ (Daniel K., 182)

Gleichzeitig sorgt die angestrebte verbesserte Produktqualität des regional produzierten Krabbenfleisches für eine höhere Zahlungsbereitschaft bei den Verbrauchenden.

„Also nur regional reicht dann auch nicht. Ich muss dann schon diese/ also Mehrwert für die Fischerei muss rauskommen. Gleichzeitig der Mehrwert an der Qualität des Produktes.“ (Steffi I., 113)

„Nein, ich sehe es so, dass der Preis, dass ein höherer Preis gezahlt wird, wenn die Qualität stimmt. Die Qualität muss stimmen.“ (Bert F., 59)

Hierdurch, und durch die Entschälung weiterer Krustentiere mittels der kontaktlosen Technik, könnte die Profitabilität der Betriebe verbessert werden.

„Ob da jetzt ne, ne Krabbenschale sprengst oder ne Hummerschale oder ne Krebschale, wa. Für die Sachen wird das nachher auch interessant.“ (Knut P., 334)

Die Implementierung der Technik kann gefördert werden, wenn Fischerinnen und Fischer **zur Zusammenarbeit** bereit sind, z.B. durch gemeinsame Finanzierung von Investitionen, Wissensaustausch oder Erzielung von Nutzungssynergien. Allerdings sind nicht alle Fischer bereit zur Zusammenarbeit.

„Man muss ja sagen, keiner traut dem anderen. Also ja, ich. Ich gönne ihnen den Dreck unterm Fingernagel auch nicht. Also von daher ja, nee, jeder versucht, sein Ding durchzuziehen und man ist immer gewaltig am Gucken, dass man ja vor dem anderen da reinkommt, in sagen wir mal, in einem Priel und sowas. Ja, aber das ist Fischerei, das ist normal. Ja, jeder versucht das Beste rauszuschlagen.“ (Daniel K., 62)

**Die fehlende Kooperationsbereitschaft zwischen Fischerinnen und Fischern erhöht die Bedeutung der Unterstützung innerhalb der Familie.**

„Und die Familie, die muss dahinterstehen. Ob ich nun Fischer bin oder was ich jetzt mach, meine Frau hinter oder meine Toch/ die eine von den Töchtern, die stehen alle dahinter, die ganze Familie. Das ist nen Familienbetrieb. Und die Familie muss mitmachen.“ (Simon R., 58)

**Als großes Hemmnis sehen die befragten Stakeholder die bestehende Marktmacht des verarbeitenden Oligopson, von welchem die Fischerinnen und Fischer abhängig sind.**

„Wenn ich nachher an den Lebensmitteleinzelhandel rangeh, habe ich da oben drüber noch zwei Global Player, die da ein/ ein Riesen-Interesse dran habe, dass ich in diesen Markt NICHT reinkomme. (...) Und aktuell haben die den längeren Atem [...] Die Schwierigkeit aktuell, ich sag das mal so salopp, wenn ich meinem jetzigen Abnehmer ans Bein pisse, wenn er merkt, dann ist sofort Schluss. Und dann MUSS mein Plan B schon stehen, wenn Plan A wegbricht.“ (Michael F., 94-101)

**Zudem ist die neue kontaktlose Entschälmaschine technisch nicht ausgereift, sodass viele offene Fragen seitens der Stakeholder bestehen, z.B. zu Investitionskosten, Wirtschaftlichkeit, Patentrechten oder der Krabbenfleisch-ausbeute. Zudem werden hohe Lernkosten bei einem Markteintritt erwartet.**

„Das ist aber natürlich noch viel zu früh, um darüber zu sprechen, weil man weder die Ausbeute kennt, noch die Geschwindigkeit, noch die Investition. Also was kostet mich die Maschine, wie viel schafft die Maschine? Was kann die Maschine leisten?“ (Vinzenz E., 169)

„Wenn wir diese Maschine tatsächlich anschaffen. Entweder wir als Betrieb oder wir als Fischer in [Ort] oder, oder, oder. Dann gehört da ja auch eine Vorlaufzeit zu. Weil man braucht ja definitiv Räume. Und so weiter und so fort. Und auch die Finanzierung.“ (Alexandra L., 290)

**Gleichzeitig besteht eine gewisse Skepsis gegenüber der kontaktlosen Schälmaschine, da die bestehenden Techniken sich nur in der Nische etablieren konnten.**

„[...] hat zum Beispiel Maschinen von Anfang bis Ende mit begleitet und gehabt und ja, Enttäuschungen und Niederlagen damit erlebt und so, ...“ (Sabine B., 26)

„Und wie gesagt, es gab es ja schon Pulmaschinen ja, aber die haben ja nicht so besonders gut funktioniert. Ja nee, viel, viel Abfälle oder Schalenreste drin und ja.“ (Daniel K., 186)

**Durch die hohe Verderblichkeit des Produktes entstehen bei einem Markteintritt der Schälmaschine hohe organisatorische Anforderungen an die Standortwahl insb. mit ausreichenden Kühlkapazitäten, die Kapitalverfügbarkeit, die Einstellung oder Umplanung von Arbeitskräften, den Logistikaufbau (Krabbenverarbeitung & -vermarktung) und die Einhaltung von Vorschriften in der Lebensmittelproduktion.**

„Die Maschinen müssen gut funktionieren und es kann nicht sein, dass. Ich sage mal, wenn man jetzt im Probetrieb mit einer Maschine fährt und die Maschine kaputt ist und man muss dann wochenlang auf Ersatzteile warten. Wohin mit den Krabben? Die kommen täglich.“ (Willi J., 179)

„Das ist einfach so und natürlich was natürlich jetzt auf die Fischerei auch bezogen, diese endlose Bürokratie, die auf uns zugekommen ist [...] Du kannst ja heutzutage, musst ja bald eine Bürokratie mitnehmen.“ (Johannes G., 110)

„Also dann, keine Leute. Es fahren schon mehr Filipinos. Ein Deutscher will sich gar nicht mehr herablassen zur Arbeit. Ja, weil es ist Wochenende und so.“ (Bernd B., 15)

„Ja, ich hab das ja, ich hab da jetzt zwei Jahre für gebraucht, um die ganze Vermarktung aufzubauen, ne. Ich hab ja selber auch drei Kühlfahrzeuge und fahr das ja auch alles selber weg, ne.“ (Knut P., 88)

**Weiter wird von den Stakeholdern die Krabbenfleischnachfrage vor Ort (zum potentiell höheren Endverbraucherpreis) als limitiert angesehen, welches eine schwierig zu etablierende überregionale Vermarktung erforderlich machen würde.**

„Nee, das ist jetzt nicht, wenn ich dich ganz kurz unterbrechen darf, [...] weil ich selber genau weiß oder einschätzen kann, wie viel Kilo brauche ich die Woche? Wie viel schafft meine Pulanlage? Wie viel kriege ich hier vermarktet? Das ist natürlich saisonal total

abhängig, total unterschiedlich. Also regional natürlich. Hier für [Ort] produzieren? Ja. Und verkaufen? [unv.] würde für Büsum verkaufen. [...] Die Büsumer sind voll am Arsch. Dass das zu viele sind und davon leben. Davon braucht nicht jeder eine, haben aber einen großen Tourismusbetrieb. Ja, aber stell dir mal vor, dass ich sag mal, wie die Kutter da an der Perlenschnur liegen. Jeder so einen kleinen Stand davor aufbaut und den Leuten das "direkt hier gefangen, hier gepult" verkauft den Kram." (Tim D., 851)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Stakeholder die Übernahme der kontaktlosen Schältechnik sehr gemischt bewerten. Es ist offensichtlich, dass der derzeitige Stand der Maschinenentwicklung nicht ausreicht, um das Potential der Technik bewerten zu können. Vielmehr werden Erwartungen und Befürchtungen auf die Entwicklung der Maschine projiziert. Einerseits schrieben die Befragten der Maschine grundsätzlich das Potenzial zu, eine regionale Wertschöpfung steigern zu können, die Zahlungsbereitschaft von Verbrauchenden zu fördern und die Marktposition der Krabbenfischereibetriebe zu verbessern. Andererseits äußerten Stakeholder Bedenken hinsichtlich hoher, nicht abzuschätzender finanzieller Risiken, unsicherer Marktnachfrage und der dominierenden Marktmacht bestehender Verarbeitungsunternehmen, die die Handlungsfähigkeit einzelner Fischerinnen und Fischer einschränken, unabhängig in die Wertschöpfungskette einzutreten. Vergangene Misserfolge von maschinellen Entschälungstechniken verdeutlichen die Schwierigkeiten beim Aufbrechen verfestigter Marktstrukturen. Ein direkt oder indirekt im Feld vorhandenes, kollektives Erfahrungswissen über das Scheitern einst innovativer Schältechniken oder neuer Vermarktungswege stellt eine weitere Hürde dar, um weitreichende Veränderungen in der Branche voranzutreiben.

## 5.5 Marktübersicht zum Lebensmittelhandel von Krabbenfleisch

Die Marktübersicht über den Status quo von Lebensmitteleinzelhandel und Fachhandel ermöglicht eine Einschätzung der Preise und Mengen von „Konkurrenzprodukten“ für das maschinell entschälte Krabbenfleisch.

### Methodik Lebensmittelhandel

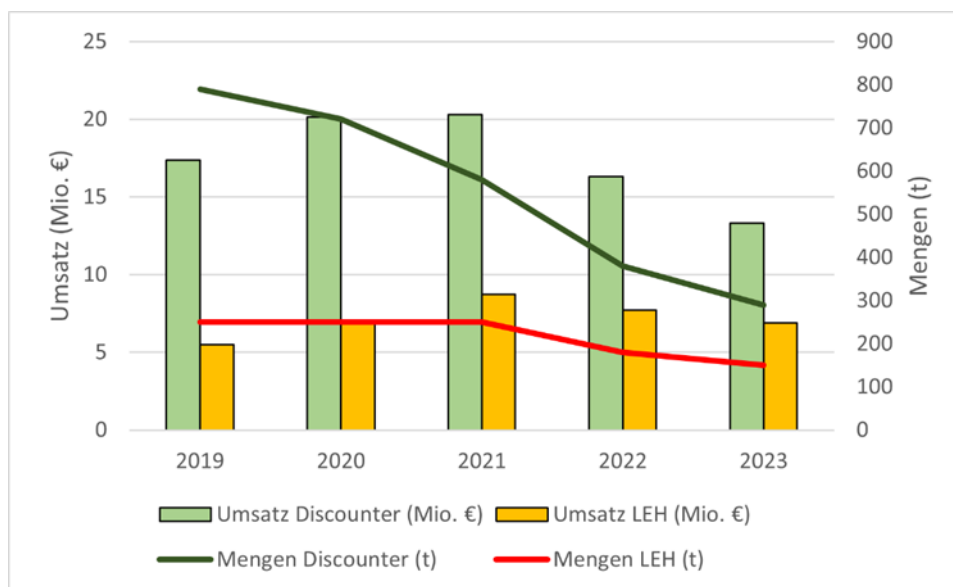
Zwischen November 2023 und August 2024 wurden 26 Experteninterviews telefonisch mit Inhaberinnen und Inhabern, CEOs, Einkaufs- und Produktmanagerinnen und -managern von Fischereigenossenschaften, Discountern, Einzelhändlern, Großabnehmern und Gastronomiediensten zu Mengen, Einkaufspreisen und Verkaufspreisen von Nordseekrabbenfleisch für die Jahre 2019 bis 2023 durchgeführt, die insgesamt mehr als 10.000 Verkaufsstellen repräsentieren. Diese Interviews ermöglichten einen Überblick über den Einzelhandelsmarkt für geschältes Nordseekrabbenfleisch in Deutschland. Basierend auf den recherchierten Informationen und verfügbaren Daten wurden die Mengen an 100g verpacktem Krabbenfleisch zu einer Gesamtmenge von etwa 500 t Krabbenfleisch im Einzelhandel summiert, was den Einzelhandelssektor erheblich unterschätzte. In der Folge wurden die Einzelhandelsmengen von fünf Marktinsidern überprüft und in persönlichen Gesprächen, per E-Mail und persönlicher Kommunikation diskutiert. Dies führte zu einem besseren Verständnis der Einzelhandelsstufe.

### Ergebnisse Lebensmittelhandel

Die Top vier des Lebensmitteleinzelhandels Edeka-Group, REWE-Group, Schwarz-Group und Aldi-Group hatten in den letzten Jahren einen stabilen Umsatzanteil von etwa 75% des gesamten Lebensmitteleinzelhandelsmarktes in Deutschland (Lebensmittelverband Deutschland 12.04.2023; Nielsen 2023). Insgesamt besteht der Lebensmitteleinzelhandelssektor aus rund 37.000 Verkaufsstellen (mit einem leichten negativen Trend von 2015-2022; Destatis 2023b) mit rund 1,3 Millionen Mitarbeitern und einem Gesamtumsatz von rund 240.000 Millionen Euro (im Jahr 2020 Lebensmittelverband Deutschland 12.04.2023; Destatis 2023a). Je nach Organisation der Unternehmen (genossenschaftlich wie Edeka-Group oder zentralisiert wie Aldi-Group) bieten nicht alle Verkaufsstellen (Point of Sale; PoS) einer Gruppe Nordseegarnelen an. Unsere Stichprobe umfasst 12.800 Verkaufsstellen für 2022 und 10.800 Verkaufsstellen für 2023, die Nordseegarnelen gelistet hatten. Wenn gelistet, wird das Produkt standardmäßig in einer 100g-Packung angeboten; geschält und konserviert. Weitere Mengen werden als Krabbensalat und Krabbenfleisch an der Fischtheke einiger PoS verkauft (insbesondere an

Edeka-Supermärkten, z.B. ca. 20 t für Edeka-Nord im Jahr 2023). **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** zeigt die Veränderungen der Verkaufsvolumina und -umsätze von 100g-Packungen geschälter Nordseegarnelen bei Discountern<sup>7</sup> und Einzelhändlern<sup>8</sup> in Deutschland von 2019 bis 2023 (ohne Garnelensalate und Verkäufe an Fischtheken). Discounter verzeichneten zunächst einen Anstieg der Umsätze von 17,38 Millionen Euro im Jahr 2019 auf 20,3 Millionen Euro im Jahr 2021, gefolgt von einem Rückgang auf 13,3 Millionen Euro von 2022 bis 2023. Die über Discounter verkauften Nordseegarnelenmengen sanken kontinuierlich von 790 Tonnen im Jahr 2019 auf 290 Tonnen im Jahr 2023. Die Entscheidung von Aldi-Süd, den Verkauf von Nordseegarnelen im Jahr 2022 in manchen Regionen einzustellen, trug erheblich zu diesem Rückgang bei. Einzelhändler hingegen hielten stabile Mengen von 250 Tonnen pro Jahr von 2019 bis 2021 aufrecht, die dann 2022 auf 150 Tonnen im Jahr 2023 sanken. Die Umsätze der Einzelhändler stiegen von 5,5 Millionen Euro im Jahr 2019 auf 8,75 Millionen Euro im Jahr 2021, bevor sie 2022 auf 6,9 Millionen Euro im Jahr 2023 fielen. Höhere Verbraucherpreise konnten die sinkenden Volumina und Rückgänge bei den Umsätzen nicht ausgleichen. Im Vergleich der Jahre 2019 bis 2023 verzeichneten Discounter einen Rückgang des Umsatzes um -24%, während Einzelhändler einen Anstieg um +26% verzeichneten. Die Daten bestätigen, dass die Kundinnen und Kunden von Discountern preissensibler sind als andere. Darüber hinaus konnten Einzelhändler trotz steigender Verbraucherpreise und sinkender Vertriebsmengen einen Zuwachs beim Umsatz erzielen. Dennoch sind die Marktdynamiken bei Nordseegarnelen sehr volatil und langfristige Trends können nicht projiziert werden. Die beobachteten Veränderungen bei Volumina und Umsätzen wurden durch einen starken Anstieg der Einkaufspreise von 18,70 €/kg im Jahr 2019 auf mehr als das Doppelte, nämlich 40,40 €/kg im Jahr 2023, verursacht (s. Tabelle 5.7).

**Abbildung 5.3: Umsatz und Mengen von Nordseegarnelenfleisch (Produkt 100g Packungen) Discounter und Lebensmitteleinzelhandel in den Jahren 2019 bis 2023 in Deutschland.**



Quelle: eigene Darstellung

Es scheint keine Unterschiede zwischen den Preisstrategien von Aldi-, Schwarz-, Edeka- und REWE-Group zu geben. Laut Marktinformationen legt die Aldi-Group (ALDI Einkauf SE & Co. oHG in Essen) die Grundlage für die

<sup>7</sup> Discounter: Aldi Nord (ca. 2.200 Verkaufsstellen), Lidl (ca. 3.350 Verkaufsstellen; davon ca. 1.300 Verkaufsstellen, die Nordseegarnelen listen), Netto (ca. 4.300 Verkaufsstellen), Aldi Süd (ca. 2.000 Verkaufsstellen, die Nordseegarnelen bis 2022 listen), insgesamt 7.800 Verkaufsstellen, die Nordseegarnelen im Jahr 2023 listen (9.800 im Jahr 2022).

<sup>8</sup> Einzelhändler: Edeka (ca. 2.500 Verkaufsstellen, die Nordseegarnelen listen), REWE (ca. 500), insgesamt ca. 3.000 Verkaufsstellen im Jahr 2023.

jährliche Preispolitik im Einzelhandel im Fall von Nordseegarnelen fest (Marktinsider 2, persönliche Mitteilung, 18. Dezember 2023).

**Tabelle 5.7: Ein- und Verkaufspreise, Erlöse und Margen des Lebensmitteleinzelhandels für geschälte, konservierte und verpackte Nordseegarnelen (100g Einheiten) in den Jahren 2019 bis 2023.**

Jahr	Einkaufspreis	Verkaufspreis	Erlös	Marge
2019	18,70 €/kg	22,00 €/kg	3,30 €/kg	15,0%
2020	23,80 €/kg	28,00 €/kg	4,20 €/kg	15,0%
2021	30,10 €/kg	35,00 €/kg	4,90 €/kg	14,0%
2022	36,50 €/kg	42,90 €/kg	6,40 €/kg	14,9%
2023	40,40 €/kg	46,00 €/kg	5,60 €/kg	12,2%

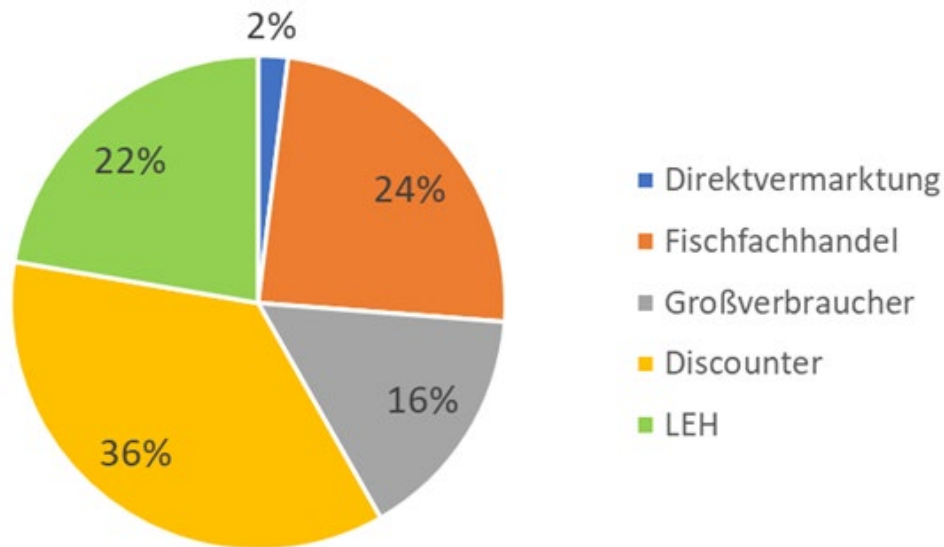
Quelle: eigene Darstellung

Die Preispolitik und Verpackung im Fall von Großverbrauchern und Großhändlern, die auf die Belieferung u.a. von Gastronomie spezialisiert sind, wie Chefs Culinar, Deutsche See, Metro oder Transgourmet, ist anders. Nordseegarnelen werden der Gastronomie als 900g oder 1.000g Gefrierpackungen angeboten. Das Produktportfolio von Fischfachhändlern ist in der Regel vielfältiger als im Lebensmitteleinzelhandel oder von Großverbrauchern. Rund 10.000 Fischhändler (Fisch-Informationszentrum (FIZ) 2024) verkaufen gekochte Nordseegarnelen mit oder ohne Schale und Variationen von konservierten geschälten Garnelen an die Verbraucher. Die Preisstreuung in der vorliegenden Stichprobe der Fischhändler ist entsprechend breit. Je nach Produkt, Verkaufsstelle (z. B. Feinkostladen, Bauernmarkt), Region und Verkaufssaison variieren die Verkaufspreise für die 18 befragten Fischhändler (die 24 Verkaufsstellen repräsentieren) von minimal 12,67 €/kg bis maximal 70,60 €/kg im Jahr 2019 oder 29,40 €/kg bis 99,50 €/kg im Jahr 2023. Die vertriebenen Mengen sind im Vergleich zum Einzelhandel gering: Im Durchschnitt verkaufte jede Verkaufsstelle der Fischhändler in der Stichprobe zwischen 2019 und 2023 rund 350 bis 650 kg pro Jahr an Nordseegarnelenprodukten. Basierend auf dem durchschnittlichen Verkaufsvolumen der gegebenen Stichprobe (ohne Ausreißer) verkaufte ein typischer Fischhändler 247 kg Nordseegarnelen im Jahr 2023, wobei geschätzt wird, dass die Branche insgesamt etwa 250t Nordseegarnelen im Jahr 2023 verkaufte.

Trotz der Lücken und Unsicherheiten zur Datenlage ermöglichen die verfügbaren quantitativen Daten und qualitative Kontextinformationen von Marktteilnehmerinnen und -teilnehmern eine konservative Schätzung des Gesamtmarktes für Nordseekrabben in Deutschland:

Im Jahr 2023 wurden in Deutschland rund 1.000 t Nordseegarnelenfleisch über den Handel vertrieben. Hinzu kämen ca. 20 t in Deutschland maschinengeschältes oder handgeschältes Krabbenfleisch. Die Volumenanteile am Markt für Krabbenfleisch waren 2023 wie folgt verteilt (s. **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**): ca. 36% von Discountern an Verbraucher, ca. 24% von Fischhändlern an Verbraucher, ca. 22% von Supermärkten an Verbraucher, ca. 16% von Lebensmittel-Großhändlern an die Gastronomie und ca. 2% in Nischenmärkte für in Deutschland hand- bzw. maschinengeschältes Krabbenfleisch.

Abbildung 5.4: Marktanteile nach Verkaufsmengen Nordseekrabbenfleisch in Deutschland 2023.



Quelle: eigene Darstellung

Im Vergleich zu in Eurostat aufgeführten Mengen (EUROSTAT 2025) besteht eine Diskrepanz von etwa 500 t Krabbenfleisch zu unserer konservativen Schätzung. Eine optimistische Schätzung würde dementsprechend zu einer Marktnachfrage für Nordseegarnelenfleisch von etwa 1.500 t führen. Die Verteilung der Menge, sowie die Ein- und Verkaufspreise sind in Tabelle 5.8 dargestellt. Es ist ersichtlich, dass die Verkaufspreise insbesondere bei den Fischhändlern eine weite Spanne aufweisen.

Tabelle 5.8: Geschätzte Marktnachfrage nach Nordseegarnelenfleisch in Deutschland im Jahr 2023 – Mengen, Einkaufs- und Verkaufspreise der verschiedenen Händler laut Experten-Telefoninterviews.

Marktelement	Wert	
<b>Marktnachfrage nach Nordseegarnelenfleisch</b>	<b>gesamt 1.000 - 1.500 t</b>	
Direktvermarktung via Schälmaschinen/Handentschälung DEU Nischenmarkt	min. 20 t	
Discounter und Lebensmitteleinzelhandel (LEH)	min. 600 t	
Fischfachhandel, Lebensmittelversorger, Gastronomie	min. 400 t	
<b>Ausgewählte Produktpreise (n = PoS*)</b>	<b>Einkaufspreis</b>	<b>Verkaufspreis</b>
Direktvermarktung maschinell/hand- geschält DEU (n = 4)	6,90 – 11,34 €/kg (ungeschälte Krabben)	84,90 – 89,00 €/kg
Discounter und LEH (n = 10.800)	40,40 €/kg	46,00 €/kg
Fischfachhandel (n = 24)	15 – 25,68 €/kg	29,40 – 99,50 €/kg

Lebensmittelversorger (n = 4)	Unbekannt	24,30 - 46,00 €/kg
Gastronomie (n = 40)	Unbekannt	29,40 €/kg
* Points of Sale		

Quelle: eigene Darstellung

## 5.6 Schlussfolgerungen

Das AP4 „Betriebswirtschaftliche Analyse und Innovationsdiffusion Maschine“ erstellte eine detaillierte Analyse der Wirtschaftlichkeit von Krabbenschälmaschinen und der Handentschälung von Krabben in Deutschland und im Ausland. Es wurden innerhalb des Zeitplanes Interviews, Fokusgruppen und Literaturrecherchen durchgeführt und ausgewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass die in Deutschland geschälten Krabben aufgrund hoher Produktionskosten nicht mit den Großmarktpreisen konkurrieren können, da die in Marokko entschälenden Großhandelsbetriebe Skaleneffekte nutzen. Dennoch bedient die vor-Ort-Entschälung ein eigenes Marktsegment in der Nische, sodass höhere Endverbrauchspreise erzielt werden können. Dies ermöglicht es den Schälmaschinenbetreiberinnen und -betreibern, rentabel zu wirtschaften.

Die Notwendigkeit aus einer schlechten wirtschaftlichen Lage heraus, neue Absatzmöglichkeiten zu finden, war bei den analysierten einzelbetrieblichen Modellen von Krabbenfischereien unterschiedlich ausgeprägt. Der kleine Wattenkutter (DE-CSH-30) war der profitabelste, was zeigt, dass operative Effizienz und spezialisierte Fischereipraktiken die wirtschaftliche Widerstandsfähigkeit sogar unter volatilen Marktbedingungen erhöhen können. Dies steht im Einklang mit Knöpfel et al. (2025), die argumentieren, dass die Verbesserung der technischen Effizienz der wichtigste Faktor für die Erreichung wirtschaftlicher Rentabilität für die Krabbenfischerei ist, da "Fischer wenig bis gar keinen Einfluss auf die meisten Kosten und Preise haben" (ebd., S.2). Im Gegensatz dazu stehen der Typische (DE-CSH-34) und der Große Kutter (DE-CSH-90) vor ernsthaften finanziellen Herausforderungen, die sich an den niedrigen oder gar negativen Betriebsergebnis des operativen Gewinns (EBIT, Earnings before Interest and Taxes) zeigt. Um im Jahr 2022 die Gewinnschwelle (Break-even point) zu erreichen, hätten diese Schiffe eine Preiserhöhung von 49 ct/kg (Typisch) und 9 ct/kg (Groß) für Nordseekrabben (ganz) benötigt. Da Fischerinnen und Fischer als Preisnehmer in einem oligopsonischen Markt agieren, ist es unwahrscheinlich, dass solche erforderlichen Preiserhöhungen in der bestehenden Marktstruktur realisiert werden. Diese für Fischerinnen und Fischer unbefriedigende Situation macht es wahrscheinlich, dass einzelne Fischereibetriebe, insbesondere diejenigen, die den zwei Modellen DE-CSH-34 und DE-CSH-90 ähneln, aktiv nach alternativen unternehmerischen Gelegenheiten suchen. Eine neuartige Schältechnologie könnte zu so einer Gelegenheit führen und neue, direkte Vermarktungsstrategien ermöglichen, die die Abhängigkeit von Großhändlern verringert.

Allerdings ergaben Interviews mit Stakeholdern eine gemischte Bewertung des neuen kontaktlosen Schälens als unternehmerische Chance. Die Innovationstheorie ist hier deutlich (Rogers, 2003): Die Wahrnehmung eines relativen (wirtschaftlichen) Vorteils ist Voraussetzung für die Übernahme neuer Technologien. Da die Prüfung der wirtschaftlichen Machbarkeit der neuen Schältechnik an einem Prototyp zum Zeitpunkt des Projektberichtes noch ausstand, konnte diese nur indirekt durch vorhandene Marktinformationen hergeleitet werden. Stakeholder äußerten Bedenken hinsichtlich hoher finanzieller Risiken, unsicherer Marktnachfrage und der überwältigenden Marktmacht bestehender Verarbeitungsunternehmen, die die Fähigkeit einzelner Fischerinnen und Fischer einschränken, unabhängig in die Wertschöpfungskette einzutreten. Historische Präzedenzfälle bieten zudem weiteren Grund zur Vorsicht – bis zu 58 mechanische Schälmaschinen wurden von Einzelinvestoren, Produzentenorganisationen und Fischhändlern in der Vergangenheit auf den Markt gebracht. Geplante Schälzentren in Büsum und Cuxhaven konnten sich letztlich nicht durchsetzen (Hinz et al. 2015). Diese Misserfolge verdeutlichen die Schwierigkeit, etablierte Marktstrukturen zu durchbrechen, wenn es keinen eindeutigen Kostenvorteil gibt. Zudem könnte der direkte Vertrieb für Fischereibetriebe oder Flotten mit erheblichen Anlandemengen weniger attraktiv sein (STECF 2023). Die Verarbeitung, Lagerung und der Vertrieb

großer Mengen eines hochverderblichen Produkts stellen eine eigene Herausforderung dar (Goti-Aralucea et al. 2021).

Chancenlos ist die neue Schäl-Technologie jedoch nicht, wenn sie zumindest unter den bestehenden Produktionskosten im Nischenmarkt für in Deutschland geschälte Krabben verbleibt. Ein neuer Absatzweg über den je nach Art des Fischereibetriebes und der Preispolitik der Nische zwischen 1,2% und 12,5% der angelandeten Krabben verkauft werden könnte, würde bereits für viele Fischereibetriebe einen wichtigen Unterschied machen. Sie würden dadurch langfristig profitabel und zumindest ein kleines Stück unabhängiger vom Großhandel.

Das unternehmerische Dilemma auf Fischereiseite ist, dass die wirtschaftliche Notwendigkeit einer solchen Innovation gesehen wird, aber die finanziellen Möglichkeiten dafür fehlen. Eine mögliche Lösung liegt in kooperativen Investitionsmodellen, bei denen Erzeugerorganisationen, Fischereigenossenschaften oder kleine und mittlere Fischereibetriebe (KMU) sich die finanzielle Last der Beschaffung und den Betrieb der Schälmaschinen teilen. Kooperativ betriebene Schälzentren könnten es mehreren Fischerinnen und Fischern ermöglichen, auf die Technologie zu nutzen, die Entschälung als neues Geschäftsfeld Dritten als Service anzubieten, ohne individuelle Risiken einzugehen. Darüber hinaus könnten zinsgünstige Darlehen oder öffentlich-private Partnerschaften die Übernahme einer neuen Schältechnologie erleichtern. Staatlich unterstützte Initiativen haben alternative Einkommensquellen für Fischerinnen und Fischer im Globalen Süden erfolgreich unterstützt (Avila-Forcada et al. 2020; Cusack et al. 2021; Hanh 2021), was darauf hindeutet, dass externe finanzielle Unterstützungsmechanismen erforderlich sein könnten, um die in dieser Studie identifizierten Barrieren zu überwinden.

## 6 Marktanalyse für regional entschälte Krabben

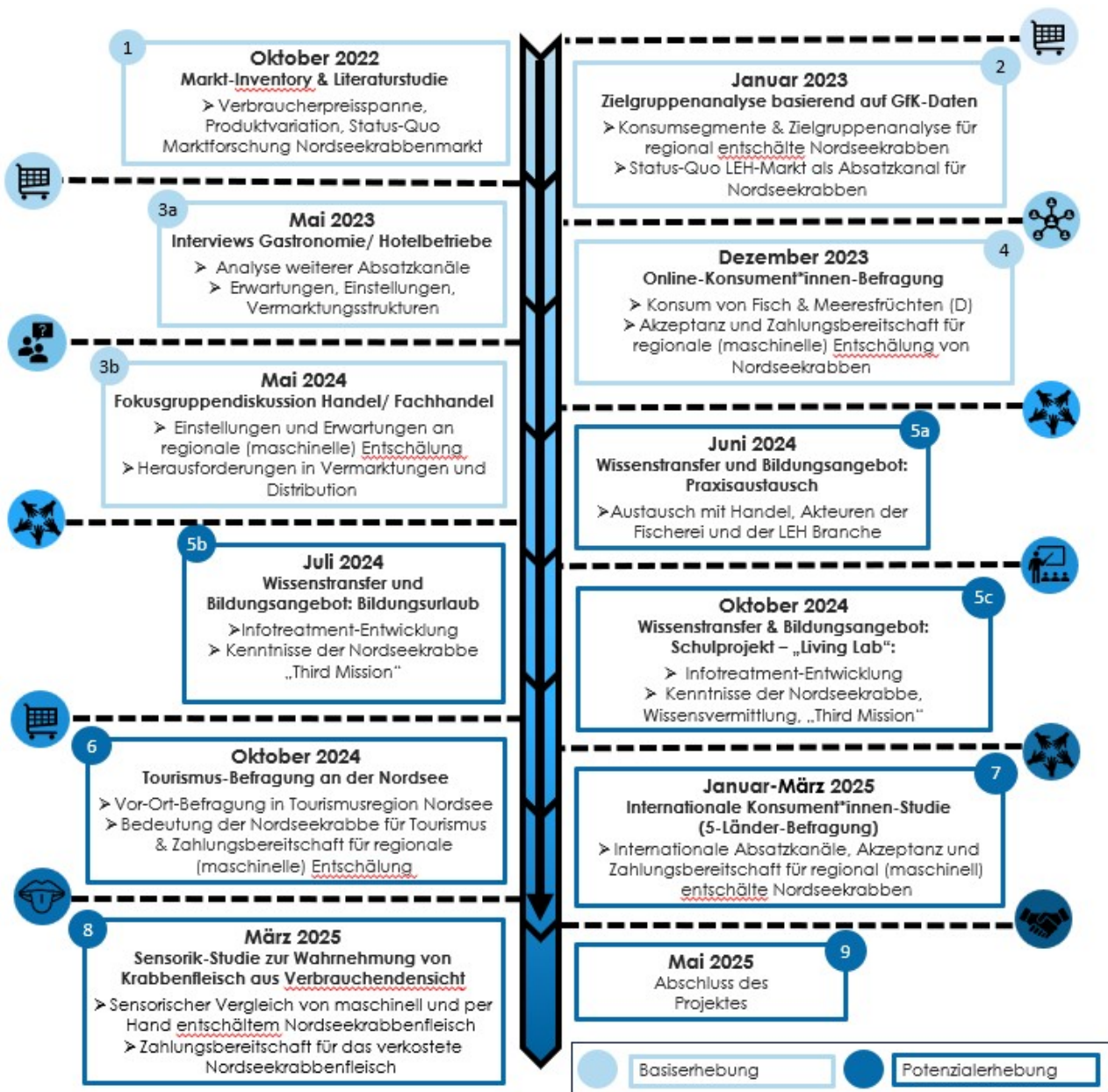
### 6.1 Einleitung

Ziel des Arbeitspaketes 5 „Marktanalyse für regional entschälte Krabben“ war es, die Akzeptanz von Nordseekrabbenprodukten zu beleuchten und Verbesserungspotenziale für deren Vermarktung aufzuzeigen. Generell legen Verbraucherinnen und Verbraucher großen Wert auf Umweltschutz (IfD Allensbach 2020), regionale Produktion und Nachhaltigkeitssiegel (BMEL 2020). Am Markt zeigen sich jedoch häufig Probleme hinsichtlich einer umfassenden Akzeptanz und Wertschätzung – so liegt der Marktanteil von Biolebensmitteln in Deutschland bei lediglich 6,8% (BMEL 2022a). Gründe hierfür sind vor allem mangelndes Wissen über die Kriterien (Risius et al. 2018) sowie fehlendes Vertrauen und Zielkonflikte hinsichtlich einzelner Nachhaltigkeitsdimensionen (z.B. Regionalität vs. Bio) (Berlin et al. 2009; Thorslund et al. 2016; Risius et al. 2018, 2019). Zander und Feucht (2018) zeigen, dass europäische Verbraucherinnen und Verbraucher regionale Meeresprodukte aufgrund der wahrgenommenen Frische, der kürzeren Transportwege und zur Unterstützung der lokalen Wirtschaft bevorzugen. Insgesamt ist der Pro-Kopf-Konsum von Fisch (einschließlich Krebs- und Weichtieren) 2021 in Deutschland gegenüber dem Vorjahr um 14% gesunken, was den niedrigsten Pro-Kopf-Verbrauch von Fisch seit 2010 darstellt (BMEL 2022b). Die Nordseekrabbe stellt in Deutschland eines der wichtigsten Fischereiprodukte dar (BLE 2024) und spielt eine wichtige Rolle für die regionale Küche und die Identität der Küstenregion (Aviat et al. 2011). Der Großteil der Nordseekrabben wird bislang jedoch aus Kostengründen von einigen, wenigen marktbeherrschenden Großhändlern nach Marokko transportiert und dort von Hand entschält. Der lange Transport dieses regionalen Produkts kann als ein kritischer Punkt in der Wertschöpfungskette angesehen werden. Eine maschinelle und regionale Entschälung wäre eine mögliche Alternative, um diese Transporte zu vermeiden und gleichzeitig regionale Verarbeitungsstrukturen zu stärken (Calliauw et al. 2016). Laut Hinz et al. (2015) sind Verbraucherinnen und Verbraucher überwiegend bereit mehr für regional entschälte Krabben zu bezahlen, aber der Preis spielt beim Einkauf eine zentrale Rolle.

In einem ersten Schritt wurden aktuelle Daten über den Konsum von Nordseekrabben in Deutschland, deren Wahrnehmung als Produkt sowie aktuelle Daten zur allgemeinen Preis- und Vermarktungsstruktur gewonnen. Es wurden deshalb explizit Vermarktungsstrukturen, Verbrauchererwartungen und -einstellungen erfasst, sowie Verbesserungspotenziale für eine innovative Vermarktung von (regional entschälten) Nordseekrabben untersucht. Außerdem wurden aktuelle Marktdaten zum Konsum von Nordseekrabben analysiert und Akteure der Wertschöpfungskette (aus Gastronomie, Fischhandel) befragt (Basiserhebung). Insbesondere die gängige Weiterverarbeitung (Entschälung) in Nordafrika bzw. die alternative maschinelle Entschälung in der Nähe des Fanggebietes, sollte im Hinblick auf Nachhaltigkeits- und Gesundheitsaspekte (lange Transportwege und hoher Einsatz von Konservierungsstoffen) aus Sicht von Verbrauchenden untersucht werden. Um im zweiten Schritt das Potenzial für eine alternative Wertschöpfungskette inklusive einer alternativen, maschinellen und regionalen Entschälung einschätzen zu können. Hierin wurden auch verschiedene Wissenstransferangebote für Kinder, Erwachsenenbildung und Expertinnen und Experten erprobt (Potenzialerhebung). Das ttz in Bremerhaven führte außerdem als Unterauftragnehmer eine sensorische Analyse von maschinell und per Hand entschälten Nordseekrabben durch.

Insgesamt wurde eine Reihe von primären und sekundären Daten mit einem Mix aus qualitativen sowie quantitativen sozialempririschen Methoden erhoben. Einzelne methodische Schritte sowie die wichtigsten Ergebnisse und Schlussfolgerungen sind den nachfolgenden Unterkapiteln bzw. den einzelnen Publikationen zu entnehmen (sobald diese veröffentlicht sind).

Abbildung 6.1: Übersicht der einzelnen Arbeitsschritte aus Arbeitspaket 5.



Quelle: eigene Darstellung

## 6.2 Markt-Inventory

Da es derzeit keinen umfassenden Überblick über die auf dem Markt befindlichen Nordseekrabbenprodukte und ihre Kommunikationsbotschaften gibt, war es das Ziel der ersten Studie:

- Einen möglichst repräsentativen Überblick über die im Markt vorhandenen Nordseekrabbenprodukte zu erhalten
- Label und Kommunikationsbotschaften (z.B. Regionalitätsauslobungen) auf Nordseekrabbenprodukten zu erfassen

## Methodik Markt-Inventory

Zu diesem Zweck wurden im Oktober 2022 Supermärkte (32) aller wichtigen Ketten des Lebensmitteleinzelhandels in Göttingen, Oldenburg, Großheide, Norden, Aurich, Bremerhaven und Bremen unter Betrachtung regionaler Sortimentsvariationen zwischen ländlichem und städtischem Raum besucht. Zusätzlich wurde die Nordseekrabbenproduktpalette des Naturkosthandels mit einbezogen. Diese Studie konzentriert sich auf die Wahrnehmung von Labeln und Auslobungen zu Regionalität und Nachhaltigkeit aus Verbrauchersicht. Auf eine Beurteilung der tatsächlichen Nachhaltigkeit und Regionalität der Produkte wird verzichtet, da die Wahrnehmung für diese Studie entscheidend ist. Entsprechend wurden alle Label und Kommunikationsbotschaften berücksichtigt, die sich auf der Produktverpackung befanden. Darunter fielen auch Produkte, die Kommunikationsbotschaften wie „handgeschält und verpackt in Ostfriesland“ (Krabbenfleisch der Marke „REWE Regional“) enthielten, da diese von Konsumentinnen und Konsumenten leicht mit Regionalität und Nachhaltigkeit assoziiert werden können, ohne dass Begriffe wie „Nachhaltigkeit“ oder „Regionalität“ selber auf der Verpackung genannt werden. Darüber hinaus wurden ersichtliche Produktmerkmale wie Preis, Packungsgröße, Verarbeitungs- und Konservierungsform, Krabbenfleischanteil, Hersteller, Marke und Fangregion erhoben. Die Produktverpackungen wurden von allen Seiten fotografiert und die Merkmale schriftlich in einer Tabelle festgehalten. In einem weiteren Schritt wurden auf den Verpackungen gefundene Kommunikationsbotschaften zu Regionalität und Nachhaltigkeit in einem Dokument gesammelt und inhaltlich gruppiert.

## Ergebnisse Markt-Inventory

Insgesamt wurden im Rahmen des Markt-Inventory 57 Nordseekrabbenprodukte aufgenommen (darunter 20 verschiedene). Dabei handelte es sich um 13 verschiedene Nordseekrabbenfleischprodukte und 7 verschiedene Nordseekrabbensalate. Nordseekrabbenprodukte lagen in den meisten Fällen in MAP-Vakuum verpackten 100 g Schalen (Krabbenfleisch) bzw. 125 g Schalen (Krabbensalat) vor. Die Preisspanne lag zwischen 3,69 € und 7,12 € für 100 g Krabbenfleisch. Bei Krabbensalaten lag die Preisspanne zwischen 3,69 € und 6,49 € für die gängigste Verkaufseinheit in 125 g Schalen. Die meisten Produkte (80%) trugen das MSC-Siegel verbunden mit einer zusätzlichen Kommunikationsbotschaft zur Nachhaltigkeit einer MSC-zertifizierten Fischerei. Eines der Krabbensalatprodukte trug das Label „Geprüfte Qualität Schleswig-Holstein“. Dieses wird von der Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein vergeben und hat den Charakter eines Gütezeichens bei dem vor allem das Qualitätsmanagementsystem des verarbeitenden Betriebes geprüft und zertifiziert wird. Es handelt sich dabei nicht um ein Nachhaltigkeitslabel im Sinne des MSC-Labels, das auf nachhaltige Fischerei verweist, jedoch können Verbraucherinnen und Verbraucher einen eindeutigen regionalen Bezug des Labels leicht als Zertifizierung des gesamten Produktes wahrnehmen. Drei (15%) der aufgenommenen Produkte trugen kein Label auf der Produktverpackung beziehungsweise auf dem Verkaufsetikett in der Fischtheke. Dabei handelte es sich um ein abgepacktes Krabbenfleischprodukt, einen Krabbensalat und ein Krabbenfleischprodukt das als lose Ware in der Fischtheke eines Marktes vorlag. Kommunikationsbotschaften, die unter dem übergeordneten Thema Regionalität zusammengefasst wurden, wurden in einfacher Sprache gehalten und direkt kommuniziert. Diese Studie gibt damit einen ersten Überblick über im Markt vorhandene Produktvarianten, Kommunikationsbotschaften und Preisniveaus.

## 6.3 Zielgruppenanalyse basierend auf GfK-Daten

Bislang fehlte ein klares Verständnis dafür, wie unterschiedliche Konsumgruppen – insbesondere in Bezug auf ihre Einstellungen zu Aspekten einer nachhaltigeren Lebensmittelproduktion (Regionalität, Saisonalität, biologische Landwirtschaft, Ressourcenschonung etc.) unter Nordseekrabben-Konsumentinnen und -Konsumenten verteilt sind. Um das potenzielle Marktpotenzial für regional entschälte Krabben zu erheben, war es Ziel dieser Studie, eine Segmentierung (Einteilung) von Verbraucherinnen und Verbraucher auf Basis von

aktuellen Verbrauchsdaten in Bezug auf den Konsum von Nordseekrabben durchzuführen, um Bedarfe zu beschreiben und potenzielle Zielgruppen für regional entschälte Nordseekrabben zu identifizieren.

### **Methodik Zielgruppenanalyse**

Für die Analyse wurden die Einkaufsdaten und Einstellungsdaten aus wiederholten Haushaltsbefragungen der GfK (Gesellschaft für Konsumforschung), eines führenden Marktforschungsinstituts, herangezogen. Als Datengrundlage dienten 2.429 Käufe von Nordseekrabbenprodukten im Lebensmitteleinzelhandel aus dem Jahr 2022, die das Einkaufsverhalten von Kundinnen und Kunden widerspiegeln. Diese enthielten Informationen über den Einkaufsort, den Warenpreis, die Menge (in g) und spezifische weitere Warenmerkmale. In der Datenanalyse wurden Einzelkaufakte mit Informationen auf Haushaltsebene wie soziodemographische Daten (z.B. Alter, Geschlecht, Einkommen), Einstellungsdaten und Kaufabsichten in Bezug auf regionale, umweltfreundliche und biologische Lebensmittel abgeglichen. Zudem wurden insgesamt 26 Variablen (Aussagen) zu den Bereichen: „Ernährung“, „Bio“, „Umwelt“ und „Klima“ mit einbezogen. Diese wurden auf einer fünfstufigen Bewertungsskala ("Ich stimme überhaupt nicht zu (1)" bis "Ich stimme völlig zu (5)") bewertet. Mittels Faktorenanalyse wurden die Variablen auf eine geringere Anzahl an Faktoren verdichtet. Anschließend wurde auf Basis dieser Faktoren eine Zielgruppenanalyse (Clusteranalyse) zur Identifikation der verschiedenen Konsumentengruppen und zur anschließenden Identifikation von potenziellen Zielgruppen für regional entschälte Nordseekrabben durchgeführt.

### **Ergebnisse Zielgruppenanalyse**

Die Clusteranalyse, auf Basis der Krabben-Konsumentinnen und -Konsumenten, ergab insgesamt fünf Konsumgruppen (Cluster): Das erste Cluster, "Die Unbesorgten", repräsentiert 16% aller Haushalte, die Nordseekrabben kaufen. Die Haushalte in diesem Cluster zeigen ein relativ geringes Interesse an den Themen Umweltschutz, Biolebensmitteln und Emissionsreduktion in Bezug auf den Lebensmittelkonsum. Das zweite Cluster, "Die Besorgten", zeichnet sich durch umgekehrte Präferenzstrukturen gegenüber dem ersten Cluster aus und umfasst 27% der Haushalte. Die Verbraucherinnen und Verbraucher in diesem Cluster haben das höchste Verantwortungsbewusstsein für den Umweltschutz. Gleichzeitig zeigen sie eine leicht positive Einstellung zu Bioprodukten und Nachhaltigkeitsaspekten in der Lebensmittelproduktion. Das dritte Cluster "Die Regionalen" zeigt insbesondere eine positive Einstellung zur regionalen Lebensmittelproduktion. Bioprodukte und Umweltschutz werden hingegen als weniger wichtig wahrgenommen. Das vierte Cluster "Die Ablehnenden" repräsentiert 19% der Haushalte. Die Personen in diesem Cluster zeigen ähnliche Präferenzstrukturen wie "Die Unbesorgten", allerdings in abgeschwächter Form. Der auffälligste Unterschied ist eine geringere Präferenz für Bioprodukte. Das fünfte Cluster "Die Bio-/Regionalen" zeichnet sich durch die höchste Präferenz für Bioprodukte und nachhaltige Lebensmittel aus. Fasst man die Cluster (zwei, drei, und fünf) zusammen, denen Aspekte wie Regionalität, Nachhaltigkeit, Bio und Umweltschutz beim Konsum von Lebensmitteln wichtig sind, ergibt sich eine potenzielle Zielgruppe für regional entschälte Krabben von 65,5%.

## **6.4 Interviews mit Gastronom:innen und Fokusgruppendifkussionen mit Händlerinnen und Händlern an der Nordseeküste**

Studien zeigen, dass Einzelhändlerinnen und Einzelhändler (Esbjerg et al. 2016; Schulze et al. 2019) und Gastronominnen und Gastronomen (Inwood et al. 2009; Vanpoucke und Geerts 2019) als „Gatekeeper“ fungieren und eine vermittelnde Rolle bei der Förderung nachhaltig produzierter Lebensmittel spielen können. Ziel dieser Untersuchung war es daher, die Einstellungen von Gastronomie und Handel zum Produkt Nordseekrabbe, zu einer regionalen Wertschöpfungskette und zur Verbraucherkommunikation zu diesem Thema zu erfassen.

## Methodik Gastronomie & Handel

Im Mai 2023 wurden dazu 12 leitfadengestützte Interviews mit Gastronominnen und Gastronomen an der Nordseeküste durchgeführt, die zumindest zeitweise Nordseekrabben auf der Speisekarte führen. Zudem wurden im Mai 2024 zwei Fokusgruppendifkussionen (insgesamt 11 Teilnehmende) mit Fischhändlerinnen und Fischhändlern (Einzelhändlerinnen und Einzelhändler sowie Großhändler) zur selben Thematik abgehalten. Die zentralen Ziele dabei waren herauszufinden:

- Wie werden Regionalität und Nachhaltigkeit von Händlerinnen und Händlern sowie Gastronominnen und Gastronomen allgemein sowie die Nordseekrabbe als Produkt im Speziellen wahrgenommen?
- Welche Aktivitäten und Ansichten vertreten sie im Hinblick auf Alternativen, um die Entschälung von Nordseekrabben in Niedriglohnländern zu umgehen?
- Welche Herausforderungen bestehen bei der Förderung, der Vermarktung und der Kommunikation von Nordseekrabben, die regional entschält wurden?

## Ergebnisse Gastronomie & Handel

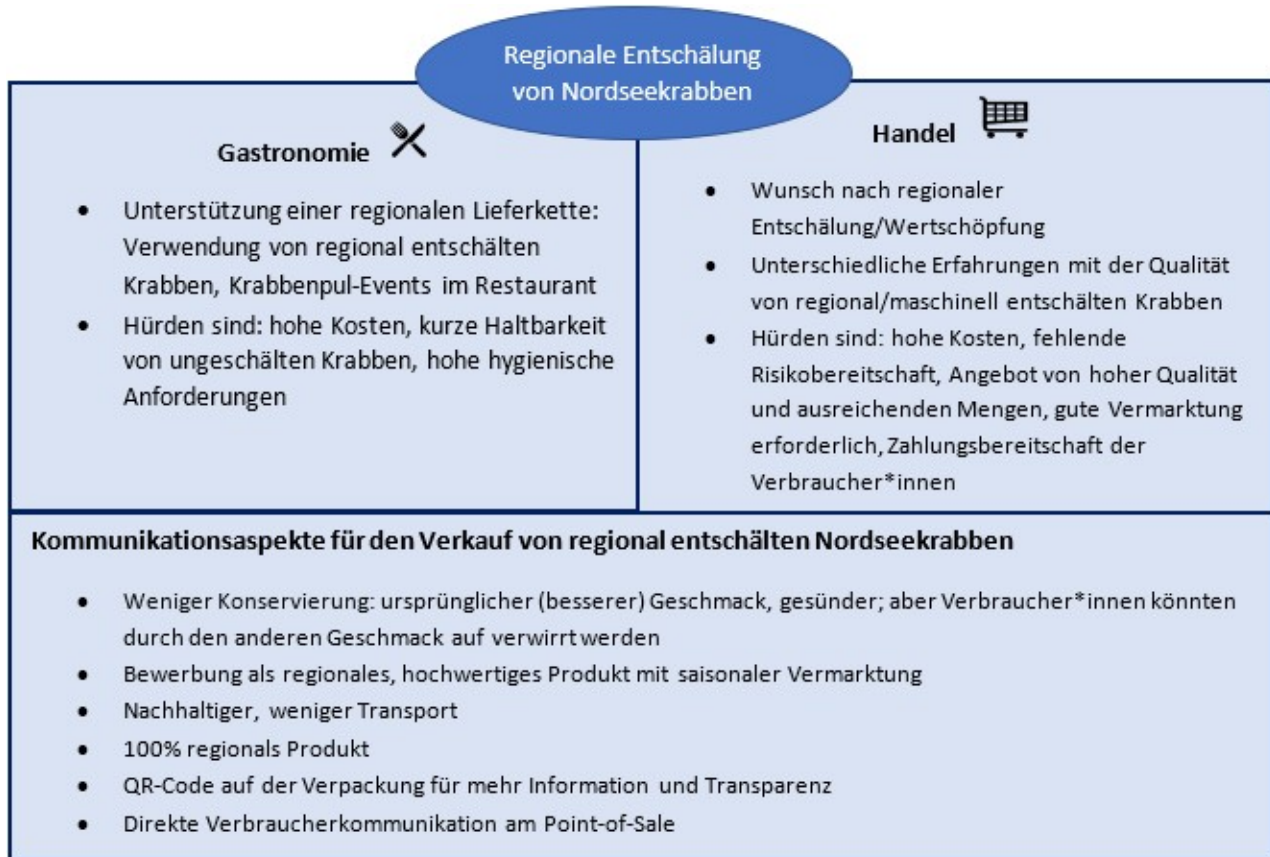
Die Nordseekrabbe wird sowohl von Gastronominnen und Gastronomen als auch von Groß- und Einzelhändlerinnen und -händlern als ein für die Nordseeküste und deren Tourismus zentrales Produkt wahrgenommen. Nordseekrabben werden als besonders regionales, authentisches Produkt sowie als kulturell bedeutendes Lebensmittel der Nordseeküste angesehen. Durch teilweise hohe Preisschwankungen und hohe Preisniveaus wird es jedoch auch als „Luxusprodukt“ bezeichnet. Laut der befragten Teilnehmerinnen und Teilnehmern sind Nachhaltigkeit und Regionalität generell wichtige Aspekte, wobei die Regionalität als wichtiger und für Kundinnen und Kunden einfacher kommunizierbar eingeschätzt wird. Die regionale Entschälung von Krabben wird allgemein positiv gesehen, aber auch mit verschiedenen Hürden in Verbindung gebracht. Von den Händlern werden vor allem hohe Preise, ausreichende Verfügbarkeiten sowie eine gute Qualität als Herausforderungen gesehen. Insbesondere die Gastronomie kann bei der Vermarktung regional entschälter Krabben unterstützen, hier gibt es bereits einige individuelle Lösungsansätze für eine regionale Entschälung und Vermarktung (Abbildung 6.2).

Eine regionale Verarbeitung trägt laut der Befragten zu einem transparenten, nachhaltigen und authentischen Produkt bei, was den Erwartungen der Verbraucherinnen und Verbraucher an Regionalität und Nachhaltigkeit entspricht. Regional entschälte Krabben können als nachhaltiges (alltägliches) Luxusnischenprodukt gesehen und beworben werden (Kommunikation: als regional, saisonal, hochpreisig).

Von den Akteurinnen und Akteuren wurden dabei folgende Zielgruppen besonders hervorgehoben:

- Touristinnen und Touristen (hohe Zahlungsbereitschaft für authentisches Produkt der Urlaubsregion)
- Junge Generation (Nachhaltigkeit und Gesundheit wichtig, höhere Zahlungsbereitschaft). Generell Risiko des Bedeutungsverlusts von Nordseekrabben, da jüngere Generationen nicht mehr mit diesem Produkt aufwachsen
- Ältere Generation (Konsum aus Gewohnheit und Tradition, geringere Zahlungsbereitschaft)

**Abbildung 6.2: Wichtigste Aspekte beim Aufbau einer Regionalen Entschälung sowie Kommunikationshinweise seitens befragter Stakeholder.**



Quelle: eigene Darstellung

### 6.5 Konsumentinnen- und Konsumenten-Befragung zum Konsum und der Wahrnehmung von Nordseekrabben in Deutschland

Technische Lösungen wie die maschinelle Entschälung von Nordseekrabben befinden sich noch im Entwicklungsstadium (Calliauw et al. 2016), haben jedoch das Potenzial Nordseekrabben als authentisches regionales Produkt zu verarbeiten. Ein tiefgehendes Verständnis von Konsumbedürfnissen, -präferenzen und Kaufmotiven zu Beginn eines solchen Produktentwicklungsprozesses kann den Markterfolg von Lebensmitteln signifikant erhöhen (Cooper 2019). Ziele dieser Studie waren deshalb:

- Präferenzunterschiede und Zahlungsbereitschaften deutscher Konsumentinnen und Konsumenten für regional bzw. maschinell entschälte Nordseekrabben zu untersuchen
- Zu analysieren ob persönliche touristische Erfahrungen mit einer Fischereiregion die Präferenzen für Nordseekrabben beeinflussen
- Die Rolle von Wissen und ökologischen Einstellungen bei der Wahl nachhaltiger Fischereiprodukte zu beleuchten

#### Methodik Konsumentinnen und Konsumenten-Befragung

Die Studie basiert auf einer Online-Befragung mit insgesamt 2.343 Teilnehmerinnen und Teilnehmer aus Deutschland. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden über einen professionellen Panelprovider repräsentativ für Wohnort, Alter und Geschlecht rekrutiert. Die finale Untersuchungsgruppe umfasste 1548 Personen (aktuelle Konsumentinnen und Konsumenten von Fisch und Meeresfrüchten), die im Folgenden in

Nordsee-Touristinnen und -Touristen sowie Nicht-Nordsee-Touristinnen und -Touristen unterteilt wurden, um Unterschiede im Konsumverhalten der beiden Gruppen erfassen zu können. Der Fragebogen bestand aus sechs Abschnitten, darunter Fragen zum Meeresumweltbewusstsein, zum Fischkonsum, dem subjektivem und objektivem Wissen über die Fischerei sowie einem Discrete Choice Experiment (DCE). Das DCE umfasste neun Wahlsets mit den Attributen Preis, Entschälungsmethode, Entschälungsland und Nachhaltigkeitslabel. Den Probandinnen und Probanden wurden in einer Kaufsimulation Nordseekrabben (100g) mit variierenden Kombinationen der genannten Eigenschaften als Kaufentscheidung angeboten und sie sollten sich für eines der Produkte oder „keinen Kauf“ entscheiden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, über die Vielzahl der getroffenen „Kaufentscheidungen“ eine Aussage über den Einfluss der verschiedenen Attribute auf die Kauf- und Zahlungsbereitschaft für ein Produkt zu treffen.

### **Ergebnisse Konsumentinnen und Konsumenten-Befragung**

Touristinnen und Touristen zeigten insgesamt ein stärkeres Meeresumweltbewusstsein als Nicht-Touristinnen und -Touristen, mit statistisch signifikanten Unterschieden. Touristinnen und Touristen schnitten zudem in objektiven Wissensfragen zur Fischerei besser ab als Nicht-Touristinnen und -Touristen. Besonders beim Thema Nordseekrabben-Fischerei zeigten sie einen höheren Wissensstand. Jedoch bestehen insbesondere über das Wissen um die Verarbeitung von Nordseekrabben in beiden Gruppen Defizite. Präferenzunterschiede ergaben sich vor allem beim Entschälungsland. Krabben, die in Deutschland entschält wurden, wurden von Touristinnen und Touristen stark bevorzugt, von Nicht-Touristinnen und -Touristen jedoch neutral bewertet. Das MSC-Siegel für nachhaltige Fischerei wurde nur von Touristinnen und Touristen deutlich präferiert, Nicht-Touristen zeigten hingegen keine Präferenz für dieses Label. Die Handentschälung wurde von beiden Gruppen als Entschälungsmethode klar präferiert. Unter den Regionalitätslabels wurde das Label geschützte geographische Angabe (ggA) von beiden Gruppen präferiert. Touristinnen und Touristen zeigten eine positive Zahlungsbereitschaft für das ggA Label (+0,58€) sowie für das MSC-Label (+0,91€). Diese fiel bei den Nicht-Touristinnen und -Touristen neutral für das MSC-Label bzw. schwächer positiv für das ggA-Label (+0,33€) aus. Die Zahlungsbereitschaft für die Handentschälung war in beiden Gruppen ähnlich positiv (+0,31€ bei Touristinnen und Touristen, +0,34€ bei Nicht-Touristinnen und -Touristen) ausgeprägt. Für die maschinelle Entschälung sowie die Entschälung im Ausland zeigten beide Gruppen negative Zahlungsbereitschaften. Letzteres lässt auf eine eher negative Wahrnehmung der maschinellen Entschälung schließen. Eine Bewerbung des Produktes allein auf Basis dieses Attributes ist demnach nicht zu empfehlen. Stattdessen sollte der damit verbundene Regionalitätsaspekt in der Kommunikation betont werden oder/und zusätzlich weiterführende Informationen, z.B. zu möglichen Vorteilen dieser Entschälungsart, kommuniziert werden. Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass insbesondere Touristinnen und Touristen eine Hauptzielgruppe für regional entschälte Nordseekrabben darstellen können. Sie bevorzugen kurze Lieferketten, Nachhaltigkeitslabel und handwerkliche Verarbeitung. Nicht-Touristinnen und -Touristen sind weniger stark an Aspekten wie Regionalität und Nachhaltigkeitslabeln interessiert und zeigen auch eine geringere Zahlungsbereitschaft für diese Attribute.

## **6.6 Touristinnen und Touristen-Befragung an der Nordsee**

Die Ergebnisse der Bürgerbefragung zum Konsum und der Wahrnehmung von Nordseekrabben (6.2.4) zeigen, dass sich (ehemalige) Nordseetouristinnen und -Touristen in Bezug auf den Konsum und Kauf von Nordseekrabben von Nicht-Touristinnen und -Touristen unterscheiden. So verfügen (ehemalige) Nordsee-Touristinnen und -Touristen nicht nur über ein höheres Wissen über Nordseekrabben, sondern zeigen auch eine höhere Zahlungsbereitschaft für diese Produkte. Ziel dieser Studie war es deshalb zu untersuchen:

- Welche Rolle die Krabbenfischerei und Nordseekrabbenprodukte traditionell für den Tourismus spielen
- Inwiefern Nordseetouristinnen und -touristen bereit sind, für regional und maschinell entschälte Nordseekrabben mehr zu bezahlen als für konventionell in Marokko per Hand entschälte Nordseekrabben

- Was ausschlaggebenden Gründe für eine Mehrzahlungsbereitschaft für regional entschälte Nordseekrabben sind

### **Methodik Touristinnen und Touristen-Befragung**

Vor diesem Hintergrund wurden im Herbst 2024 Touristinnen und Touristen an verschiedenen Standorten entlang der niedersächsischen Nordseeküste, darunter Horumersiel, Carolinensiel, Neuharlingersiel, Harlesiel, Hooksiel und Norddeich, mithilfe von Tablets befragt. Die Touristinnen und Touristen wurden an öffentlich zugänglichen Orten wie Stränden, Deichen, Fähranlegern, Bahnhöfen und Parks angesprochen. Bei der Auswahl der Befragten wurde darauf geachtet, möglichst gleich viele Männer und Frauen sowie eine möglichst ausgewogene Altersverteilung zwischen jüngeren und älteren Teilnehmerinnen und Teilnehmern (d.h. unter und über 40 Jahren) zu erreichen. Insgesamt wurden Personen, die auf die Befragenden und Befragern desinteressiert oder ablehnend wirkten, seltener angesprochen, so dass die Stichprobe tendenziell mehr teilnahmeinteressierte Personen enthält. Die Stichprobe umfasste letztendlich insgesamt 319 Befragte, von denen 41% Frauen und 59% Männer waren. Hinsichtlich des Alters waren 37% der Befragten 40 Jahre oder jünger, während 63% älter als 40 Jahre waren.

### **Ergebnisse Touristinnen- und Touristen-Befragung**

Die Befragungsergebnisse zeigen, dass die Hauptgründe für einen Besuch an der Nordsee vor allem das Naturerlebnis und die Ruhe der Region sind. So wurde der Strand mit knapp 70% als häufigster Grund für einen Besuch an der Nordsee genannt, dicht gefolgt von Ruhe und Erholung (65%) und dem Wattenmeer (57%). Aber auch die lokale Küche wird von vielen Gästen geschätzt, denn neben den beliebtesten Aktivitäten wie Natur genießen (83%) und spazieren gehen (82%) wurde das Essen eines Fisch- und/oder Krabbenbrötchens von rund 46% der befragten Touristinnen und Touristen als beliebte Aktivität, auf die sie sich im Urlaub freuen, genannt und landete damit auf dem dritten Platz.

Darüber hinaus gab die Mehrheit der Befragten (76%) an, schon einmal Nordseekrabben gegessen zu haben, was auf einen hohen Bekanntheitsgrad des Produkts hinweist. Außerdem besteht eine gewisse Präferenz für Krabbenbrötchen mit maschinell entschälten Krabben aus der Region im Vergleich zu herkömmlichen Krabbenbrötchen mit in Marokko entschälten Krabben. So gaben rund 89% der Befragten an, dass sie bereit wären, für regionale und maschinell entschälte Nordseekrabben mehr zu bezahlen. Als wichtigste Gründe für die Mehrzahlungsbereitschaft (MZB) wurden kürzere Transportwege, Frische und die Unterstützung der regionalen Produktion gesehen. Aber auch die Reduzierung von Konservierungsstoffen und eine höhere Transparenz sind in diesem Zusammenhang wichtige Argumente. Allerdings liegt die angegebene MZB im Durchschnitt nur ca. 40% (entspricht 2,99 € mehr) über dem Preis des konventionellen Krabbenbrötchens, was die Frage aufwirft, ob die Zahlungsbereitschaft der Touristinnen und Touristen ausreicht, um die Kosten für die notwendige technologische Investition und den Betrieb einer maschinellen Entschälung zu decken. Dies könnte eine Herausforderung für die Wirtschaftlichkeit und die Einführung dieser Technologie in der Region darstellen.

## **6.7 Internationale Konsumentinnen und Konsumenten-Studie**

Zur Ermittlung des Marktpotenzials und geeigneter Kommunikationsmaßnahmen für regional und maschinell entschälte Nordseekrabben in fünf für den Nordseekrabbenmarkt relevanten europäischen Ländern (Deutschland, Niederlande, Belgien, Frankreich und Dänemark) wurden im Rahmen dieser Studie folgende Ziele verfolgt:

- Wie gestaltet sich das Konsum- und Kaufverhalten in Bezug auf Nordseekrabben im Allgemeinen in den unterschiedlichen Ländern (z.B. Kaufhäufigkeit, Wichtigkeit unterschiedlicher Aspekte beim Kauf)?
- Inwiefern beeinflussen Informationen zu unterschiedlichen potentiellen Vorteilen (wie Umwelt- oder Gesundheitsvorteilen) von regional und maschinell entschälten Nordseekrabben...

... die Zahlungsbereitschaft (direkte Abfrage) für regional und maschinell entschälte Nordseekrabben im Vergleich zur Handentschälung in Marokko

... die generelle Wahrnehmung der maschinellen Entschälung im Vergleich zur Handentschälung?

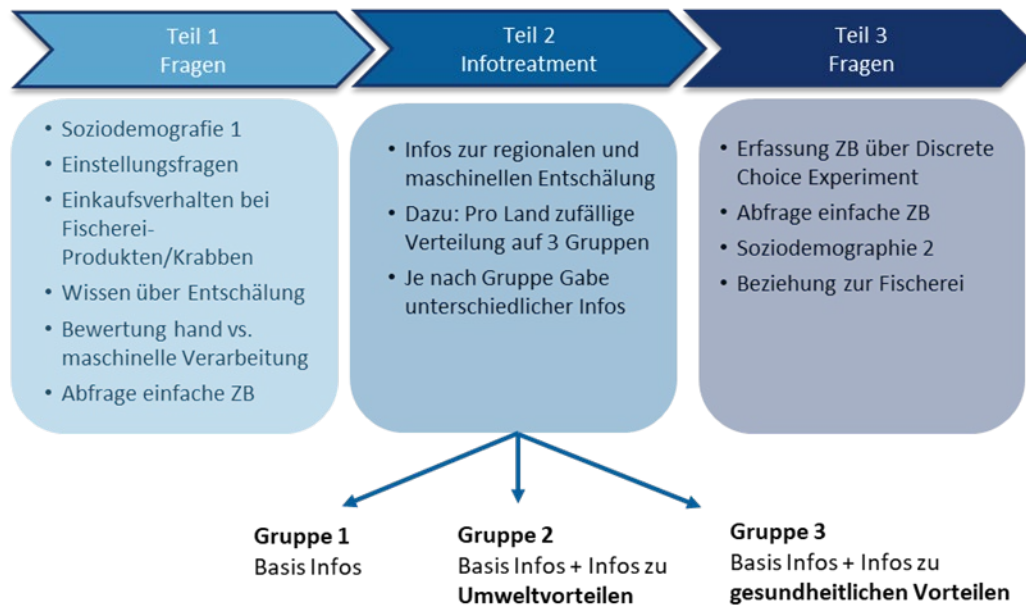
- Inwieweit beeinflussen unterschiedliche Merkmale wie Art oder der Ort der Entschälung, Fanggebiet oder Preis die Kaufentscheidung und Zahlungsbereitschaft bei Nordseekrabben (Wahlexperiment; DCE=Discrete Choice Experiment)?
- Wie stehen die Befragten zu verschiedenen politischen Maßnahmen (Naturschutzsteuer) zum Erhalt der Fischerei und des Naturschutzes?

### **Methodik internationale Konsumentinnen und Konsumenten-Studie**

In den fünf Ländern wurden jeweils rund 1.000 Personen befragt, die hinsichtlich der Merkmale Geschlecht, Alter und Einkommen annähernd die Verteilung in der Bevölkerung des jeweiligen Landes repräsentieren. Die Befragungen fanden im Januar 2025 (Deutschland) und März 2025 (Niederlande, Frankreich, Dänemark und Belgien) statt. Die Befragung gliedert sich in drei Teile, die zur Übersicht in Abbildung 6.3 dargestellt sind. Im ersten Teil wurde neben soziodemografischen Angaben z.B. das Kauf- und Konsumverhalten bei Nordseekrabben, Einstellungen zu Gesundheits- und Umweltaspekten sowie der Wissensstand über die Entschälung in Marokko abgefragt. Um mögliche Unterschiede in der Kommunikation verschiedener Aspekte zu erfassen, wurden die Teilnehmerinnen und Teilnehmer im zweiten Teil zufällig drei unterschiedlichen Informations-Treatments zugeteilt. So erhielt alle 3 Gruppen die Basisinformation, dass 90% der Nordseekrabben kostengünstig in Marokko entschält werden und dass eine regionale Entschälung (in der Nähe des Fanggebietes) mittels einer Maschine eine mögliche Alternative zur Handentschälung in Marokko darstellen könnte. Die erste Gruppe erhielt nur die Basisinformation. Die zweite Gruppe erhielt zusätzliche Informationen über mögliche Vorteile einer solchen Entschälung in Bezug auf die Umwelt und das Klima durch kürzere Transportwege. Die dritte Gruppe erhielt zusätzliche Information zu möglichen Vorteilen hinsichtlich der Gesundheit der Konsumentinnen und Konsumenten durch den zu erwartenden geringeren Einsatz von Konservierungsstoffen. Im dritten Teil der Befragung wurde den Befragten dann in einem Discrete Choice Experiment (DCE) das Produkt „100 g Nordseekrabben“ mit variierenden Kombinationen einiger Merkmale (d.h. Fanggebiet, Art der Entschälung, Ort der Entschälung, Preis) vorgelegt und sie sollten sich für eines der Produkte oder „keinen Kauf“ entscheiden. Dieses Vorgehen ermöglicht es, über die Vielzahl der getroffenen „Kaufentscheidungen“ eine Aussage über den Einfluss der verschiedenen Merkmale und Informationen auf die Kauf- und Zahlungsbereitschaft für ein Produkt zu treffen. Zusätzlich wurden die einfache und direkte (Mehr-)Zahlungsbereitschaft (MZB) (d.h. die generelle Bereitschaft, für regional und maschinell entschälte Nordseekrabben mehr zu bezahlen und die genaue Höhe der MZB) sowie die Wahrnehmung der Handentschälung im Vergleich zur maschinellen Entschälung einmal vor (Teil 1) und einmal nach der Information (Teil 3) abgefragt, um einen möglichen Einfluss der Information messen zu können. Den Abschluss der Befragung bildeten einige Fragen zur Unterstützung verschiedener fischerei- und naturschutz-politischer Maßnahmen.

Sowohl bei der Vorbereitung und Übersetzung der Fragebögen für die Länder Frankreich, Dänemark, Niederlande und Belgien als auch bei der Datenerhebung kam es zu erheblichen Verzögerungen, so dass die Daten aus diesen Ländern noch nicht ausgewertet werden konnten und daher in diesem Bericht noch nicht vergleichend dargestellt werden können. Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse beziehen sich nur auf den deutschen Datensatz, der insgesamt 1.043 Personen umfasst.

**Abbildung 6.3: Aufbau des Fragebogens für die Potenzialerhebung zur Vermarktung von Krabben in D; NL, DK, FR und BE.**



Quelle: eigene Darstellung

### Ergebnisse internationale Konsumentinnen und Konsumenten-Studie

#### Konsumverhalten von Nordseekrabben

Knapp 20% der Befragten gaben an, niemals Garnelen (z.B. Shrimps, Tigergarnelen, Nordseekrabben) zu kaufen oder zu konsumieren, während 80% dies zumindest gelegentlich tun. Innerhalb dieser Gruppe von Garnelenkonsumentinnen und -konsumenten gaben nur 7% an, nie Nordseekrabben zu konsumieren oder zu kaufen. Hingegen konsumiert/kauft rund die Hälfte (51%) Nordseekrabben gelegentlich, zwischen ein- und sechsmal pro Jahr. 42% erklärten, dass sie Nordseekrabben häufiger als sechsmal jährlich konsumieren/kaufen. Von denjenigen, die aktuell keine Nordseekrabben essen, äußerten 28% sich vorstellen zu können, dies in Zukunft zu tun, 37% gaben hier „vielleicht“ an. Dieses Konsumverhalten zeigt, dass die Nordseekrabbe von der Mehrheit der Deutschen zwar gegessen wird, allerdings eher gelegentlich und nicht alltäglich. Dies spiegelt sich auch darin wider, dass nur ein Drittel der Befragten angab, Nordseekrabben im Alltag zu konsumieren. Von den meisten werden Nordseekrabben konsumiert „wenn sie Lust darauf haben“ (60%), „im Urlaub sind“ (47%) z.B. als regionale Delikatesse oder bei einem „Restaurantbesuch“ (46%) Nordseekrabben als Gericht wählen; 23% essen Nordseekrabben vor allem zu traditionellen Anlässen. Besonders beliebt unter den Nordseekrabbenprodukten und -gerichten ist das Nordseekrabben-Brötchen, das von 78% der Befragten konsumiert wird. Rührei mit Krabben erfreut sich bei 46% ebenfalls großer Beliebtheit, und 27% nannten Krabbensuppe nach Büsumer Art als bevorzugtes Nordseekrabbengericht. Bei der Bewertung der Wichtigkeit verschiedener Aspekte beim Kauf von Nordseekrabben wurden Geschmack und Frische (91% und 90%) als am wichtigsten eingestuft. Auf Platz drei folgten das Aussehen (78%) und die Haltbarkeit (76%). Der Preis und das Tierwohl wurden von jeweils 72% und die Angabe zu Konservierungsstoffen von 63% als wichtig bewertet. Die Region, in der die Nordseekrabben entschält werden, wurde von weniger als der Hälfte als wichtig empfunden (44%). Zu den fünf häufigsten Gründen gegen den Konsum von Nordseekrabben zählt an erster Stelle der Geschmack (40%). 30% gaben an, keine Nordseekrabben zu kennen, während 23% erklärten, dass diese an ihren bevorzugten Einkaufsorten nicht erhältlich seien. Weitere 17% nannten den Preis als Hinderungsgrund und 8% äußerten Bedenken in Bezug auf die Nachhaltigkeit.

### *Wissen über Entschälung in Marokko und Zahlungsbereitschaft für regionale und maschinelle Entschälung*

Auf die Frage, ob ihnen bekannt sei, dass der Großteil der Nordseekrabben in Marokko von Hand entschält wird, antworteten 34% der Befragten mit "Ja", während 66% angaben, dies nicht gewusst zu haben.

Um zu prüfen, ob die unterschiedlichen Informationen einen Einfluss auf die Mehrzahlungsbereitschaft (MZB) hatten, wurde zunächst der Anteil der Personen betrachtet, die angaben, bereit zu sein, mehr für Nordseekrabben zu bezahlen. In der Gesamtstichprobe stieg dieser Anteil um 6% an - von 60% vor der Informationsgabe auf 66% nach der Informationsgabe. Bei der Betrachtung der einzelnen Gruppen zeigen sich dabei leichte Unterschiede. In Gruppe 1 (Basisinformation), erhöhte sich der Anteil derer, die eine MZB angaben, nur geringfügig von 59% auf 61%. Gruppe 2 (Umwelt), verzeichnete einen Anstieg von 61% auf 66%. Den deutlichsten Zuwachs zeigte Gruppe 3 (Gesundheit) von 60% auf 70%.

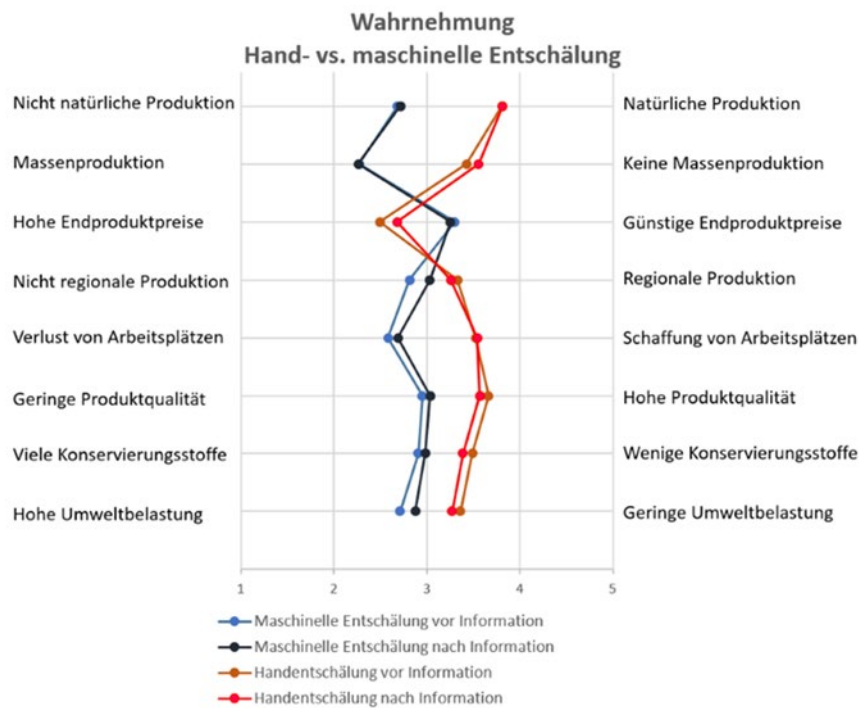
Die Höhe der Mehrzahlungsbereitschaft änderte sich durch die Informationsgabe insgesamt kaum. In der Gesamtstichprobe stieg sie von durchschnittlich 2,36 € (vorher) auf 2,45 € (nachher); am Meisten stieg der MZB in Gruppe 3 (um 0,14 €). Als Gründe für die Bereitschaft, mehr zu zahlen, wurden sowohl ein kürzerer Transportweg als auch die Frische der Krabben als wichtigste Gründe genannt. An dritter Stelle steht die Unterstützung der regionalen Produktion, gefolgt von dem Wunsch nach mehr Transparenz im Produktionsprozess.

Ein wichtiges Ergebnis ist also vor allem der geringe Kenntnisstand über den Prozess der Krabbenentschälung in Marokko, aber ein Hinweis darauf und auf die regionale maschinellen Entschälung als Alternative reicht bereits nicht aus, um eine deutliche Mehrzahlungsbereitschaft zu erzeugen. Daraus ergibt sich ein klarer Kommunikationsbedarf, insbesondere im Hinblick auf neue alternative technologische Verfahren wie die maschinelle Entschälung. Um das Marktpotenzial optimal auszuschöpfen, sollten jedoch Informationslücken gezielt geschlossen und insgesamt vor allem die Vorteile der maschinellen Entschälung (z.B. Regionalität, kürzere Transportwege, weniger Konservierungsstoffe) deutlich kommuniziert werden.

### *Wahrnehmung der Entschälung Hand vs. Maschine*

Abbildung 6.4 zeigt die wahrgenommenen Assoziationen anhand eines semantischen Differenzials zur Handentschälung und maschinellen Entschälung von Nordseekrabben. Dies bedeutet, dass die Handentschälung und maschinelle Entschälung jeweils von den Befragten zu verschiedenen Gegensätzen (z.B. "natürliche Produktion" und "nicht natürliche Produktion") eingeschätzt wurde.

**Abbildung 6.4: Wahrnehmung der Handentschälung im Vergleich zur maschinellen Entschälung vor und nach der Information über die potenziellen Vorteile der regionalen, maschinellen Entschälung.**



Skala: 1- Trifft voll zu, 2- Trifft eher zu, 3- Beides gleich, 4- Trifft eher zu, 5- Trifft voll zu

Quelle: eigene Darstellung

Es wird deutlich, dass die Handentschälung stärker mit positiven Aspekten wie „natürliche Produktion“ oder einer „hohen Produktqualität“ in Verbindung gebracht wird als die Entschälung mittels Maschine. Auch die gegebenen Informationen zur Entschälung in Marokko bewirken lediglich eine geringe Veränderung dieser Wahrnehmung. Dies deutet darauf hin, dass manuelle Verarbeitung ein stark (emotional) positiv besetzter Faktor ist, was eine kommunikative Herausforderung für die Vermarktung maschinell entschälter Krabben darstellt, die auf den ersten Blick eher technikorientiert und deshalb separat betrachtet erst einmal nicht so positiv wahrgenommen werden könnte.

*Politische Maßnahmen zum Erhalt der Fischerei und des Naturschutzes im Wattenmeer*

Insgesamt zeigt sich eine relativ hohe Bereitschaft Naturschutzmaßnahmen im Wattenmeer zu unterstützen. Auf die Frage „Wie sehr würden Sie die Idee unterstützen, im Küstenmeer mindestens 10% fischereifreie Zonen für den Naturschutz einzurichten (entspricht ca. 22 km), wenn dies aber gleichzeitig zu höheren Preisen für Krabbenprodukte führt und sich wirtschaftlich negativ auf die Fischerei auswirkt?“ antworteten über die Hälfte (51,8%), dass sie dieses Vorgehen befürworten, ca. 15% sprechen sich dagegen aus und 33,8% sind sich nicht sicher. 71% der Befragten wären zudem bereit eine jährliche Abgabe für den Naturschutz im Wattenmeer zu bezahlen. Dabei würden 20% der Befragten, 1-10€ geben, 37% 10-100€ und der Rest würde mehr als 100€ jährlich beisteuern.

## 6.8 Sensorik-Studie zur Wahrnehmung von maschinell entschältem Krabbenfleisch aus Verbraucherinnen und Verbraucher-Sicht

Vor dem Hintergrund, dass durch den Einsatz einer neuartigen Krabbenschälmaschine in Zukunft Krabbenfleisch auf dem Markt verfügbar sein wird, dass sich sensorisch von dem in Marokko handgeschälten Krabbenfleisch unterscheiden wird, war es das Ziel dieser Studie, die folgenden Fragestellungen zu klären:

- Können Verbraucherinnen und Verbraucher maschinell entschältes Krabbenfleisch von in Marokko per Hand entschältem Krabbenfleisch unterscheiden?
- Wie beschreiben Verbraucherinnen und Verbraucher die sensorischen Eigenschaften von maschinell und per Hand entschältem Krabbenfleisch?
- Wie hoch ist die sensorische Akzeptanz von maschinell entschältem Krabbenfleisch und welche Eigenschaften fördern bzw. mindern die Akzeptanz?
- Wie hoch ist die Zahlungsbereitschaft für ein solches maschinell entschältes Krabbenfleisch?

### Methodik Sensorik-Studie

Zur Beantwortung dieser Fragen wurde ein sensorischer Akzeptanztest als Blindtest (ohne Angabe von Marke und Schälmethode) in Form eines Central-Location-Tests durchgeführt. Die Untersuchung fand vom 18. bis 21. März 2025 in standardisierten Sensorikkabine am ttz Bremerhaven statt. Insgesamt nahmen 121 Testpersonen im Alter von 20 bis 70 Jahren teil, die im Vorfeld über ein Online- und telefonisches Screening rekrutiert wurden. Getestet wurden drei Krabbenfleischprodukte: Zwei handentschälte Produkte aus Marokko (EDEKA/Heiploeg und Siebrands/Klaas Puul) sowie ein maschinell gepultes Produkt aus der Region Bremerhaven (Kocken). Die maschinell entschälten Krabben stammen aus einer in der Praxis bereits eingesetzten Maschine und nicht wie ursprünglich geplant aus der im Projekt entwickelten Maschine (aufgrund der Verzögerungen in Bau und Test, s. 3.2, und da für die Verkostung dieser Produkte zu diesem Zeitpunkt noch keine lebensmittelrechtliche Freigabe bzw. Zertifizierung vorlag). Zu Beginn wurden drei Dreieckstests durchgeführt, um sensorische Unterschiede zwischen den Proben zu identifizieren. Im Anschluss folgte ein semi-monadischer Volltest mit Bewertungen zu Aussehen, Geruch, Geschmack und Gesamteindruck auf einer 7-Punkte-Skala (1 = sehr schlecht bis 7 = ausgezeichnet). Darüber hinaus wurden Farbe und Festigkeit mittels JAR-Skalen erfasst, weitere sensorische Eigenschaften mithilfe des „Check-All-That-Apply“-Ansatzes (CATA) dokumentiert. Zusätzlich wurden Likes und Dislikes sowie eine potenzielle Zahlungsbereitschaft innerhalb einer Preisspanne von 2,49 € bis 8,49 € abgefragt. Die Datenerfassung erfolgte mit FIZZ, die Auswertung mit FIZZ, Excel und dem Excel-Add-On XLSTAT.

### Ergebnisse Sensorik-Studie

Die Testpersonen konnten das handgeschälte Krabbenfleisch sensorisch vom maschinell gepulsten unterscheiden. Signifikante Unterschiede zeigten sich im Vergleich zwischen EDEKA und Kocken ( $\alpha < 0,0001$ ) sowie zwischen Kocken und Siebrands ( $\alpha < 0,0001$ ). Darüber hinaus waren die Verbraucherinnen und Verbraucher auch in der Lage, die beiden handgeschälten Produkte voneinander zu unterscheiden (EDEKA vs. Siebrands:  $\alpha = 0,0402$ ) (Abbildung 6.5).

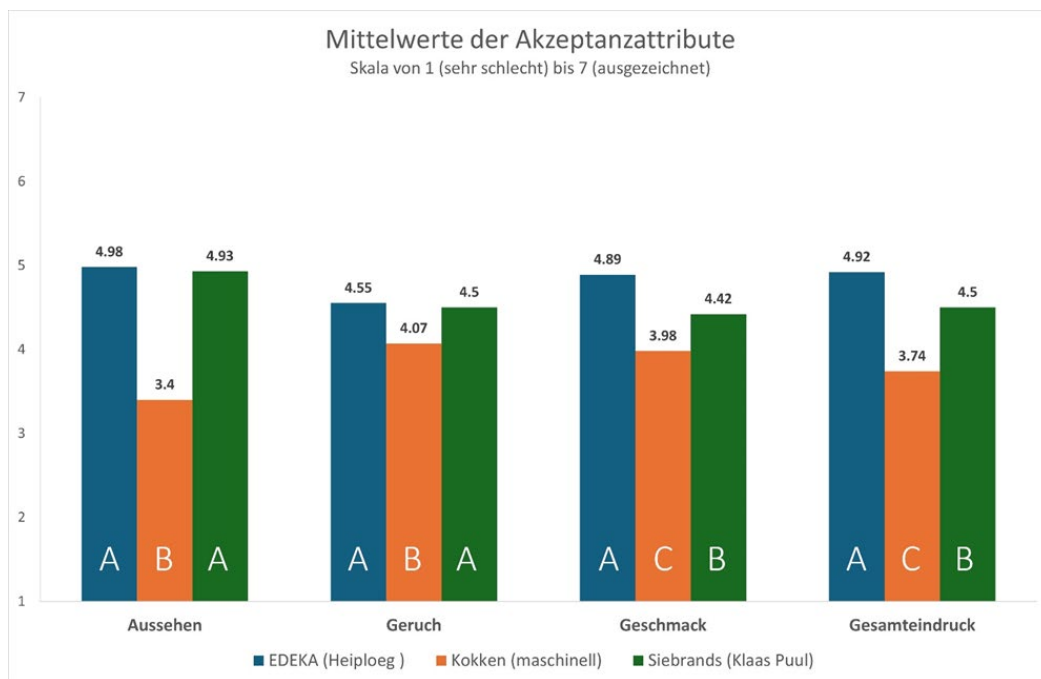
Die sensorisch wahrnehmbaren Unterschiede spiegelten sich auch in der Akzeptanz und Präferenz wider. Über alle abgefragten Attribute hinweg wurde das maschinell gepulste Krabbenfleisch am schlechtesten bewertet – insbesondere aufgrund negativer Bewertungen in den Kategorien Aussehen und Gesamteindruck. Ein zentraler Einflussfaktor war hierbei die Farbe des Produkts; die Festigkeit spielte eine geringere, aber dennoch signifikante Rolle. Im Gegensatz dazu wurde das Produkt von EDEKA durchgehend am besten bewertet. Die Teilnehmenden bevorzugten klar die klassischen, in Marokko handgepulsten Krabben, deren Qualität ihnen vertraut ist. Die CATA-Analyse zeigt, dass EDEKA überwiegend mit den Attributen „frisch“, „süß“ und „gleichmäßige Farbe“ assoziiert

wurde. Das Produkt von Siebrands wurde eher als „salzig“, „dunkel“ und „saftig“ beschrieben. Kocken hingegen wurde mit Begriffen wie „hell“, „blass“, „gräulich“ und „wässrig“ charakterisiert.

Diese sensorischen Eindrücke spiegeln sich auch in der ermittelten Zahlungsbereitschaft wider: Für das Produkt von EDEKA lag sie bei durchschnittlich 4,82 €/100 g, für Siebrands bei 4,66 €/100 g. Die Zahlungsbereitschaft für das maschinell gepulte Krabbenfleisch von Kocken betrug hingegen nur 3,44 €/100 g.

Für die Weiterentwicklung der Krabbenschälmaschine lässt sich daraus eine klare Empfehlung ableiten: Insbesondere das äußere Erscheinungsbild des Krabbenfleischs sollte nicht zu negativ beeinflusst werden. Die aktuelle maschinelle Schälung arbeitet mit Prozesswasser, das offenbar Farbstoffe aus dem Fleisch löst. Dieser Effekt führt zu einer unerwünschten Aufhellung des Produkts. Um ein wettbewerbsfähiges Preisniveau zu erreichen – idealerweise gleichwertig oder höher als das der handgeschälten Ware – muss dieser Aspekt dringend optimiert werden.

**Abbildung 6.5: Ergebnisse der Sensorik-Prüfung; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede in den Mittelwerten (ANOVA post-hoc-Tukey Test  $p < 0,05$ ).**



Quelle: eigene Darstellung

Es gilt zu beachten, dass wegen der Verzögerungen in Bau und Test des Prototypen einer neuartigen Krabbenentschälmaschine (s. 3.2) die Sensorik **nicht** mit Krabbenfleisch aus dieser kontaktlosen Technik erfolgte, sondern mit per einer bereits existierenden, mechanisch arbeitenden Maschine entschälten Nordseegarnelen. Die Ergebnisse sind somit nicht direkt übertragbar, geben aber Hinweise auf Faktoren der Produktqualität, die zu beachten sind bei der Etablierung der neuen Technologie.

## 6.9 Wissenstransfer und Bildungsangebote

Zum Zwecke des Wissensaustausches und -transfers wurden im Laufe des Projektes einige Bildungsangebote zur Nordseekrabbe, ihrer Wertschöpfungskette sowie zu regionalen Alternativen (maschinelle Entschälung vor Ort) angeboten. Die Angebote richteten sich an unterschiedliche Zielgruppen, so gab es Bildungsangebote für Kinder, Erwachsene und Expertinnen und Experten (Fischhändlerinnen und Fischhändler, Einzelhändlerinnen und Einzelhändler), die im Folgenden näher vorgestellt werden.

### **Praxisaustausch mit Händlerinnen und Händlern in Bremerhaven (7a)**

Im Juni 2024 fand im Kochstudio in Bremerhaven ein Praxisaustausch mit dem Handel und Akteurinnen und Akteuren aus der Fischerei und der LEH-Branche statt. Den Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurden aktuelle Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt präsentiert. Im Anschluss wurde über neue Wege und Medien in der Kundenkommunikation und Wissensvermittlung diskutiert. Auch eine sensorische Verkostung von maschinell und per Hand entschälten Krabben sowie eine kreative Zubereitung und Verpflegung mit Krabbengerichten durch das Fischkochstudio waren Teil dieser Veranstaltung. Die Evaluation bestätigte Interesse der Branche, legte aber auch Probleme in Vermarktungs- und Anwendungsfelder offen.

### **Bildungsurlaub für Erwachsene in Potshausen (7b)**

Während eines einwöchigen Bildungsurlaubs im Juli 2024 zum Thema „Fischerei in Ostfriesland – wie nachhaltig kann Fischerei sein?“ erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmern umfassende Einblicke in die heimische Fischerei und ihre Herausforderungen. Das Programm bestand aus Vorträgen, Filmen und Exkursionen und thematisierte unter anderem auch die Nordseekrabbe und ihre Wertschöpfungskette (neben einer Kutterfahrt erhielten die Teilnehmerinnen und Teilnehmer u.a. Einblicke in die Projektergebnisse aus AP5). Die Evaluation des Bildungsurlaubes zeigte eine hohe Zufriedenheit mit dem Bildungsangebot: 33,3% bewerteten es als „eher gut“, 66,6% als „sehr gut“. Auch das Wissen über Fischerei nahm deutlich zu – 61,1% gaben an, ihr Wissen sei „eher gestiegen“, 38,9% „sehr gestiegen“. Zudem wuchs bei 67% das allgemeine Interesse am Thema. Besonders die Krabbenfischerei hinterließ einen nachhaltigen Eindruck: Rund zwei Drittel der Teilnehmerinnen und Teilnehmer nannten sie als erstes, wenn sie an den Bildungsurlaub denken, oder zählten sie zu den drei Aspekten, die ihnen am besten in Erinnerung geblieben waren (genannt wurden z.B. die Entschälung in Marokko, das Grundschleppnetzverbot, oder der Einsatz von Konservierungsstoffen). Die Ergebnisse belegen insgesamt einen Erfolg des Vermittlungskonzeptes Bildungsurlaubs für das Themengebiet.

### **Schulprojekt „Zukunft Meer – als Living lab“ (Kinderfilm und Kunstaustellung) in Aurich (7c)**

Das Schulprojekt „Zukunft Meer“ hatte zum Ziel Kindern spielerisch zu einer interaktiven Auseinandersetzung mit dem Thema Meer, Umwelt und Nordseekrabben sowie deren Entschälungsprozess einzuladen und im Austausch zu erfahren, wie Kinder den Herausforderungen aktuell begegnen. Die Schülerinnen und Schüler erstellten zur Thematik einen eigenen Film, der auch im Kino in Aurich interessierten Zuschauerinnen und Zuschauer vorgestellt wurde. Zudem wurden aus den Film-Requisiten eine interaktive Kunstaustellung erarbeitet, die von Juli bis Oktober 2024 dem Publikum geöffnet war. Das Schulprojekt fand sowohl bei den Schülerinnen und Schüler als auch den Erwachsenen großen Anklang und kann als positives Beispiel für eine effektive und kreative Wissensvermittlung betrachtet werden.

## **6.10 Schlussfolgerungen**

Ziel des ersten Schrittes war es aktuelle Daten zur allgemeinen Preis- und Vermarktungsstruktur und zum Konsum der Nordseekrabbe in Deutschland zu erheben (Basiserhebung). Ein Markt-Inventory zu Projektstart ergab eine Verbraucherpreisspanne von 3,69 bis 7,58€/100g Krabbenfleisch. Der durchschnittliche Endverbraucherpreis am Markt betrug in dieser Phase etwa bei 5,16€. Preisschwankungen auf dem Nordseekrabbenmarkt begünstigen gemeinhin die Machtasymmetrie zwischen Großhändlern und Erzeugern. Ein vergleichsweise niedriger Endverbraucherpreis von 3,69€ schränkt Anbieter nachhaltiger Alternativprodukte zusätzlich in ihrer Preispolitik ein. Ein vergleichsweise hoher Endverbraucherpreis im LEH (7,58€) deutet jedoch auch auf Nischenmärkte für Premiumprodukte hin. Diese Nischen sollten über eine effektive Differenzierungsstrategie angesprochen werden. Die Gründe für teils hohe Preisunterschiede sind vielfältig (unterschiedliche Gebindegrößen, Markenplatzierungsstrategien, Kommunikationsstrategien, etc.). Im Inventory wurden ebenfalls Kennzeichnungen auf den Produktverpackungen erfasst. Das MSC-Siegel war dabei mit Abstand das wichtigste Siegel und auf allen

Krabbenfleisch-Produkten zu finden. Dies ist durch die Verknüpfungen innerhalb der Produktkette auch nachvollziehbar; ein Großteil der Produzierenden vermarktet die Krabben in einem Genossenschaftlichen Vermarktungssystem, das wiederum die Kennzeichnungs- und Managementstandards gemäß MSC voraussetzt. MSC ist somit nicht nur am Markt, sondern auch innerhalb der hiesigen Produktion der durchschlagende Standard. Einige Produkte trugen in einfacher und direkter Sprache gehaltene zusätzliche Kommunikationsbotschaften zur Regionalität der Produkte (wie z.B. "Qualität aus Ostfriesland", "Gefangen in der Nordsee", "Für sie vor der ostfriesischen Nordseeküste vom Krabbenkutter GRE/17 Odysseus gefischt"). Verbraucherinnen und Verbraucher können hier einen eindeutigen regionalen Bezug herstellen. Slogans wie diese wurden auch in den Befragungen des Handels und der Gastronomie hervorgehoben, welche die Bedeutung der Wertschöpfung mit Krabben als authentisches Produkt für den lokalen Handel besonders betonen. Die Auswertung realer Einkaufs- und Einstellungsdaten von Nordseekrabben-Konsumentinnen und -Konsumenten lässt Rückschlüsse auf verschiedene Konsum-Zielgruppen mit einer moralisch, ethischen Orientierung in Bezug auf Lebensmittelproduktion zu. Diese realen Kaufdaten zeigten, dass 65,5% zur Zielgruppe für regional entschälte Krabben gehören, da ihnen Aspekte wie Regionalität und Umweltschutz wichtig sind. Das identifizierte, relativ hohe Marktpotential für nachhaltige Krabbenproduktion, spiegelt sich jedoch auch durch Tendenzen in anderen Trenderhebungen (z.B. BMEL 2024) wider. Der Wunsch nach eben diesen ethischen Werten bei der Produktion von Lebensmitteln scheint nicht mehr nur für eine Teilgruppe, sondern gesamtgesellschaftlich von hoher Bedeutung zu sein. Dies lässt sich also auch auf den Endverbraucher-Markt der Krabben übertragen. Auch in der weiteren Verarbeitungskette scheint die Vermarktung von regional verarbeiteten Krabben eine Chance zu haben. Gastronominnen und Gastronomen nehmen die Nordseekrabbe als regionales, authentisches und kulturell bedeutsames Produkt der Nordseeküste wahr, teils jedoch auch als Luxusgut. Eine regionale Entschälung wird positiv bewertet, birgt aber Herausforderungen für Verfügbarkeit und Logistik welche innerhalb der Wertschöpfungskette abgestimmt und kommuniziert werden müssten. Insgesamt sehen Gastronomen aber Potential für die regional entschälte Nordseekrabbe als transparentes und nachhaltiges Nischenprodukt. Dabei wird das Potential durch Kommunikation und persönliche Erfahrung unterstrichen. Persönliche, touristische Erfahrungen sorgten für mehr Wissen zur Fischerei und stärkere Präferenzen und Zahlungsbereitschaften für regional entschälte, handverarbeitete Krabben sowie Nachhaltigkeits- und Regionalitätssiegel (MSC, ggA). Touristinnen und Touristen haben eine deutlich höhere Mehrzahlungsbereitschaft (2,99 € als Ergebnis aus 6.2.6) als allgemeine Konsumentinnen und Konsumenten (0,14 € als Ergebnis aus 6.2.7). Wie von Gastronomie und Handel angegeben, stellt das touristische Segment somit einen wichtigen potentiellen Absatzmarkt für maschinell entschälte Krabben dar.

Um das Potenzial des Marktes, die Zahlungsbereitschaft und Akzeptanz einer alternativen Vermarktungskette noch besser einschätzen zu können, wurden aufbauend auf den Status-Quo-Befragungen Impuls- und Bildungsmaterialien entwickelt. Diese Bildungsimpulse zeigten eine erfolgreiche Ansprache auf verschiedenen Ebenen (integrative Projekte im Schulbereich, außerschulische Erwachsenen-Bildung), unterstrichen jedoch auch variierende Wissensstände über die Produktionskette der Nordseekrabbe. Direkte Befragungen mit Touristinnen und Touristen sowie ‚erfahrenen‘ Krabbenkonsumentinnen und -konsumenten an der Nordseeküste bestätigten eine Akzeptanz und höhere Zahlungsbereitschaften (ca. 2,99€) für regional und maschinell entschälte Krabben bei 89% der Urlauberinnen und Urlauber, v. a. wegen ihrer Frische und den regionalen Bezügen. Diese Mehrzahlungsbereitschaft würde die Gesteungskosten einer maschinellen Krabbenentschälung jedoch vermutlich nicht decken. Für die Vermarktung zeigen sich besonders Slogans, welche kürzere Transportwege, frischere Produkte und die Unterstützung regionaler Produzentinnen und Produzenten adressieren als vielversprechende Kommunikationsbotschaften. Auch in dieser Befragung spiegelt sich der große Wunsch nach Nachhaltigkeit wider, der sogar über eine produktgebundene Zahlungsbereitschaft hinaus geht und sich in einer persönlichen Abgabe verdeutlicht, die ein Großteil der Befragten (75%) dem Sektor zukommen lassen würden. Durch die starke regionale Verbindung des Produktes (Authentizität) spielt die Nordseekrabbe insbesondere für den Tourismus an der Nordseeküste und die regionale Küche eine wichtige Rolle. Touristinnen und Touristen werden dabei als zahlungsbereite Zielgruppe auch für höherpreisige Nordseekrabben identifiziert. Die durchgeführten Studien zeigen, dass es jedoch notwendig ist, potenzielle Vorteile einer maschinellen

Entschälung besonders zu erläutern, da ohne Erläuterung ein Vorbehalt gegenüber dem technischen Einsatz gegenüber der manuellen Entschälung besteht. Wie in der Literatur beschrieben besteht ein tendenziell positives Bild von Handarbeit im Allgemeinen (Schmid und Thieme 2017), gleichzeitig wird insbesondere im Zusammenhang mit der Landwirtschaft der Einsatz von Maschinen und Technik eher negativ wahrgenommen (Zander et al. 2013; Langer et al. 2022). Die Verarbeitungsprozesse und eine kurze Produktkette sprechen insbesondere eine auf „gesunde Ernährung“-fokussierte Zielgruppe an. Der Aspekt der Regionalität sowie mögliche positive gesundheitliche Effekte durch den geringeren Einsatz von Konservierungsstoffen scheinen besonders überzeugende Argumente zu sein, die in der Kommunikation mit Verbrauchenden für die Vermarktung genutzt werden sollten.

## 7 Fazit des FuE-Vorhabens

Die Entwicklung von Vorschlägen für eine verbesserte regionale Wertschöpfung in der Krabbenfischerei stand im Mittelpunkt des Vorhabens, wobei die wirtschaftliche Situation der Betriebe seit Projektbeginn noch einmal schwieriger geworden ist. Die Projektergebnisse zeigen Bedingungen auf, unter denen sich die Wirtschaftlichkeit der Betriebe wieder verbessern könnte.

Mit dem Start des Projektes war die Hoffnung verbunden, dass die maschinelle Entschälung die Chance bietet, Wertschöpfung in die Küstenregionen an der Nordsee zurückzuholen und dies ein Baustein für die Zukunft der Krabbenfischerei sein kann. Das Projekt wurde als FuE-Vorhaben durchgeführt, da das Risiko bestand, dass sich die innovative Technik als nicht einsetzbar herausstellt bzw. diese nicht wirtschaftlich ist. Diese Fragen sind auch nach diesem FuE-Vorhaben nicht zu beantworten.

Es wurde gezeigt, dass das Verfahren der kontaktlosen Entschälung grundsätzlich funktioniert. Es kam jedoch zu Verzögerungen die letztlich verhinderten, dass die Frage der Skalierbarkeit, der Praxistauglichkeit oder Wirtschaftlichkeit geklärt werden konnten. In den bisherigen Versuchen ging es dabei um die Optimierung der Druckgenerierung, der baulichen Anpassung des Krabbenbehälters für die Tests, die Materialauswahl oder die Prozesskontinuität. Das konnte dann in den bisherigen Versuchen nicht ausreichend adressiert werden.

Von daher wären weitere Versuche notwendig gewesen, wichtige Parameter für die maschinelle Entschälung mit Hilfe der kontaktlosen Technik zu erheben. Bevor diese Parameter nicht feststehen, kann nicht über den Bau eines Prototypen, der dann Krabben in einem kontinuierlichen Prozess entschälen könnte, entschieden werden. Erst ein solcher Prototyp ließe dann eine Analyse der Wirtschaftlichkeit des Verfahrens zu und damit ein Vergleich der Kosten mit der Handentschälung in Marokko. Das Projekt konnte deshalb auch nicht die Frage beantworten, in welcher Form die Entschälung an der Küste durchgeführt werden könnte. Macht ein Entschälzentrum Sinn oder wären dezentrale Anlagen eine Alternative?

Die weiteren Schwerpunkte des Projektes waren Fragen rund um die technische Effizienz der Krabbenkutter, die Wirtschaftlichkeit der Krabbenfischerei an sich oder die Sicht der Konsumentinnen und Konsumenten auf die Krabbenfischerei. Verbesserungen der Effizienz und Wirtschaftlichkeit der Krabbenfischerei selbst würde ebenfalls die Zukunftsaussichten des Sektors verbessern.

Die Projektergebnisse zeigen, welche Faktoren für die Effizienz der Krabbenfischerei verantwortlich sind. Hier spielt das Alter der Fahrzeuge eine Rolle, das Material des Rumpfes oder sie kann durchaus mit der Organisationsform der Fischer in Erzeugerorganisationen zusammenhängen. Bisher sind offenbar vor allem ineffizientere Fahrzeuge ausgeschieden, dies hat aber die Zunahme des Durchschnittsalters der Fahrzeuge nicht verhindert. Es sind die geringen Investitionen in neue Fahrzeuge, die im Wesentlichen hierfür verantwortlich sind. Die vielen Herausforderungen der Zukunft, hier sei nur die Dekarbonisierung oder eine zu erwartende geringere Verfügbarkeit von Flächen genannt, machen aber eine Modernisierung der Flotte nötig und hierfür müssen die Bedingungen verbessert werden.

Das Projekt hat unser Wissen über die wirtschaftliche Situation der Betriebe durch die Modellierung dreier typischer Betriebe erheblich erweitert. Ein wichtiges Ergebnis ist, dass der kleinere, sogenannte Wattenkutter betriebswirtschaftlich durchaus bessere Ergebnisse erzielte als die größeren Fahrzeuge. Dies bedeutet, dass auch kleinere Fahrzeuge, die in flacheren Bereichen des Wattenmeeres vor den Inseln fischen können, eine Zukunft haben. Allerdings unterliegen diese Fahrzeuge anderen Bedingungen als größere, so kann der Antrieb eventuell nicht oder nur erheblich schwieriger auf alternative Kraftstoffe wie Methanol umgestellt werden, da die Fahrzeuge hierfür zu klein sind. Die kurzen Wege könnten aber Elektroantriebe möglich machen.

Insgesamt zeigen die betriebswirtschaftlichen Analysen jedoch, dass die Krabbenfischereibetriebe sehr wahrscheinlich alternative Einkommensmöglichkeiten nutzen müssen. Dies kann auch darin bestehen, bei

Möglichkeit einer regionalen Entschälung, einen größeren Teil der Anlandungen selbst entschält an der Küste zu vermarkten.

Dazu haben Fokusgruppen und Interviews gezeigt, wie die Krabbenfischerei selbst ihre Zukunft einschätzt, welche Maßnahmen für sinnvoll erachtet werden und was generelle Hemmnisse für die Zukunft der Krabbenfischerei sind. Nicht zuletzt die Zukunftskommission Fischerei hat u.a. auf Vorschlag des Fischereisektors eine Maßnahme zur Abwrackung eines Teils der Flotte vorgeschlagen. Ziel ist den dann noch weiter fischenden Betrieben ein besseres Auskommen zu ermöglichen. Weitere Maßnahmen könnten die Übernahme von Dienstleistungen u.a. für die Forschung sein oder die Diversifizierung der Fangaktivitäten. Beides wären Möglichkeiten, die wirtschaftlichen Unsicherheiten für die Betriebe zu verringern. Derzeit fangen alle Betriebe praktisch ausschließlich Krabben.

Eine Investition in neue Fahrzeuge durch die Betriebe der Krabbenfischerei scheint angesichts des Durchschnittsalters der Fahrzeuge unabdingbar. Solche neuen Fahrzeuge könnten den Betrieben ermöglichen, sich zu diversifizieren. Denn diese Fahrzeuge könnten in der Lage sein, verschiedene Fischereien durchzuführen und durchaus auch andere Dienstleistungen, wie Erhebung von Forschungsdaten oder Ausfahrten mit Touristen, anzubieten.

Die Frage der regionalen Krabbenentschälung wird in der Zukunft nur dann eine größere Rolle spielen, wenn Fischereibetriebe höhere Erlöse erzielen könnten. Dabei konnte noch nicht geklärt werden, ob die maschinelle Entschälung mit der im Projekt untersuchten Technik wirtschaftlich wäre und mit der derzeitigen Praxis der Handentschälung in Marokko oder die bisherige mechanische maschinelle Entschälung konkurrieren könnte. Die bisherige maschinelle Entschälung muss noch als zu arbeitsintensiv und in vielen Fällen auch von der Produktqualität her als nicht konkurrenzfähig angesehen werden. Nach Informationen aus den Niederlanden werden dort aber zusätzliche Kapazitäten zur maschinellen Entschälung (allerdings auf Grundlage der alten, mechanisch per Kontakt arbeitenden Maschinen) aufgebaut. Dies deutet darauf hin, dass auch in anderen maschinellen Entschältechniken Potential gesehen wird.

Die Möglichkeit höherer Erlöse entscheidet sich vermutlich auch an der Frage, ob Konsumentinnen und Konsumenten bereit sind, höhere Preise für Krabbenprodukte zu bezahlen. Von der Marktseite zeigte sich, dass das Mengenpotential regional entschälter Krabben, die über den Einzelhandel etc. verkauft werden könnten, als relativ gering eingeschätzt wird. Hier müsste also weitergedacht werden, wie auch Märkte außerhalb der Küstenregionen beliefert werden könnten. Diese wäre eine logistische Herausforderung und würde vermutlich nur sinnvoll sein, wenn es zu Kooperationen mit den bisher am Markt tätigen Unternehmen kommen könnte, die über eine deutschlandweite Logistik verfügen. Zusätzliche Erlöse ließen sich dabei auch durch die Verwertung der Schälreste erzielen. Die Abwägung der Alternativen der Verwendung zeigte jedoch, dass diese zusätzlichen Erlöse vergleichsweise niedrig wären und die Wirtschaftlichkeit der neuen maschinellen Entschälung nicht stark verbessern könnte. Letztlich könnten hier nur Nischenprodukte angeboten werden.

Die Projektergebnisse zeigen auch, dass Konsumentinnen und Konsumenten durchaus bereit wären, höhere Preise für regional entschälte Krabben zu bezahlen. Jedoch wird hier einige Überzeugungsarbeit notwendig sein, um die Vorteile der dann kontaktlosen Entschälung gegenüber der Handentschälung in Marokko noch stärker herauszustellen. Die Produktqualität der Krabben von bisherigen mechanischen Entschälmaschinen wurde eher negativ bewertet und deshalb die handentschälten Krabben aus Marokko bevorzugt.

Überhaupt zeigt die Befragung von Touristinnen und Touristen an der Küste, dass diese eine sehr positive Sicht auf die Krabbenfischerei haben und sich in vielen Fällen Häfen ohne Krabbenkutter nicht vorstellen können. Dies drückt sich dann auch in einer positiven Zahlungsbereitschaft für Krabbenprodukte aus, die bestimmte Kriterien erfüllen.

Abschließend kommen wir zu dem Schluss, dass weitere technische Forschung notwendig ist. Es konnten die technischen Probleme nicht gelöst werden. Unser Wissen über die Technik hat sich zwar verbessert, aber

wichtige Parameter sind immer noch unklar und erfordern weitere Versuche. Die Krabbenfischerei befindet sich in einer sehr schwierigen wirtschaftlichen Lage. Die Ergebnisse des Projektes zeigen Wege auf, wie sich die wirtschaftliche Lage langfristig verbessern und die Krabbenfischerei durch Diversifizierung krisenfester werden könnte.

### **Zusammenfassung der vorgeschlagenen Lösungsansätze**

- Weitere Entwicklungsarbeit und Erhebung von Parametern bezüglich der kontaktlosen Entschälung notwendig, bevor Aussagen zur Wirtschaftlichkeit möglich sind. Besonders die Anpassung der Behälterform, die Optimierung der Druckerzeugung und die Entwicklung einer kontinuierlichen Produktionslinie sind hier vorrangige Aufgaben (s. Kapitel 3).
- Experimentelle Herstellung, funktionelle Testung und Vertrieb von Produkten aus Schälresten im Hobby- und Tourismusbereich. Insbesondere die Konzepte „Bodenverbesserer“, „Angelköder“ und „Heimtierfutter“ erscheinen als kurz- bis mittel umsetzbar (s. Anhang 2).
- Effizienzsteigerung durch (s. Kapitel 4):
  - eine Einschränkung der Winterfischerei (was ebenfalls je nach, allerdings noch unklarer, biologischer Ursache für geringere Bestände diese eventuell schützen könnte).
  - Intensivierung der Mitgliedschaft in Erzeugerorganisation (was unter Umständen auch den Vorteil der Steigerung der genossenschaftlichen Organisation und Marktmacht mit sich bringen könnte).
  - modernerer Rumpf/Fahrzeuge (eine Modernisierung der Flotte erscheint auch aus anderen Gesichtspunkten wie Dekarbonisierung, Seesicherheit u.ä. angebracht; wegen geringer Investitionsmöglichkeiten und hoher Preise für auf neuen Antriebstechnologien beruhende Fahrzeuge, müssen Modelle entwickelt werden, wie die Betriebe bei Investitionen in neue Fahrzeuge unterstützt werden können).
- Diversifizierung der Einkommensmöglichkeiten durch:
  - Vermehrte Direktvermarktung selbstenschälter Krabben
  - Vertrieb von Produkten aus Schälresten.
  - Fang alternativer Arten zu Zeiten geringer Krabbenfänge, u.a. durch flexible einsetzbare modernere Fahrzeuge (s. Punkt 3) oder Ermöglichung der Ko-Nutzung von Offshore-Windparks etc.
- Bessere Kunden- und Händlerinformation zu Fang und Verarbeitung der Krabbe, um die vorhandene Mehrzahlungsbereitschaft zu nutzen und evtl. den Absatzmarkt zu vergrößern (s. Kapitel 6).
- Reduzierung der Abhängigkeit von Großhändlern sowie Stärkung der Verhandlungsmacht durch vermehrte Mitgliedschaft in einer Erzeugerorganisation, mit höheren Anteilen selbst organisierter Entschälung und Vermarktung (s. Kapitel 4).

Grundsätzlich erfordern diese Maßnahmen Investitionen, die die einzelnen Krabbenfischereibetriebe nach langen Krisenjahren, in Anbetracht eventuell auch langfristig geringerer Krabbenbestände und der wegen umweltrechtlicher und gesellschaftlich Anforderungen eingeschränkter Kreditvergabe durch Banken nicht aufbringen können. Hier wäre über mögliche staatliche Fördermaßnahmen (z. Bsp. Neubauförderung, verbilligte Kredite, Bürgschaften oder Leasingmöglichkeiten) und Anpassungen der Rahmenbedingungen (z. Bsp. OWP-Ko-Nutzung) der Fischerei konkret nachzudenken.

## Danksagung

Wir danken allen, die uns im Rahmen unserer Arbeiten unterstützt haben, nicht zuletzt den anderen Projektmitarbeiterinnen und -mitarbeiter Günter Klever, Bernhard Brümmer und Charlotte Bühner sowie Achim Spiller für die Umsetzungsmöglichkeit der Durchführung durch die institutionelle Anbindung an das DARE. Unser besonderer Dank gilt dabei den Mitgliedern des Projektbeirats, die uns über die Jahre kritisch und konstruktiv begleitet haben. Auch möchten wir unseren Unterauftragnehmern Thomas von Mischke-Collande von Edeka Peper und Nicole Knapstein von seafood consulting, Linda Böhm und Imke Matulatt vom Technologie- und Transferzentrum (ttz) Bremerhaven sowie Clemens Hollah, Kemal Aganoviv, Jaro Dörrbecker, Edward Ebert, Johann Isaak, Dimitri Reimer und alle anderen Beteiligten am Deutschen Institut für Lebensmitteltechnologie (DIL) e. V. für die Zusammenarbeit danken.

## Literaturverzeichnis

- Ankamah-Yeboah I, Bronnmann J (2018) Market integration in the crustaceans market: Evidence from Germany. *Marine Policy* 87: 72-77 <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.012>
- Asche F, Bronnmann J (2017) Price premiums for ecolabelled seafood: MSC certification in Germany. In: *Aust J Agric Resour Econ* 61 (4), S. 576–589. DOI: 10.1111/1467-8489.12217.
- Aviat D, Diamantis C, Neudecker T, Berkenhagen J, Müller M. (2011) Die Garnelenfischerei in der Nordsee. Generaldirektion interne Politikbereiche, Fachabteilung B Struktur- und Kohäsionspolitik. Europäisches Parlament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2011/460041/IPOL-PECH\\_ET\(2011\)460041\\_DE.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2011/460041/IPOL-PECH_ET(2011)460041_DE.pdf)
- Avila-Forcada S, Martinez-Cruz AL, Rodriguez-Ramirez R, Sanjurjo-Rivera E (2020) Transitioning to alternative livelihoods: The case of PACE-Vaquita. *Ocean & Coastal Management* 183, 104984. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.104984>.
- Berlin L, Lockeretz W, Bell R (2009) Purchasing foods produced on organic, small and local farms: A mixed method analysis of New England consumers. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 24, 267–275.
- BMEL (2020) Deutschland, wie es isst – der BMEL-Ernährungsreport 2020. Herausgeber: BMEL, Juni 2020. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/ernaehrungsreport-2020.html?jsessionid=A6BE03844102ECC324D4EF9AF34BE389.live852>
- BMEL (2022a) Öko-Barometer 2021. Umfrage zum Konsum von Bio-Lebensmitteln. Herausgeber: BMEL, Februar 2022. <https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/DE/Broschueren/oekobarometer-2021.html>
- BMEL (2022b) Versorgungsbilanz Fisch. Herausgeber: BMEL. <https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen/fisch>
- BMEL (2024) Deutschland, wie es isst – der BMEL-Ernährungsreport 2024. Herausgeber: BMEL, Juni 2020. <https://www.bmel.de/DE/themen/ernaehrung/ernaehrungsreport2024.html>
- BMEL (2025) Die wirtschaftliche Lage der Kleinen Hochsee- und Küstenfischerei 2022. Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Referat 723 – Statistik, Planungsgrundlagen, Wissensmanagement. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz/testbetriebsnetz-fischerei-buchfuehrungsergebnisse>
- BMEL (2025) Testbetriebsnetz. Bundesministerium für Landwirtschaft und Ernährung. <https://www.bmel-statistik.de/landwirtschaft/testbetriebsnetz>
- Bogetoft P, Otto L (2011) Benchmarking with DEA, SFA and R, *International Series in Operations Research & Management Science* (Vol. 157). Springer New York. DOI 10.1007/978-1-4419-7961-2
- Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (2024) Die Hochsee- und Küstenfischerei in der Bundesrepublik Deutschland im Jahre 2023 - Bericht über die Anlandungen von Fischereierzeugnissen durch deutsche Fischereifahrzeuge. Hamburg
- Bundesanzeiger Verlag (2024) Unternehmensregister. <https://www.unternehmensregister.de/>
- Calliauw F, de Mulder T, Broekaert K, Vlaemyneck G, Michiels C, Heyndrickx M (2016) Assessment throughout a whole fishing year of the dominant microbiota of peeled brown shrimp (*Crangon crangon*) stored for 7 days under modified atmosphere packaging at 4 °C without preservatives. In: *Food Microbiology* 54, S. 60–71. DOI: 10.1016/j.fm.2015.10.016.
- Chibanda C, Agethen K, Deblitz C, Zimmer Y, Almadani MI, Garming H et al. (2020) The Typical Farm Approach and Its Application by the Agri Benchmark Network. In: *Agriculture* 10 (12), S. 646. DOI: 10.3390/agriculture10120646.
- Christensen, E. B. (1971) Verfahren und Vorrichtung zum Entfernen von Krabben-Fleischteilen von der Schale. Deutschland Patent 1654904.
- Cooper GR (2019) The drivers of success in new-product development. In: *Industrial Marketing Management* 76, S. 36–47. DOI: 10.1016/j.indmarman.2018.07.005.
- Cramer LA, Beaulieu J, Doyle J, Maldonado M, Egna H, Johnson M, Conway FDL (2023) The importance of the seafood processing sector to coastal community resilience. In: *Marine policy* 156, S. 105797. DOI: 10.1016/j.marpol.2023.105797.

- Cusack C, Sethi SA, Rice AN, Warren JD, Fujita R, Ingles J, Flores J, Garchitorena E, Mesa SV (2021) Marine ecotourism for small pelagics as a source of alternative income generating activities to fisheries in a tropical community. *Biological Conservation* 261, 109242. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109242>.
- Deblitz C (2012) Beef and Sheep Report 2012. Understanding agriculture worldwide. Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen-Institute); German Agricultural Society (DLG). Braunschweig, Frankfurt a.M.
- De Kock HK, Nkhabutlane P, Kobue-Lekalake Rl, Kriek, J, Steyn A, van Heerden C, Purdon L, Kruger C, Kinnear M, Taljaard-Swart H, Tuorila H (2022) An alternative food neophobia scale (FNS-A) to quantify responses to new foods. *Food Quality and Preference* 101:104626. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104626>
- Destatis (2023a) Unternehmen, Umsatz, Beschäftigte, Rohertrag und Investitionen im Ernährungseinzelhandel. Tabelle 4103500. Statistisches Bundesamt: Genesis-Online 45341-0001 u. 45341-0006; BLE (414).
- Destatis (2023b) Verkaufsstätten im Lebensmitteleinzelhandel. Tabelle 4104200. EHI Retail Institute e.V. Köln veröffentlicht unter BMEL-Statistik.de.
- Diekmann A, Preisendörffer P (2001) Umweltsoziologie: Eine Einführung. Reinbeck bei Hamburg: Rowohlt.
- Esbjerg L, Burt S, Pearse H, Glanz-Chanos V (2016) Retailers and technology-driven innovation in the food sector: Caretakers of consumer interests or barriers to innovation? *British Food Journal* 118. <https://doi.org/10.1108/BFJ-10-2015-0367>
- European Commission. 2014. Summary of Commission Decision of 27 November 2013 relating to a proceeding under Article 101 of the TFEU (Case AT.39633 — Shrimps) (notified under document C(2013) 8286). Official Journal of the European Union (C 453/16).
- EUROSTAT (2025) Catches - major fishing areas (from 2000 onwards) [fish\_ca\_main\_\_custom\_15915548]. [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/fish\\_ca\\_main/default/table?lang=en](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/fish_ca_main/default/table?lang=en) [accessed 24.03.2025].
- FAO (2025) FAOSTAT: Producer price index Morocco. Element Code 5539, Item Code F2051, Value 123.5. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Online verfügbar unter <https://www.fao.org/faostat/en/#data/PP>, zuletzt geprüft am 11.03.2025.
- Fisch-Informationszentrum (FIZ) (Hg.) (2024) Fischwirtschaft. Daten und Fakten 2023. Hamburg. Online verfügbar unter <https://www.fischinfo.de/index.php/verbraucher/broschueren?cf=5103#Flyer5103>, zuletzt geprüft am 24.05.2024.
- Fricke E, Koch M, Dietz H, Slater MJ, Saborowski R (2022) Brown shrimp (*Crangon crangon*) processing remains as ingredients for *Litopenaeus vannamei* feeds: Biochemical characterisation and digestibility. *Aquaculture Reports* 25:101225. <https://doi.org/10.1016/j.aqrep.2022.101225>
- Fricke E, Slater MJ, Saborowski R (2023) Brown shrimp (*Crangon crangon*) processing remains enhance growth of Pacific Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Aquaculture* 569:739367. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2023.739367>
- Goti-Aralucea L, Berkenhagen J, Sulanke E, Döring R (2021) Efficiency vs resilience: The rise and fall of the German brown shrimp fishery in times of COVID 19. *Marine Policy* 133 104675. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104675>
- Green W (2005) Reconsidering heterogeneity in panel data estimators of the stochastic frontier model. *Journal of Econometrics* 126 2 p.269-303. [10.1016/j.jeconom.2004.05.003](https://doi.org/10.1016/j.jeconom.2004.05.003)
- Guttormsen A G, Roll K H (2011) Technical Efficiency in a Heterogeneous Fishery: The Case of Norwegian Groundfish Fisheries. *Marine Resource Economics* 26:4 293-307 <https://doi.org/10.5950/0738-1360-26.4.293>
- Hanh TTH (2021) Why are fisheries agencies unable to facilitate the development of alternative livelihoods in small-scale fisheries and aquaculture in the global South? A case study of the Tam Giang lagoon, Viet Nam. *Marine Policy* 133, 104778. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2021.104778>.
- Heiploeg B. V. (2013) Device for the positioning of shrimps. European Patent 2471373 B1.
- Helfferich C (2011) Die Qualität qualitativer Daten. Manual für die Durchführung qualitativer Interviews. 4. Auflage. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften. Online verfügbar unter <https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/978-3-531-92076-4.pdf>, zuletzt geprüft am 12.09.2024.
- Hinz V, Looden H, Hiegel C, Oldemeinen L (2015) Machbarkeitsstudie für eine nachhaltige und regionale Krabbenvermarktung in der Wattenmeer-Region in Niedersachsen. Hg. v. Landwirtschaftskammer Niedersachsen. Fachbereich Fischerei. Hannover. Online verfügbar unter [https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/28860\\_Wissenswertes\\_zur\\_niedersaechsischen\\_Kuestenfischerei](https://www.lwk-niedersachsen.de/lwk/news/28860_Wissenswertes_zur_niedersaechsischen_Kuestenfischerei).

- IfD Allensbach (2020) Interesse der Bevölkerung an Natur- und Umweltschutz von 2016 bis 2020 (Personen in Millionen). Herausgeber: IfD Allensbach, ID 170945.
- Inwood SM, Sharp JS, Moore RH, Stinner DH (2009) Restaurants, chefs and local foods: insights drawn from application of a diffusion of innovation framework. *Agriculture and Human Value* 26. DOI 10.1007/s10460-008-9165-6
- Kant, A., Kant, K. B. (1996) Method and apparatus for peeling shrimp. European Patent EP 0743010 A1.
- Klever, C. (2019). Verfahren und Vorrichtung zum maschinellen Schälen von Gliederfüßern, insbesondere Krabben. Deutschland Patent 2439651.
- Knöpfel T, Sulanke E, Brümmer B (2025) Disentangling two decades of inefficiency trends and dynamics in the German Brown Shrimp fishery by Panel Stochastic Frontier Analysis. *Marine Resource Economics* (40).
- Kocken, A. (1978) Maschine zum vollautomatischen Schälen von Krabben“. Deutschland Patent 2642315
- Koemle D, Nguyen T D, Yu X, Arlinghaus R (2023) Subsidies, Temporary Laying-Up, and Efficiency in a Coastal Commercial Fishery *Marine Resource Economics*, 38 (2) <https://doi.org/10.1086/723731>
- Kuckartz U (2014) *Qualitative Text Analysis. A Guide to Methods, Practice and Using Software*. London: SAGE Publications.
- KVK (2004) Handelsregister. Kamer van Koophandel. <https://www.kvk.nl/>
- Lange, M. H. (1980) Verfahren und Vorrichtung zum Entschälen von Krabben oder Garnelen“. Deutschland Patent 2852144.
- Langer G, Schaper C, von Plettenberg L (2022) Die gesellschaftliche Einstellungsakzeptanz digitaler Technologien in der Milchviehhaltung – eine Betrachtung der affektiven Dimension. *Austrian Journal of Agricultural Economics and Rural Studies*, Vol. 31.16. [https://web.archive.org/web/20240114094204id\\_/https://oega.boku.ac.at/fileadmin/user\\_upload/Tagung/2021/AJARS31/20\\_Langer\\_et\\_al.pdf](https://web.archive.org/web/20240114094204id_/https://oega.boku.ac.at/fileadmin/user_upload/Tagung/2021/AJARS31/20_Langer_et_al.pdf)
- Lassen, W. (1936) Verfahren und Maschinen zum Schälen von Krabben. Patent 631364.
- Lebensmittelverband Deutschland (12.04.2023) 5,1 Millionen Erwerbstätige, 619.000 Betriebe, 170.000 Produkte – die deutsche Lebensmittelwirtschaft in Zahlen. Online verfügbar unter <https://www.lebensmittelverband.de/de/presse/pressemitteilungen/branchenzahlen-2021>, zuletzt geprüft am 29.04.2024.
- Letschert J, Kraan Caspar, Möllmann C, Stelzenmüller V (2023) Socio-ecological drivers of demersal fishing activity in the North Sea: The case of three German fleets. *Ocean and Coastal Management* 238: 106543 <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2023.106543>
- MacCarthy B L, Ahmed W A H, Demirel G (2022) *International Journal of Production Economics* 250: 108688 <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2022.108688>
- Madau F A, Furesi R, Pulina P (2018) The technical efficiency in Sardinian fisheries cooperatives." *Marine Policy* 95: 111-116. doi.org/10.1016/j.marpol.2018.07.008.
- Nielsen M, Ankamah-Yeboah I, Staahl L, Nielsen R (2018) Price transmission in the trans-atlantic northern shrimp value chain. *Marine Policy* 93: 71-79 <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.04.002>
- NielsenIQ (2023) Der deutsche Lebensmittelhandel 2023. Tradedimensions. NielsenIQ GmbH. Online verfügbar unter <https://www.tradedimensions.de/produkte/der-deutsche-lebensmittelhandel.html>, zuletzt geprüft am 29.04.2024.
- Niemann M, Lasner T (2024) Das Wunder von Großheide? Ein Zwischenstand zur maschinellen Entschälung der Nordseekrabbe. In: *Fischerblatt* (03/2024), S. 9–12.
- Niemann M, Lasner T (2025) Bringing Processing back Home? Profitability of German Brown Shrimp Fisheries and the Limits of a New Shelling Technology in Becoming an Entrepreneurial Game-Changer. In: *Regional Studies in Marine Science*, eingereicht (9.5.2025).
- Preuß, W. (1944) Vorrichtung zum Schälen von Krustentieren, insbesondere Krabben. Deutschland Patent 753820.
- Preuß, W. (1958) Vorrichtung zum Schälen von Krustentieren, insbesondere Krabben. Deutschland Patent 1022370.
- Quikano D, Salas S, Monrey-García C, Velázquez-Abunader I (2018) Factors contributing to technical efficiency in a mixed fishery: Implications in buyback programs. *Marine Policy* 94 61-70. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.05.004>

- Quirijns F, Beier U, Deetman B, Hoekstra G, Mol A, Zaalmink W (2021) Beschrijving garnalenvisserij - Huidige situatie, knelpunten en kansen. Wageningen Marine Research & Wageningen Economic Research. Wageningen University & Research rapport C049/21a
- Respondek G, Günter C, Beier U, Bleeker K, Pedersen E M, Schulze T, Temming A (2022) Connectivity of local sub-stocks of *Crangon crangon* in the North Sea and the risk of local recruitment overfishing. *Journal of Sea Research* 181: 102173 <https://doi.org/10.1016/j.seares.2022.102173>
- Risius A, Hamm U, Janssen M (2019) Target groups for fish from aquaculture: Consumer segmentation based on sustainability attributes and country of origin. *Aquaculture* 499, DOI: 10.1016/j.aquaculture.2018.09.044.
- Risius A, Zander K, Feucht Y, Janssen M, Hamm U (2018) Sustainable Aquaculture Products: Implications of Consumer Awareness and of Consumer Preferences for Promising Market Communication in Germany. *Journal of Aquatic Food Product Technology* 27 (1), DOI: 10.1080/10498850.2017.1390028.
- Rogers EM (2003) *Diffusion of Innovations*, 5th ed. Free Press, New York, 551 pp.
- Saborowski R, Hünerlage K (2022) Hatching phenology of the brown shrimp *Crangon crangon* in the southern North Sea: inter-annual temperature variations and climate change effects. *ICES Journal of Marine Science*, 2022, 0, 1–10 DOI: 10.1093/icesjms/fsac054
- Saborowski R, Tanara A, Fricke E, Koch M, Hagen W (2022) Changes in the fatty acid composition of brown shrimp, *Crangon crangon*, after boiling. *Aquaculture, Fish and Fisheries* 2:334-342. <https://doi.org/10.1002/aff2.65>
- Salvanes K G, Frode S (1994) Testing for Relative Performance between Seasons in a Fishery." *Land Economics* 70 (4): 431-447. <https://www.jstor.org/stable/3146639>.
- Schmid MC, Thieme WM (2017) MANU FACTUS – kunstvolle Handarbeit als identitätsprägendes Merkmal von Luxusmarken am Beispiel der Porzellan Manufaktur Nymphenburg. In: *Luxusmarkenmanagement Grundlagen, Strategien und praktische Umsetzung* (Hrsg.) Thieme, W.M. Springer Gabler, Wiesbaden. DOI 10.1007/978-3-658-09072-2
- Schmidt, K. (1979) Verfahren zum Schälen von Krabben. Deutschland Patent 2758233.
- Schröder A, Knöpfel T, Niemann M, Lasner T, Altmann B, Risius A (2025) Coastal Fisheries in Between - Asymmetries of Bargaining Power in the German Brown Shrimp Value Chain. In: unbk. (in Vorbereitung.).
- Schulte K F, Siegel V, Hufnagel M, Schulte T, Temming A (2020) Spatial and temporal distribution patterns of brown shrimp (*Crangon crangon*) derived from commercial logbook, landings, and vessel monitoring data. *ICES Journal of Marine Science* (2020), 77(3), 1017–1032. doi:10.1093/icesjms/fsaa021
- Schulze M, Spiller A, Risius, A (2019) Food Retailers as Mediating Gatekeepers between Farmers and Consumers in the Supply Chain of Animal Welfare Meat - Studying Retailers' Motives in Marketing Pasture-Based Beef. *Food Ethics* 3. <https://doi.org/10.1007/s41055-019-00040-w>
- Sickles R C, Zelenyuk V (2019) *Measurement of Productivity and Efficiency - Theory and Practice*. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139565981>
- Sulanke E, Berkenhagen J (2020) The sea at heart: Understanding family-owned German brown shrimp fishery. Online verfügbar unter <http://www.agribenchmark.org/agri-benchmark/news-and-results/einzelansicht/artikel//the-sea-at-h.html>, zuletzt aktualisiert am 24.06.2020, zuletzt geprüft am 24.07.2024.
- Sulanke E, Rubel V, Berkenhagen J, Bernreuter M, Stoeck T, Simons S (2025) Amending the European fishing fleet segmentation based on machine learning and multivariate statistics. *Fisheries Research* 281 107190. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2024.107190>
- Thorslund CAH, Sandøe P, Aaslyng MD, Lassen J (2016) A good taste in the meat, a good taste in the mouth – animal welfare as an aspect of pork quality in three European countries. *Livestock Science*, Vol. 193, pp.58–65. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.09.007>
- Thünen-Institute and global networks (2022) History. agri benchmark. Online verfügbar unter <http://www.agribenchmark.org/agri-benchmark/history.html>, zuletzt geprüft am 24.07.2024.
- Vanpoucke E, Geerts A (2019) Creating a sustainable supply chain for North Sea Shrimp. Follow the mainstream to Morocco, or create a local supply chain? *Solvay Brussels School Economics & Management*
- Van Woensel, D., Van Woensel, I. (1985) Shrimp-Peeling Machine according to the method. Haarlem, Niederland Patent US000004616382A.
- Villasante S, Sumaila U R (2010) Estimating the effects of technological efficiency on the European fishing fleet. *Marine Policy* 34 720-722. doi:10.1016/j.marpol.2009.11.008

- Welcker, C., Welcker, R. (1969) Vorrichtung zum Schälen von Krabben, Garnelen oder ähnlichen Schalentieren“. Deutschland Patent 1454216.
- World Bank (2025) World Development Indicators. World Bank data, inflation, consumer prices (annual%)-Morocco. Online verfügbar unter <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL.ZG?end=2024&locations=MA&start=2024&view=bar>, zuletzt aktualisiert am 28.01.2025, zuletzt geprüft am 11.03.2025.
- Zander K, Feucht Y (2018) Consumers Willingness to Pay for Sustainable Seafood Made in Europe. *Journal of International Food and Agribusiness Marketing* 30(3):251–275. <https://doi.org/10.1080/08974438.2017.1413611>
- Zander K, Isermeyer F, Bürgelt D, Christoph-Schulz I, Salamon P, Weible D (2013) Erwartungen der Gesellschaft an die Landwirtschaft. [https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/SWL\\_Zander\\_etal\\_2013.pdf](https://www.thuenen.de/media/institute/ma/Downloads/SWL_Zander_etal_2013.pdf). Abschlussbericht, Thünen-Institut und Stiftung Westfälische Landwirtschaft, Braunschweig.

## Anhang 1

**Tabelle A1: Liste der Beiratsmitglieder.**

Name	Organisation	Funktion
Kai-Arne Schmidt	Erzeugergemeinschaft der Deutschen Krabbenfischer GmbH	Geschäftsführer
Dieter Hullmann	Fischereigenossenschaft Elsfleth eG	Geschäftsführer
Jan Ysker	Erzeugergemeinschaft Küstenfischer der Nordsee GmbH	1. Vorsitzender
Dirk Sander	Verband der Deutschen Kutter- und Küstenfischer e.V.	1. Vorsitzender
Stephan Wessels	Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz	Referent Fischerei und Fischwirtschaft
Philipp Oberdörffer	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Fischereiberater
Margarethe Nowicki	Landwirtschaftskammer Niedersachsen	Fischereiberaterin
Kai Wätjen	Sustain Seafood e.V.	Vorstandsmitglied
Peter Südbeck	Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer	Leiter Nationalparkverwaltung
Nils Guse	World Wildlife Fund for Nature	Wattenmeerbeauftragter
Hilke Looden	Gemeinde Krummhörn	Bürgermeisterin
Jürgen Peters	Gemeinde Neuharlingersiel	Bürgermeister
Teresa Burchard	Edeka Handelsgesellschaft Nord mbH	Warenbereichsleiterin
Jan Woortmann / Alexander Dintner	Ems-Achse GmbH	Projektmanager

Quelle: eigene Darstellung

## Anhang 2: Schälresteverwertung<sup>9</sup>

### A. Einleitung

Beim Entschälen der Nordseegarnelen fallen ungefähr zwei Drittel des Körpergewichts als Schälreste an (Saborowski et al. 2022). Diese Reste bestehen überwiegend aus dem Panzer der Krabbe, der deren ganzen Körper inklusive Anhängen (Extremitäten, Mundwerkzeuge, Antennen etc., siehe Abbildung A 2.1) bedeckt, sowie zu kleinerem Teil aus den inneren Organen, nicht ausgelösten Muskelfleisch und, bei Weibchen, den außen am Körper getragenen Eiern. Letztere Fraktionen enthalten Proteine, Lipide und Mikronährstoffe, während der Panzer aus Chitin, einem polymeren N-Acetylglucosamin, sowie aus Lipoproteinen und Kalziumkarbonat besteht (Fricke et al. 2022, 2023).

**Abbildung A 2.1: Die drei Nebenströme aus der kontaktlosen, maschinellen Entschälung. Von unten nach oben: Das vom Panzer befreite Krabbenfleisch, hier noch mit schon gelösten aber nicht abgefallenen Panzerresten (dunkler gefärbt) am Schwanzende. Die Schälreste. Das Prozesswasser.**



Quelle: Günter Klever

Bei einer auf der neuen Entschältechnik beruhenden regionalen Entschälung von Nordseegarnelen würden die Schälreste auch entsprechend in der Region entstehen. Anstatt sie kostenträchtig entsorgen zu müssen, können sie alternativ auch wertschöpfend genutzt werden, da die oben genannten Inhaltsstoffe und davon besonders Chitin bzw. das daraus extrahierte Chitosan die Wirkstoffbasis für eine Vielzahl von Anwendungen und Produkten ist. Eine wie auch immer gartete Verwertung der Schälreste könnte daher nicht nur die Wirtschaftlichkeit der Entschälung steigern, sondern auch die ökologische Nachhaltigkeit der gesamten Wertschöpfungskette erhöhen.

---

<sup>9</sup> Dieser Abschnitt basiert auf Ergebnissen eines Unterauftrags an das ttz Bremerhaven.

Um die regional möglichen Verwertungs- und auch Vermarktungsmöglichkeiten von regional anfallenden Schälresten zu erforschen, vergaben wir einen Unterauftrag an das Technologie- und Transferzentrum Bremerhaven (ttz). Die beiden Hauptforschungsfragen dabei waren: (1) Wie können Nordseegarnelen-Schälreste regional wirtschaftlich und ökologisch nachhaltig verwertet werden und (2) welche möglichen Schälrestprodukte würden Verbraucherinnen und Verbraucher akzeptieren.

Zur Beantwortung beider Fragen wurde mit Literatur- und Internetrecherchen begonnen, um einen Überblick über Nutzungsmöglichkeiten, Herstellungsverfahren und Produkten aus Krebstier-Schälresten zu gewinnen. Basierend auf diesen Ergebnissen wurden bestimmte Nutzungen und vermarktbar Produkte ausgewählt, die dann mit Hilfe von Fokusgruppendifkussionen, Experteninnen- und Experten-Interviews, Verbraucherinnen- und Verbraucher-Befragungen und Choice-Experimenten in Hinblick auf regionale Verwertungsmöglichkeiten weiter erforscht wurden. Die erhaltenen Ergebnisse wurden abschließend in einer SWOT-Analyse bewertet und flossen in ein Realisierungskonzept für die regionale Verwertung von Schälresten aus Nordseegarnelen ein.

## B. Regionale Nutzungsmöglichkeiten

### i. Literatur- und Internetrecherche

Zur Gewinnung eines allgemeinen Überblicks über Nutzungsmöglichkeiten, Herstellungsverfahren und Produkten aus Krebstier-Schälresten, wurde im ersten Arbeitsschritt eine Literatur- und Internetrecherche durchgeführt.

#### **Methodik der Literatur- und Internetrecherche zu Nutzungsmöglichkeiten**

Im Sommer 2023 fanden per Google und Google Scholar und in den wissenschaftlichen Literaturdatenbanken Sciedirect und Pubmed Suchen zu der Thematik statt.

#### **Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zu Nutzungsmöglichkeiten**

Insbesondere Chitin und Chitosan dominieren die Verwertung von Krebstierschalenresten. Neben der klassischen chemischen Gewinnung von Chitosan vorrangig in SO-Asien mit Hilfe von starken Säuren und Laugen zur Deproteinisierung, Demineralisierung und Deacetylierung treten vermehrt umweltfreundlichere und ressourcenschonendere Verfahren („green extraktion“) in den Vordergrund. Aus der Literatur war jedoch nicht ersichtlich wie technisch einsetzbar und wirtschaftlich konkurrenzfähig die unterschiedlichen Ansätze dieses sogenannten „green extraction“-Verfahren derzeit sind. Die wissenschaftliche Literatur fokussiert bisher auf die Erforschung der Wirkung der reinen Komponenten Chitin und Chitosan unabhängig von der angewandten Produktionsverfahren. Chitosan bietet zahlreiche Anwendungsmöglichkeiten in Textilien, Landwirtschaft, Lebensmittelindustrie, Kosmetik und Medizin. Durch unterschiedliche Verfahren kann Chitosan hergestellt werden, welches sich maßgeblich durch den Deacetylierungsgrad, Derivatisierung, Molmasse und Aschegehalt und damit den Einsatzmöglichkeiten unterscheidet. Die vielfältigen und zum Teil sehr speziellen Anwendungsfelder von Chitosan beruhen auf sehr spezifischem Wissen und sind zum Teil Firmengeheimnisse. Ein Alleinstellungsmerkmal („unique selling point“) umweltschonend produzierten Chitosans könnte „green extraction“ fördern.

Die Verwertung von Schälresten in Form von weniger aufgereinigten Material erscheint regional vielversprechender. Solches Material wird als Krabbenschalenmehl oder auf Englisch Crustacean/Crab Shell Powder (= CSP) bezeichnet. CSP wird durch Trocknung und Zerkleinerung aus Krebstierschalenresten gewonnen und ist das Ausgangsprodukt für die Gewinnung von Chitin und Chitosan, aber auch anderer Produkte. CSP erfordert somit weniger und einfachere Verarbeitungsstufen und ist kostengünstiger zu produzieren. Insbesondere in spezialisierten Nischenmärkten in den Bereichen Landwirtschaft/Gartenbau, und Aquakultur-

/Heimtierfutter können CSP-Produkte attraktive Absatzchancen haben. Die Wirkweise von CSP-Produkten in diesen Bereichen beruht zwar größtenteils auch auf Chitin und Chitosan, eine aufwendige Extraktion und Aufreinigung dieser Inhaltsstoffe ist dafür aber nicht nötig.

## ii. Expertinnen- und Experteninterviews zu Nutzungsmöglichkeiten

Aufgrund der in der obigen Übersichtsrecherche erhaltenen Ergebnisse wurden für die folgenden Expertinnen- und Experten-Interviews die Schwerpunkte auf die Nutzung von CSP und „green extraction“-Verfahren gelegt. Die Fragen bezogen sich darauf, (1) welche innovativen Anwendungsbereiche und potenziellen Vorteile sich aus der Nutzung von Krabbenpulver (CSP) in regionalen Wertschöpfungsketten ergeben, insbesondere vor dem Hintergrund der dann wenigen erforderlichen Prozessstufen und den Absatzchancen auf dem deutschen und europäischen Markt, (2) ob Verfahren des „green extraction“ zur Gewinnung von Chitin und Chitosan bereits marktreif sind, wie ihre Vorteile in regionalen Wertschöpfungsketten am besten genutzt werden können, und wie die umweltverträglichere Herstellung von Chitin und Chitosan im Vergleich zu asiatischen Produktionsstätten für regionale Krabbenpulvererzeugnisse realisierbar ist.

### Methodik der Expertinnen- und Experten-Interviews zu Nutzungsmöglichkeiten

Die leitfaden-gestützten Interviews wurden von Oktober bis November 2023 durchgeführt. Je nach Wunsch der Befragten fanden die Interviews online oder in Präsenz statt. Der Leitfaden umfasste sieben offene Fragen, die auf technische, organisatorische, betriebswirtschaftliche und marktorientierte Aspekte der regionalen Nutzung von Schälresten abzielten. Zwei optionale Fragen wurden gestellt, wenn auf dem Gebiet der Verarbeitung von CSP zu Chitin und Chitosan bzw. zu „grünen“ Extraktionsmethoden Expertise vorhanden war. Zwölf Expertinnen und Experten wurden aus Futtermittelindustrie, Aquakultur, Lebensmitteltechnologie, Wirtschaftsförderung, Unternehmen und Forschung ausgewählt. Vor Beginn jedes Interviews wurden den Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Zweck der Befragung, der Ablauf und die Vertraulichkeit erklärt. Online-Interviews wurden mithilfe von Microsoft Teams aufgezeichnet, Interviews in Präsenz mit einem Audioaufnahmegerät. Die Transkription und Analyse erfolgte mit F4 (Dr. Dresing & Pehl GmbH). Die Analyse-Codes wurden deduktiv beim Lesen der Transkripte erstellt.

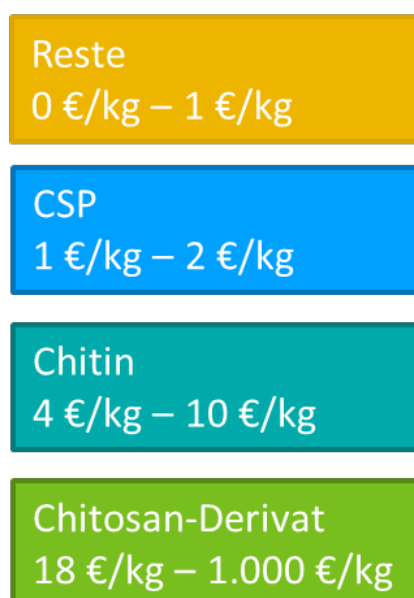
### Ergebnisse der Expertinnen- und Experteninterviews zu Nutzungsmöglichkeiten

Die Nutzung von in Deutschland anfallenden Krabben- und allgemein Krebstierschälresten hat grundsätzlich Potenzial, insbesondere in der Futtermittelindustrie, wo sie hauptsächlich als CSP verarbeitet werden. Trotz der Relevanz und Verwendung in Futtermitteln sind die zu erwartenden Mengen an Schälresten aus der neuen Technik jedoch zu gering, um wirtschaftlich bedeutend zu sein, und die Konkurrenz aus dem Ausland übertrifft Deutschland in Herstellungskosten und Quantität. Potential von CPS als Kompostbeigabe zur Bodenverbesserung in Landwirtschaft und Gartenbau wurde ebenfalls identifiziert. Grundsätzlich erschweren saisonale Schwankungen in der Verfügbarkeit von Schälresten und dezentrale Produktionsstätten eine wirtschaftliche Nutzung in kontinuierlichem Betrieb. Für den Einsatz als Tierfutter bestimmt der Heimtiermarkt („Pet-Food“) den Preis, in der Aquakultur wird weniger gezahlt. Nachgewiesene Wirkungen wie z. Bsp. als Wachstumsfaktor bei Warmwassergarnelen (Fricke et al. 2003) könnten die Nachfrage und damit den Verkaufspreis steigern.

Die Herstellung von Chitin und Chitosan ist aufgrund umweltschädlicher Verfahren und hoher Kosten in Deutschland wenig wettbewerbsfähig. Alternative „green extraction“-Methoden sind umweltfreundlicher, jedoch noch nicht wirtschaftlich oder praktikabel. Hier wird momentan viel geforscht, Details waren aber, da oft als Betriebsgeheimnis deklariert und unveröffentlicht, nicht zu erfahren. Eine entsprechende Zertifizierung könnte zwar die Wettbewerbsfähigkeit erhöhen und höhere Preise rechtfertigen, kleine Unternehmen haben aber weniger Kapazität, die entsprechenden Nachweise, z. Bsp. zur höheren Nachhaltigkeit, zu erbringen. Einem gut vermarkteten Produkt in einer funktionierenden Nische werden Markchancen eingeräumt. Bei der Isolierung

aus Chitin können die Eigenschaften von Chitosan durch die Wahl der jeweiligen Extraktionskonditionen individuell angepasst werden. Die Herkunft der Rohstoffe gilt als sehr wichtig – jede Quelle an Chitin ist separat zu betrachten und hat zum Teil sehr spezifische Anwendungsfelder. Produktionskosten sind schwer in Erfahrung zu bekommen. Genannte Verkaufspreise decken sich grob mit Daten aus der Literaturrecherche, haben aber auch große Spannweiten und Unsicherheiten. Chitosan aus Krebstierschalen für medizinische Produkte und Kosmetik erzielen die höchsten Verkaufspreise (Abb. A 2.2), die Herstellung erfordert aber auch aufwendige Prozesse und entsprechendes Wissen und Produktionsmittel. Die geringsten Preise erzielen frische Reste, wobei viele Krebstierschalen-Produzenten (in Deutschland vermutlich v.a. die Siebstellen für Krabben) die Reste zwecks Vermeidung von Entsorgungskosten oft auch umsonst an Abnehmer abgeben.

**Abbildung A.2: Laut Internetrecherche und Experteninnen- und Experteninterviews erzielte Verkaufspreise für unterschiedlich stark verarbeitete Zwischenprodukte aus Krebstierschälresten zum Zeitpunkt der Untersuchungen.**



Quelle: ttz

### iii. Fokusgruppendifkussionen zu Nutzungsmöglichkeiten

Die Ergebnisse aus der Literaturrecherche und den Experteninnen- und Experteninterviews wurden in zwei Fokusgruppendifkussionen weiter untersucht. Die erste Fokusgruppe beschäftigte sich mit CPS als Ausgangsprodukt für eine regionale Weiterverarbeitung als Kompostbeigabe zur Bodenverbesserung und als Einsatz in Tierfutter. Die zweite Fokusgruppe untersuchte die umweltschonenderen, regionalen Weiterverarbeitungsmöglichkeiten von CPS zu Chitin und Chitosan.

#### Methodik der Fokusgruppendifkussionen zu Nutzungsmöglichkeiten

Die Teilnehmenden der beiden Fokusgruppe wurden per Telefon rekrutiert oder bereits bei den Experteninterviews eingeladen. Weitere potentielle Teilnehmende für die zweite Fokusgruppe wurden auch auf der Messe Fish International 2024 in Bremen angesprochen und rekrutiert. Die Fokusgruppe A fand am 09.02.2024 online im Rahmen eines Microsoft Teams Treffens statt und bestand aus neun Experteninnen und Experten aus den Bereichen Wirtschaft und Forschung sowie Netzwerk/Beratung. Das Thema der ersten Fokusgruppe lautet: „Getrocknete Krabenschälreste (CSP) als Ausgangsprodukt für z.B. Kompostbeigabe/Bodenverbesserung oder Tierfutter“. Vor dem eigentlichen Fokusgespräch sahen die

Teilnehmenden eine Präsentation über das FuE, in der die Inhalte noch einmal erklärt wurden, um alle auf den gleichen Stand zu bringen. Das Fokusgespräch lief insgesamt 90 Minuten. Die Fokusgruppe B fand am 26.02.2024 von 16 bis 18 Uhr während der Messe Fish International in Bremen statt. Das Schwerpunktthema war hier die „Produktion von Chitin und Chitosan aus Krabbenschälresten für einen weiteren Verkauf an Spezialanwender“. Für eine umfängliche Einleitung in das Thema wurde in der Einladung empfohlen einen Vortrag zum FuE am selben Tag um 14 Uhr zu besuchen. Teilgenommen haben drei Personen aus Wirtschaft sowie Netzwerk und Beratung. Beide Fokusgruppen wurden aufgezeichnet (per Microsoft Teams bzw. Audiogeräte) und mithilfe der F4 Software transkribiert und analysiert. Die transkribierten Daten wurden mithilfe qualitativer Analysemethoden ausgewertet, um Muster, Themen und Schlüsselaussagen zu identifizieren. Codes wurden deduktiv beim Lesen der Transkripte erstellt und die entwickelten Codes wurden systematisch in der F4-Analysesoftware eingeführt, um eine geordnete Struktur für die Analyse zu schaffen.

### **Ergebnisse der Fokusgruppendifkussionen zu Nutzungsmöglichkeiten**

Die einfachere Methode, Krabbenschalenpulver als Bodenverbesserer zu nutzen, wurde als kostengünstige und nachhaltige Option benannt, obwohl ein möglicher Geruch („fischig“) problematisch sein könnte. Landwirtinnen und Landwirte könnten schwer zu überzeugen sein, für Kompost mit Krabbenschalenpulver mehr zu zahlen. Bestehende Regularien erfordern eine Hygienisierung der Krabbenschalen, was als machbar angesehen wird (u.a. durch Torrefikation). Mit der entsprechenden Vermarktungsstrategie ist trotzdem ein hohes Potenzial gegeben. Bei der Veredelung zu Chitin (zur Steigerung der Attraktivität für Chitosan-Produzenten) wurden erneut wirtschaftliche und technische Herausforderungen, insbesondere hohe Kosten für Energie und Personal und die unter anderen Bedingungen produzierende asiatische Konkurrenz, genannt. Die Verwendung in Pharmazie und Kosmetik könnte ökologisch vorteilhaft sein, wenn der Rohstoff in ausreichender Menge verfügbar wäre. Die Nutzung regionaler Rohstoffe könnte den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck dieser Produkte reduzieren („CO<sub>2</sub>-Joker“). Krabbenschalen könnten auch als natürliche Quelle für Astaxanthin in Futtermitteln für Hühner und Fische genutzt werden, wobei auch hier der mögliche fischige Geschmack der Endprodukte ein Problem darstellen könnte. Als eine neue kreative und lukrative Nutzung von Krabbenschalenpulver wurde die Herstellung von Angelködern für Sportfischerei und Aquakultur identifiziert. Aus den Erkenntnissen der Fokusgruppe A als Einsatz für Bodenverbesserung und die Kombination mit entsprechenden „Storytelling“ könnte eine Ableitung ebenfalls in den Hobbybedarf (Gemüsegarten, Balkon, „urban gardening“) sinnvoll sein. Insgesamt sind sich die Teilnehmerinnen und Teilnehmer einig, dass regionale Krabbenschälreste vielfältige Potenziale bieten, wobei weitere Forschung oder auch technologische Innovationen notwendig sind, um diese Chancen vollständig auszuschöpfen.

## **C. Verbraucherakzeptanz**

### **i. Literatur- und Internetrecherche**

Auch zur Klärung der Frage, welche möglichen Produkte aus regionalen Krabbenschälresten Verbraucherinnen und Verbraucher akzeptieren, begannen wir zur Übersichtsgewinnung mit einer Literatur- und Internetrecherche.

#### **Methodik der Literatur- und Internetrecherche zur Verbraucherakzeptanz**

Diese wurde von Juni – Juli 2023 ebenfalls eine Literatur- und Internetrecherche durchgeführt. Diese fokussierte vor allem auf soziale Netzwerke (facebook, instagram, TikTok, YouTube) sowie Google, ergänzt durch eine nicht-systematische Recherche in den wissenschaftlichen Datenbanken Scencedirect und Pubmed.

## Ergebnisse der Literatur- und Internetrecherche zur Verbraucherakzeptanz

Beiträge in sozialen Medien betrafen überwiegend Chitin - und Chitosan-beinhaltende Nahrungsergänzungsmittel, Diätmittel, Kosmetika (vorrangig Cremes) und teilweise auch Medizinprodukte sowie die Verwendung von Krebstierschalen in der heimischen Küche für Fonds oder Suppen. Die Herkunft und Nachhaltigkeit der Produktion der Inhaltsstoffe wurden kaum thematisiert. Die Google-Recherchen zeigten ebenfalls deutlich, dass nach den Begriffen Chitin und Chitosan häufig gesucht wird, in Verbindung mit Schälresten und Nordseegarnelen aber kaum. Die Recherche in den wissenschaftlichen Datenbanken ergaben Hinweise aus einzelnen Studien, dass die Akzeptanz von Produkten mit bzw. aus Krabbenschälresten sowie Chitosan mit dem Anteil an „Substanzen/Resten“ in den Produkten sowie mit dem Alter der Verbraucherinnen und Verbraucher sinkt. Die Akzeptanz mag wiederum mit dem Verständnis über Vorteile und Nutzen (Gesundheit/Umwelt) der Reststoffströme und der Vertrautheit mit Beiprodukten steigen.

### ii. Verbraucherinnen- und Verbraucherfokusgruppen zur Nutzung und Akzeptanz

Auf Grundlage der Literaturrecherche wurden Forschungsfragen identifiziert, die in Fokusgruppen mit Endverbraucherinnen und -verbraucher untersucht werden sollten: (1) Wie ist der Wissensstand in Bezug auf Krabbenschälreste? (2) Wie ist die Kenntnis über die bestehenden Verarbeitungswege? (3) Welche Produkte aus Reststoffen von Krabbenschälresten würden akzeptiert? (4) Welche Informationen müssen bereitgestellt werden, um Produkte aus Krabbenschälresten interessant zu gestalten? (5) Wie müssen Informationen gestaltet sein, um Produkte aus regionalen Krabbenschälresten zu fördern? Mit Hilfe von insgesamt vier Fokusgruppen wurden Einstellungen und Kenntnisse von Verbrauchern zu diesen Themen gesammelt.

#### Methodik der Verbraucherinnen- und Verbraucherfokusgruppen

Um die Teilnehmenden zu rekrutieren, wurden Verbraucherinnen und Verbraucher aus der Datenbank des Auftragnehmers (ttz Bremerhaven) per E-Mail über die Fokusgruppen informiert und zur telefonischen Anmeldung aufgefordert. Mittels Rekrutierungsinterview wurden die Teilnehmenden final ausgewählt. Alle Teilnehmenden erhielten nach Abschluss der Fokusgruppe eine Aufwandsentschädigung von 40 € in bar. Die Teilnehmerinnen und Teilnehmer wurden aufgrund demografischer Parameter in vier Fokusgruppen eingeteilt:

- Ältere Erwachsene ohne Kinder im Haushalt (50-65 Jahre)
- Erwachsene ohne Kinder im HH (30 - 50 Jahre),
- Familien mit Kindern im HH (30 - 50 Jahre)
- Junge Erwachsene ohne Kinder im HH (25-55 Jahre).

Die Fokusgruppensitzungen fanden am 9. November 2023 10 – 12 Uhr und 17 – 19 Uhr und Freitag, 10. November 2023, 11 – 13 Uhr und 15 – 17 Uhr statt und wurden auf Grundlage eines Leitfadens durchgeführt. Jede Fokusgruppe wurde per Audiogeräte aufgezeichnet. Zusätzlich wurde jede Gruppe durch eine Person protokolliert, um Besonderheiten während der Sitzungen zu berücksichtigen. Es wurden insgesamt vier Produkte zur Diskussion ausgewählt: ein Nahrungsergänzungsmittel, ein Lebensmittelprodukt (Krabbenchips) und zwei Kosmetikprodukte (je 1 x Zahnpasta und Handcreme). Diese Produkte wurden in den unterschiedlichen Gruppen in unterschiedlicher Reihenfolge präsentiert:

- Fokusgruppe 1: A / B / C1 / C2
- Fokusgruppe 2: C1 / C2 / B / A
- Fokusgruppe 3: B / A / C2 / C1
- Fokusgruppe 4: C2 / C1 / A / B

Um die Hintergründe der Krabbenentschälung, des FuE sowie die entstehenden Reststoffströme zu erklären, erhielten die Teilnehmenden entsprechende grafisch aufbereitete Informationen. Am Ende der Fokusgruppen bekamen die Teilnehmenden ein quantitativer Online-Fragebogen vorgelegt, in dem ihre soziodemografischen Eigenschaften, Einstellung gegenüber neuartigen Lebensmitteln sowie ihr Umweltbewusstsein abgefragt wurden. Die sogenannte Food-Neophobia wurde mit der Alternative-Food-Neophobia Scale (A-FNS) von de Kock et al. (2022), das Umweltbewusstsein nach Diekmann und Preisendörfer (2001) erhoben. Zusätzlich wurde der Online-Fragebogen genutzt, um nach Abschluss der Fokusgruppen die Präferenz für die vorgestellten Produktkonzepte zu erheben und dabei mögliche soziale Einflussfaktoren zu reduzieren. Der Online Fragebogen lief über die Plattform SoSciSurvey ([www.soscisurvey.de](http://www.soscisurvey.de)).

Die Audiodateien wurden per F4 automatisch transkribiert und manuell nachbearbeitet. Die Hauptaussagen zu den einzelnen Passagen wurden zusammengefasst und durch Zitate von den einzelnen Teilnehmenden beschrieben. Darüber hinaus wurden für jeden Teilabschnitt Einzelzitate von Teilnehmenden extrahiert, um die Gesamtergebnisse durch die ausgewählten Zitate zu untermauern. Der Zusatzfragebogen wurde mit der Statistiksoftware SPSS ausgewertet. Dabei werden die Häufigkeiten der untersuchten Merkmale dargestellt und für die Einstellungskonstrukte die aggregierten Mittelwerte aller items berechnet. Dabei wurden bei einigen items der A-NFS vorher noch die Antworten recodiert. Abschließend wurde trotz der geringen Gesamtanzahl noch der Cronbachs-Alpha bestimmt, um eine Einschätzung darüber zu bekommen, ob die Antworten der Fragenkonstrukte entsprechend interpretierbar sind.

### **Ergebnisse der Verbraucherinnen und Verbraucherfokusgruppen**

Die Teilnehmenden zeigten sich offen gegenüber Produkten, die aus Krabbenschälresten hergestellt werden, einschließlich Inhaltsstoffen in Produkten wie Chips und Zahnpasta. Dies deutet darauf hin, dass das Potenzial für die Verwendung von Krabbenschälresten in einer Vielzahl von Produkten vorhanden ist, wobei Chips und Zahnpasta in dieser Umfrage als besonders vielversprechend angesehen werden. Die Teilnehmenden äußerten Interesse an einer regionalen Krabbenwertschöpfungskette, die die lokale Wirtschaft unterstützen und zur Nachhaltigkeit beitragen könnte. Allerdings gibt es auch Bedenken hinsichtlich möglicher höherer Kosten für Krabben oder Krabbenprodukte, die aus dieser regionalen Lieferkette resultieren könnten. Diese Bedenken spiegeln die Sensibilität der Verbraucherinnen und Verbraucher für Preisänderungen wider, insbesondere wenn es um Lebensmittel geht (die Fokusgruppen fanden nach einer Zeit hoher Inflationsraten statt). Die positive Beurteilung der Reststoffverwertung zeigt das Bewusstsein und die Wertschätzung für eine effiziente Nutzung von Ressourcen. Die Fokusgruppen betonen jedoch, dass sie Informationen über die Wirksamkeit und Qualität der Produkte aus Krabbenschälresten benötigen, um bereit zu sein, einen höheren Preis zu zahlen. Dies verdeutlicht die Bedeutung von Transparenz und Aufklärung seitens der Hersteller, um das Vertrauen der Verbraucherinnen und Verbraucher zu gewinnen.

### **iii. Verbraucherinnen- und Verbraucherbefragung und Choice-Experiment**

In diesem Schritt sollen mit Verbraucherinnen und Verbraucher die „Bodenverbesserer“ und „Heimtierfutter“ getestet und folgende Fragen beantwortet werden: (1) Welches Potential haben Produkte bzw. Produktkonzepte mit Krabbenschalenreste? (2) Wie hoch ist die Kauf- und Preisbereitschaft für diese Produkten?

#### **Methodik der Befragung und Choice-Experiment**

Es wurden eine auswahlbasierte Conjoint-Analyse mit zusätzlichem Fragebogen durchgeführt. Die Auswahlbasierte Conjoint-Analyse (CBC) ist eine Methode der Präferenzmessung, bei der Probandinnen und Probanden wiederholt aus einer Menge von Alternativen (Choice Sets) die jeweils bevorzugte Option auswählen. Im Gegensatz zur traditionellen Conjoint-Analyse, bei der alle Alternativen gerankt werden, spiegelt CBC das reale

Entscheidungsverhalten besser wider, da Konsumentinnen und Konsumenten in tatsächlichen Kaufsituationen meist nur eine Wahl treffen. Es wurde für diese Befragung ein Konzept für Nutzung von Krabbschalenreste in Heimtierfutter und als Bodenverbesserer genutzt. In beiden Konzepten wurden drei Merkmale identifiziert, die unterschiedliche Ausprägungen haben (Regionalität: ja/nein, Krabbschalenpulver; aus Nordsee/EU- und Nicht-EU-Land/ohne, Preis: 2,65€/4,45€/6,25€ bzw. 0,99€/1,49€/2,59€). Für jedes Konzept wurden 12 Choice-Sets gebildet. Das Testdesign wurde durch das Excel Addon XLSTAT erstellt. Neben der Auswahlbasierten Conjoint-Analyse wurden noch Hintergrundvariablen abgefragt. Dazu zählen das Umweltbewusstsein nach Priesdörfer, die Neue Ökologische Paradigma (NEP) Skala, ausgewählte items der Cat/Dog Owner Relationship Scale (C/DORS – 2016) und die Einschätzung zur eigenen Gartenfähigkeit.

Die Online-Studie wurde mit Teilnehmenden aus dem Umkreis von Bremerhaven und Nordrhein-Westfalen (NRW) durchgeführt. Voraussetzung für die Teilnehmenden aus NRW war, dass sie in den letzten 5 Jahren Urlaub an der Nordsee gemacht haben. Die Online-Befragung wurde für Bremerhaven direkt durch das ttz Bremerhaven verteilt. Für NRW wurde der Fragebogen durch den Dienstleister INNOFACT AG realisiert. Die Datensammlung wurde an beiden Standorten im Zeitraum vom 19.08. - 03.09.24 durchgeführt. Der Fragebogen hatte eine Gesamtlänge von 15 Minuten und wurde für beide Standorte über die Online-Plattform SoSciSurvey ausgeführt.

Innerhalb eines Attributes können die Nutzenwerte direkt miteinander verglichen werden: je höher der Wert, desto bevorzugter die Ausprägung. Um die Bedeutung einzelner Attribute für die Kaufentscheidung zu bestimmen, werden die Spannweiten der Nutzenwerte innerhalb eines Attributes betrachtet. Die relative Wichtigkeit eines Attributes ergibt sich dann als Anteil seiner Spannweite an der Summe aller Attributspannweiten:

$$\text{Relative Wichtigkeit} = (\text{Spannweite des Attributes} / \text{Summe aller Spannweiten}) \times 100 \%$$

Da die Schätzung auf über alle Befragten gemittelten Entscheidungen basiert, spiegeln die resultierenden Teilnutzenwerte eine durchschnittliche Präferenzstruktur der Gesamtstichprobe wider. Berechnungen erfolgten mit Excel-Addon XLSTAT; statistische Analysen mit SPSS 29.

### **Ergebnisse der Befragung und Choice-Experiment**

Bei der Auswahl eines Bodenverbesserers aus Krabbschalenpulver erwies sich in Nordrhein-Westfalen (NRW) das Vorhandensein des Krabbschalenpulvers von der Nordseeküste als wichtigster Entscheidungsfaktor. An zweiter Stelle folgte der Preis, während die Regionalität als am wenigsten relevant eingestuft wurde. In Bremerhaven hingegen stellte der Preis – insbesondere ein höherer Preis – das entscheidende Kriterium dar, gefolgt vom Vorhandensein des Krabbschalenpulvers von der Nordseeküste. Auch hier spielte die Regionalität eine untergeordnete Rolle, wobei sie im Vergleich zu NRW noch weniger Bedeutung hatte. Ein möglicher Grund dafür könnte sein, dass die Teilnehmenden aus Bremerhaven und Umgebung die regionale Herkunft der Krabbschalen als gegeben ansehen und daher nicht aktiv berücksichtigen. Die Produktbeschreibung überzeugte die Teilnehmenden, dass die Zugabe von Krabbschalenresten einen positiven Einfluss auf die Bodenqualität haben könnte. Die allgemeine Akzeptanz des Produkts wurde auf einer siebenstufigen Skala mit einem Mittelwert von über 5 positiv bewertet. Auch die Ergebnisse des Polaritätsprofils wiesen auf eine überwiegend positive Wahrnehmung hin. Zwar wurden zwischen NRW und Bremerhaven keine signifikanten Unterschiede festgestellt, doch die Testpersonen aus der Region Bremerhaven zeigten sich insgesamt etwas kritischer. Erwähnenswert ist außerdem, dass Personen, die das Konzept des Bodenverbesserers mit dem höchsten Skalenwert bewerteten, ein signifikant ausgeprägtes Umweltbewusstsein sowie eine geringere emotionale Bindung zu ihrem Haustier aufwiesen.

In beiden Testgruppen stellt die Abwesenheit von Krabbschalenpulver im Tierfutter das wichtigste Entscheidungskriterium dar. Der Preis wird als zweitwichtigster Faktor bewertet, wobei jedoch nicht der günstigste Preis bevorzugt wird. Die Akzeptanz des Konzeptes wird in beiden Gruppen mit einem identischen Mittelwert von 5,3 beurteilt. Das Polaritätenprofil zeigt, dass die Testgruppe aus Bremerhaven das Konzept etwas

kritischer bewertet als die Gruppe aus Nordrhein-Westfalen, insgesamt jedoch fällt die Einschätzung etwas schlechter aus als beim Bodenverbesserer. Die Verfütterung des Produktes an Haustiere wird von den Teilnehmenden nicht grundsätzlich abgelehnt, überzeugt jedoch auch nicht vollständig, was möglicherweise auf den Einfluss des verwendeten Textmaterials zurückzuführen ist. Personen mit einer hohen Akzeptanz (Skalenpunkte 5, 6 oder 7) zeichnen sich zudem durch ein höheres Umweltbewusstsein, eine stärkere Unterstützung bzw. Überzeugung in Umweltfragen sowie eine engere Bindung zu ihrem Haustier aus, verglichen mit den Gruppen, die eine geringere Akzeptanz zeigen.

Zusammenfassend zeigte sich, dass grundsätzlich ein Potential für Produkte mit Krabbenschälresten vorhanden ist. Die Idee, Krabbenschälreste in Produkte einzubringen, wurde durch die vorgelegten Texte offenbar gut verstanden, da nur eine geringe Anzahl an ablehnenden oder neutral eingestellten Testpersonen identifiziert wurde. Das höchste Potential zeigte sich bei Verbraucherinnen und Verbraucher, die ein hohes Umweltbewusstsein, eine starke Überzeugung in Umweltfragen sowie eine enge Bindung zu Haustieren aufweisen – letztes insbesondere im Zusammenhang mit dem Tierfutter. Insgesamt scheinen Bodenverbesserer jedoch das größere Potential zu besitzen, da Verbraucherinnen und Verbraucher aus beiden untersuchten Regionen einen klaren Nutzen in der Verwendung von Krabbenschälresten von der Nordseeküste sehen. Bei beiden getesteten Produktkonzepten wird zudem nicht der günstigste Preis als derjenige mit dem höchsten Nutzen empfunden, insbesondere bei Tierfutter.

#### D. SWOT-Analyse

Auf Grundlage der obigen Literatur- und Internetrecherchen, den Experteninnen- und Experteninterviews, Fokusgruppen und Verbraucherinnen- und Verbraucherbefragungen inkl. Choice-Experiment wurden die identifizierten regionalen Verwertungs-möglichkeiten der Schälreste bzgl. Stärken (Strengths), Schwächen (Weaknesses), Chancen (Opportunities) und Risiken (Threats) bewertet, wobei ökologische, wirtschaftliche und soziale Aspekte einbezogen wurden. Die Ergebnisse dieser SWOT-Analyse sind hier grafisch aufgearbeitet für die drei ausgewählten Nutzungsfelder „Bodenverbesserer“ (Abbildung A 2.3), „Tierfutter“ (Abbildung A 2.4) und „Chitin/Chitosan-Produktion“ (Abbildung A 2.5) dargestellt.

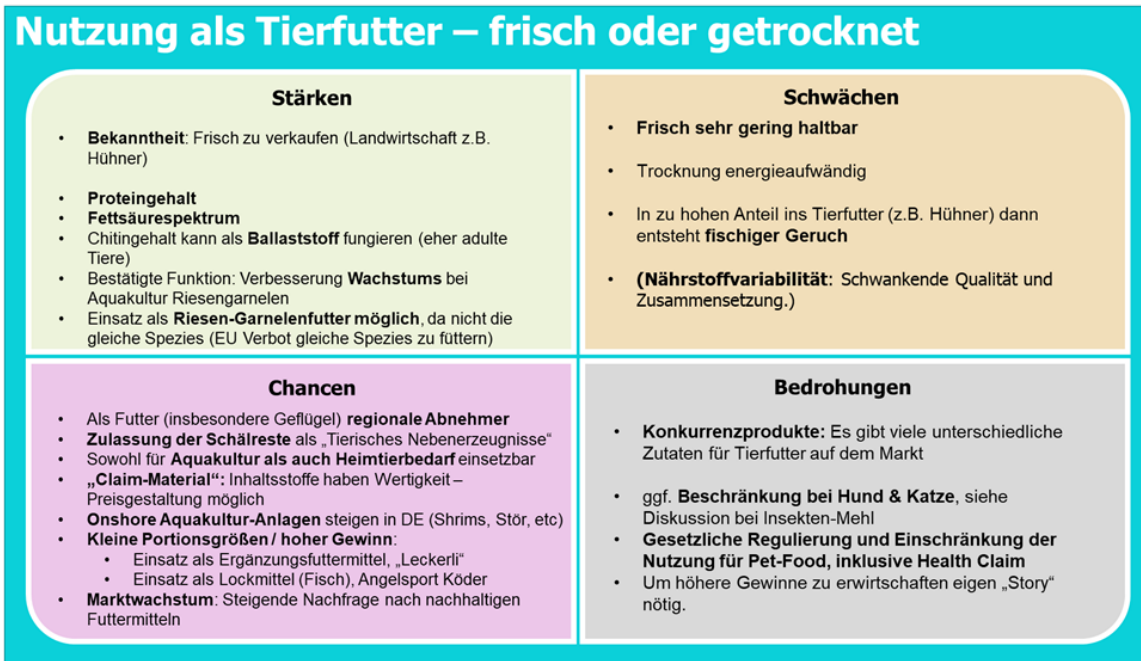
Zusammenfassend lässt sich sagen, dass, um kurz- bis mittelfristig Gewinne mit den Nebenströmen der Krabbenentschälung zu erzielen, eine Markteintrittsstrategie mit geringem Investitionsaufwand sinnvoll ist. Die Verwertung von Krabbenschalen als Bodenverbesserer scheint derzeit die praktikabelste Option zu sein. Auch die Nutzung als Tierfutter bietet Potenzial, erfordert jedoch noch Entwicklungsarbeit für ein spezielles Produkt/Anwendung und die Identifizierung geeigneter Betriebe. Zuvor müssen noch besonders hygiene-rechtliche Fragen geklärt werden, z. Bsp. ob mögliche Darmreste ein Vertriebsverbot für den Tierfuttermarkt bedeutet. Die umweltschonende Chitinproduktion per „green extraction“ zeigt zwar manche langfristige Marktchancen, ist aber aufgrund hoher technischer und wirtschaftlicher Hürden kurzfristig wenig rentabel.

Abbildung A 2.3: Die Ergebnisse der SWOT-Analyse für das Produktkonzept „Bodenverbesserer“.

Nutzung als Bodenverbesserung - getrocknet	
<p><b>Stärken</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Relativ einfaches <b>Herstellungsverfahren</b></li> <li>• <b>Stickstofflieferant</b></li> <li>• <b>Elicitor Funktion:</b> Aktiviert Pflanzenabwehrmechanismen; Reduziert Pilzkrankheiten, Nematoden-Reduktion bei z.B. Kartoffel möglich, mögliche Alternative für Kupfer</li> <li>• <b>Humusaufbau:</b> Langfristige Bodenfruchtbarkeit, <b>Regenerativ-orientierter</b> Bodenschutz dadurch <b>CO2-Bindung:</b> Reduzierung CO<sub>2</sub>-Fußabdruck</li> <li>• Zusätzlich <b>Kalk-Beigabe:</b> z.B. „Bodenschutzkalkung Forstwirtschaft</li> <li>• <b>Verkohlung („Biochar“):</b> Hygienisierung</li> </ul>	<p><b>Schwächen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Trocknung nötig – Energiebedarf</b></li> <li>• <b>Geruchsbelastung</b> durch Proteinanteil</li> <li>• <b>Chitinabbau:</b> Kann relativ lange dauern, langfristiger Effekt (ggf. auch positiv zu sehen)</li> <li>• <b>Grundwasserbelastung:</b> Unklar</li> <li>• <b>Klare Studienlage</b> fehlt</li> <li>• Kompostierungsanlage nehmen Reststoffe <b>meist kostenneutral ab</b></li> <li>• <b>Einbringen Schalenreste in Kompostierung:</b> Zusätzliche Kosten</li> <li>• <b>Verkohlung:</b> erhöhter Energiebedarf</li> </ul>
<p><b>Chancen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Story:</b> Kurze Wege, Abfallverwertung, Bodengesundheit</li> <li>• Nutzung von <b>Abwärme bei Trocknung</b> – besonders nachhaltige Produktion</li> <li>• <b>Pyrolyse:</b> Relative neues Verfahren, „<u>Pflanzenkohle</u>“ ist zunehmend gefragt – gute Vermarktungschance auch für die „Krabbenkohle“ als eigenständiges Produkt</li> <li>• <b>Pflanzengesundheit:</b> Ertragssteigerung</li> <li>• <b>Innovative Bodenverbesserung:</b> Nachhaltige Methoden werde zunehmend gefragt – z.B. Regenerative Landwirtschaft</li> <li>• <b>CO<sub>2</sub>-Zertifikate:</b> Zusätzliche Einnahmequellen bzw. attraktive Vermarktungsstrategie</li> <li>• <b>Akzeptanz:</b> „früher“ wurden die Schalen auch aufs Feld gegeben (Altes Wissen nutzen)</li> <li>• <b>Hobbybedarf:</b> Steigendes Interesse der Verbraucher, spezi. bei „Biokohle“</li> </ul>	<p><b>Bedrohungen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Konkurrenzprodukte:</b> Es gibt viele unterschiedliche Präparate auf dem Markt</li> <li>• <b>Kalk:</b> Eierschalen werden bereits erfolgreich genutzt</li> <li>• <b>Humusabbau:</b> Langfristige Dokumentation derzeit unklar. (Wie umgehen mit Verlust bei konventioneller Bewirtschaftung?)</li> <li>• <b>Gesetzliche Regulierung:</b> Stetig neue Regularien, DüngeVO und ähnliches</li> <li>• Langfristige Vorgänge – dadurch <b>schwer Belege zu dokumentieren</b></li> <li>• <b>Akzeptanz:</b> Innovatives Verfahren, noch wenige praktische Belege in der Region, benötigt Langzeitstudien, daher ggf. begrenztes Interesse/Vertrauen bei Landwirten</li> <li>• <b>Kosten:</b> <b>Landwirtschaft</b> steht unter hohem finanziellen Druck</li> </ul>

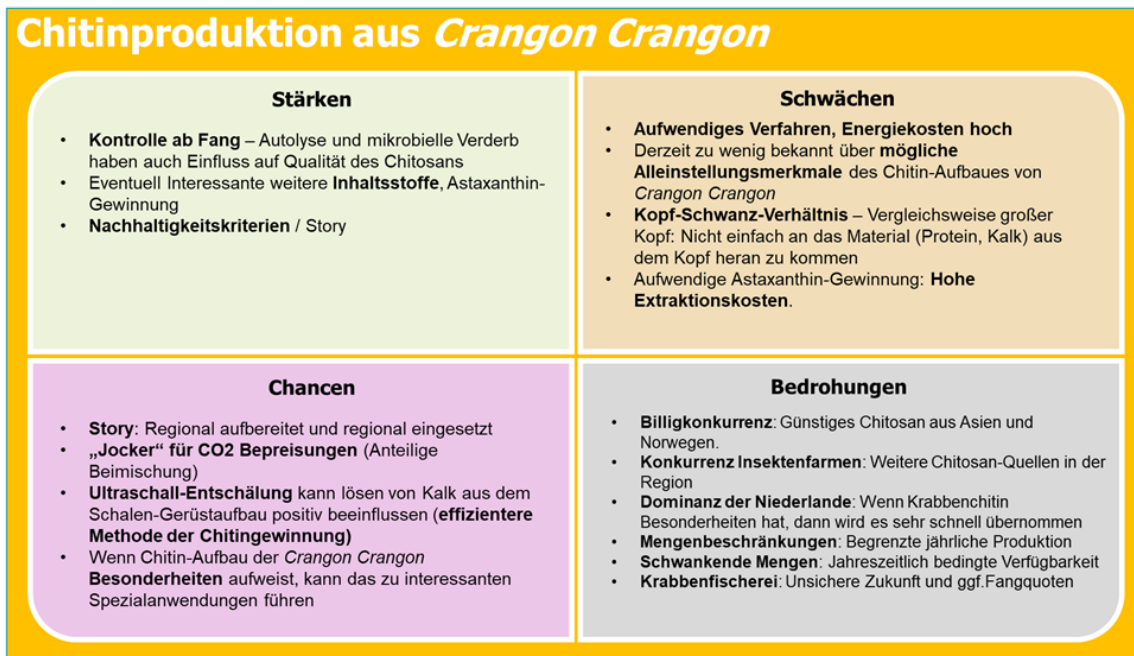
Quelle: ttz

Abbildung A 2.4: Die Ergebnisse der SWOT-Analyse für das Produktkonzept „Tierfutter“.



Quelle: ttz

Abbildung A 2.5: Die Ergebnisse der SWOT-Analyse für das Produktkonzept „Chitin/Chitosan-Produktion“.



Quelle: ttz

### E. Realisierungskonzept

In einem Realisierungskonzept werden nun zusammenfassend und schlussfolgernd auf Basis der obigen Ergebnisse Maßnahmen und Strategien zur regionalen Nutzung der Krabbenchälreste aus einem fiktiven, an der deutschen Nordsee angesiedeltem Schälzentrum beschrieben. Für die drei allgemeinen Produktgruppen

„Bodenverbesserer“, „Tierfutter“ (beides vor allem im Hobby/Freizeit-Bereich) und „Chitin/Chitosan“ werden konkrete Handlungsempfehlungen entworfen und begründet.

### Allgemeine Überlegungen

Für die Entwicklung des Realisierungskonzepts wird die Errichtung eines Krabbenschälzentrums mit einer angenommenen Jahresproduktion von 150 Tonnen Nordseekrabben pro Standort als Referenzgröße definiert. Unter Verwendung der ermittelten Werte für Schüttdichte und Trockensubstanz ergibt sich daraus eine jährliche Menge von etwa 99-100 Tonnen feuchter Krabbenschalenreste. Dies entspricht einer Reststoffmenge von ca. 2 Tonnen Feuchtmasse pro Woche. Basierend auf dem durchschnittlichen Trockensubstanzgehalt entspricht dies einer Trockenmasse von rund 0,5 Tonnen pro Woche. Die Kenngrößen bilden die Grundlage für die weiteren Überlegungen zur Prozessgestaltung und Verwertung.

Die zu verarbeitenden Krabbenschalenreste werden mit einer Feuchte von bis zu 75% aus dem neuartigen Entschälungsprozess zur Verfügung stehen. Da es sich um ein schnell verderbliches Material handelt, ist eine möglichst rasche Stabilisierung (Einfrieren, Trocknen) notwendig. Mögliche vorgeschaltete Verfahrensschritte zur Effizienzsteigerung von Einfrieren oder Trocknen bis hin zur Torrefikation (thermische Behandlung unter Sauerstoffausfluß) sind die Abscheidung von Wasser durch mechanisches Pressen und/oder eine Zerkleinerung, um Wasser-Lunker zu minimieren und generell die Oberfläche des Produktes zu erhöhen. Durch Trocknung und späterer Vermahlung erhält man CPS. Torrefikation sollte, um das Chitin zu erhalten, nicht bei mehr als 250 °C erfolgen. Dabei wird gleichzeitig eine Hygienisierung des Materials gewährleistet.

Da der zu erwartende Durchsatz des Reststoffes mit 0,5 bis 1 Tonne pro Tag relativ gering ist, sollten pragmatische Lösungen für wirtschaftliche, energieeffiziente Kombinationen aus Verfahren und Geräten gefunden werden. Einige Anlagen sind für kleinere Durchsatzmengen erhältlich und wirtschaftlich einsetzbar, während andere erst ab höheren Mengen effizient arbeiten. Daher kann es sinnvoll sein, das Rohmaterial zunächst durch Einfrieren zu lagern und erst in größeren Chargen zu verarbeiten. Allerdings ist Einfrieren energieintensiv und stellt daher eine kritische Stellgröße in der Prozesskette dar. Insbesondere bei nachgeschalteter Trocknung ist dies relevant, da zusätzlich erst die Schmelzenthalpie von ca. 334 kJ/kg aufgebracht werden muss.

Für die Entwicklung geeigneter Verfahrensabläufe und Maschinenkonfigurationen im Verarbeitungsprozess bieten bestehende Technologien aus verwandten Industriebereichen wie der Fischmehl- und Tierfutterproduktion, Zuckerrübenverarbeitung und der Fruchtsaftherstellung relevante Ansätze. Etablierte Methoden zur Feststoffaufbereitung, Entwässerung und Trocknung müssen auf die Übertragung und Anpassung für eine Verarbeitung von Krabbenschalen in separat durchzuführenden Versuchsreihen empirisch evaluiert werden. Der Einsatz von Abwärme als Energiequelle für die Trocknung oder Torrefikation kann unter bestimmten Bedingungen zur Reduktion der Betriebskosten und zur Steigerung der Energieeffizienz beitragen. Allerdings ist die Verfügbarkeit von Abwärme standortabhängig, wodurch logistische Herausforderungen entstehen können. Eine Integration von Abwärme in das Gesamtkonzept der Trocknung erfordert daher neben technischen Parametern, wie Temperaturlevel und Verfügbarkeit der Abwärmequelle, auch eine ganzheitliche Bewertung. Zur Unterstützung der Entscheidungsfindung wurden Szenarien entwickelt, die eine grundsätzliche Bewertung der technischen und wirtschaftlichen Machbarkeit ermöglichen.

Die täglichen Produktionsmengen sind derzeit nicht exakt prognostizierbar sind, deshalb wird eine Verarbeitung in Intervallen (z. Bsp. wöchentlich) als sinnvoll erachtet. Wenn die Lagerung der anfallenden Krabbenschalenreste dabei gekühlt erfolgt, sollte diese aber drei Tage nicht überschreiten. Einer Wochenkapazität entsprechen ca. 2 Tonnen Feuchtmasse. Ein Intervallverfahren ermöglicht eine effiziente Nutzung von Ressourcen, da der Aufwand für Reinigung, Rüstzeiten und das Anfahren der Maschinen auf einen festgelegten Verarbeitungstag konzentriert wird. Durch die Bündelung der Verarbeitungsvorgänge lässt sich zudem der Energieverbrauch optimieren und der Transportaufwand, beispielsweise zur Nutzung einer externen Abwärmequelle, reduzieren. Die Fixkosten pro

Tonne erhöhen sich mit geringerer Auslastung von Maschinen und Personal, da insbesondere Abschreibungen, Wartungs- und Reinigungskosten unabhängig von der Produktionsmenge anfallen und somit auf eine kleinere Output-Menge verteilt werden müssen. Zusätzlich führen kleinere Chargen zu einer geringeren Energieeffizienz und erhöhen die spezifischen Kosten für Transport und Lagerung. Deshalb wird der Einsatz von an kleinere Prozessgrößen angepasste Technologien, etwa Batch-Trockner, empfohlen. Diese Aspekte verdeutlichen die Notwendigkeit, entweder eine hinreichende Produktionsmenge sicherzustellen oder durch Kooperationen mit anderen Betrieben Skaleneffekte zu realisieren.

Aufgrund des derzeitigen Kenntnisstands ist es noch nicht möglich, eine abschließende Empfehlung für eine spezifische Prozesskette zur Verarbeitung von Krabbenschalenresten auszusprechen. Die bestehenden Unsicherheiten hinsichtlich Materialbeschaffenheit, saisonaler Schwankungen, technischer Umsetzbarkeit sowie wirtschaftlicher Effizienz erfordern eine ergebnisoffene Betrachtung. Im Folgenden werden daher exemplarisch drei unterschiedliche Verfahrensansätze dargestellt, die auf die Herstellung eines getrockneten, zerkleinerten Krabbenschalenprodukts abzielen. Die optimale Kombination von Verfahren und somit eine finale Kalkulation eines Produktionsverfahrens muss in weiterführenden, auch experimentellen Studien erfolgen, um den besten Kompromiss zwischen Energieeffizienz, Produktqualität, technischer Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit zu identifizieren. Zudem sollte geprüft werden, ob eine Feinzerkleinerung schon vor dem Trocknungsschritt zu prozesstechnischen oder qualitätsbezogenen Vorteilen führt (siehe auch Abb. A 2.6).

#### *1. Szenario: Entwässerung und Chargentrocknung im Etagenofen; keine Zerkleinerung,*

Die Krabbenschalenreste werden in einer Filter- oder Plattenpresse entwässert. Empirisch zu prüfen ist, ob die Pressung auch schon eine ausreichende Minimierung von Wasserlunkern bietet. Anschließend erfolgt die Trocknung im Etagenofen im Chargenbetrieb. Dabei muss das Material voraussichtlich manuell gewendet werden, um eine gleichmäßige Trocknung zu gewährleisten. Dieses Vorgehen eignet sich für geringere Mengen, Versuchsbetriebe oder Anlaufphasen.

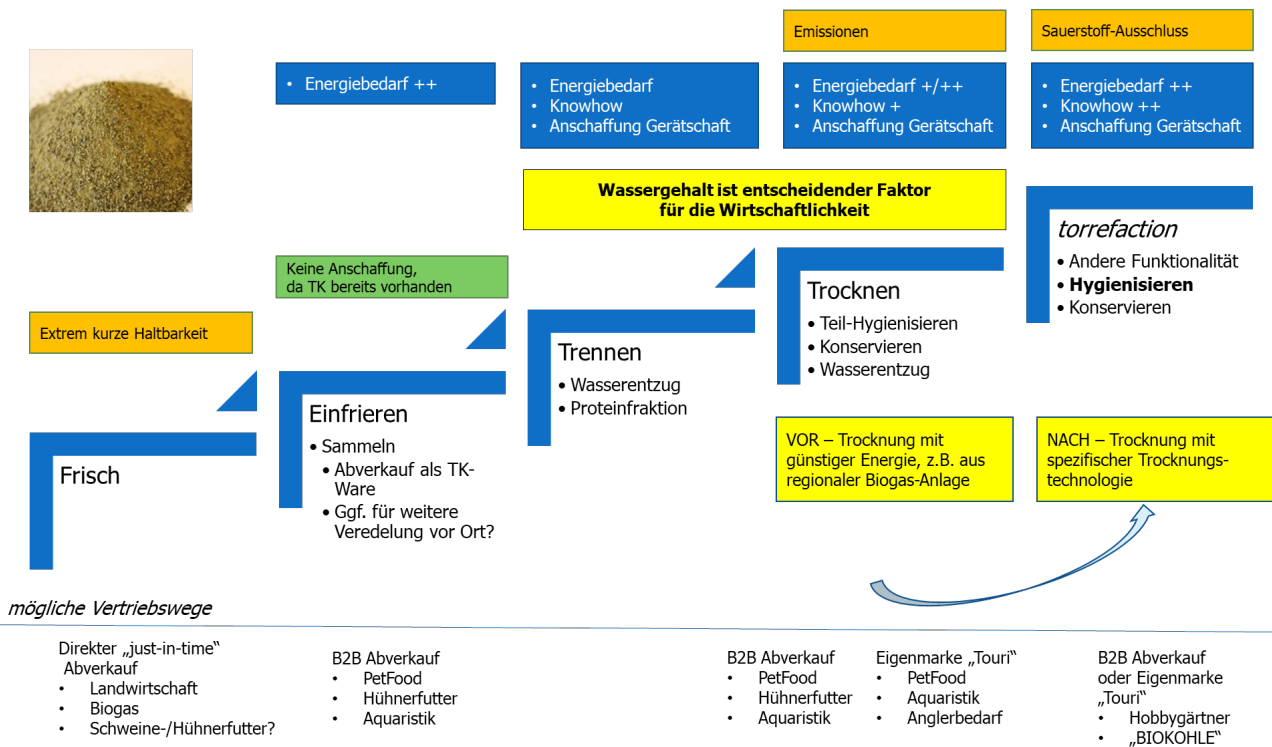
#### *2. Szenario: Grobzerkleinerung, mechanische Entwässerung und Trommeltrocknung*

In diesem Verfahren erfolgt zunächst eine grobe Zerkleinerung des feuchten Ausgangsmaterials mittels einer Hammermühle. Anschließend wird die mechanische Entwässerung über eine Filterpresse, Plattenpresse oder Trommelpresse durchgeführt, um den Wassergehalt vor der Trocknung zu reduzieren. Die resultierenden feuchten Feststoffe werden im nächsten Schritt in einem Trommeltrockner getrocknet, bis ein lagerfähiges Endprodukt vorliegt. Diese Methode ist insbesondere für größere Chargen und robuste, kontinuierliche Produktionsprozesse geeignet.

#### *3. Szenario: Feinzerkleinerung und Walzentrocknung*

Das feuchte Krabbenschalenmaterial wird zunächst zu einer pastösen Konsistenz verarbeitet, z. Bsp. unter Einsatz eines Hochleistungsmixers oder einer Feinstmühle. Diese homogene Paste wird anschließend mittels eines Walzentrockners getrocknet, die eine gleichmäßige und sehr feine Trocknung ermöglicht. Die Methode ist insbesondere für die Herstellung von feinkörnigen Pulvern oder für die anschließende Gewinnung hochwertiger Extrakte aus Krabbenschalen geeignet.

**Abbildung A 2.6: Zusammenfassung möglicher Produkte aus regionaler Schälrestverwertung sowie den jeweils nötigen, in einem fiktiven Schälzentrum zu leistende Verarbeitungsschritte und Anforderungen.**



Quelle: ttz

**Konkrete Handlungsempfehlungen**

*Bodenverbesserer*

Viele Hobbygärtnerinnen und Hobbygärtner, vom Balkongärtner über Urban-Gardening-„Aktivist“ bis zum Selbstversorger, wünschen sich umweltfreundliche Produkte, die gesündere Pflanzen und bessere Erträge zu erzielen, ohne auf chemische Zusätze zurückgreifen zu müssen. Krabbschalenreste bieten hier eine vielversprechende Alternative. Auch sind im Hobbybereich oft relativ hohe Margen zu erzielen und die geringen Mengen und saisonalen Schwankungen im Rohstoff fallen weniger ins Gewicht. Besonders die Kombination aus getrockneten Krabbschalen und deren pyrolytischer Verarbeitung (Torrefikation) zu Biokohle kann durch die langsame Stickstofffreisetzung aus Chitin langfristige Düngungseffekte erzielen, zur physikalischen und biologischen Bodenverbesserung beitragen, und die Schädlingsabwehr stärken. Torrefikation ist insbesondere vorteilhaft, wenn ein hygienisierender Schritt aufgrund gesetzlicher Vorgaben oder Auflagen bei diesen tierischen Nebenprodukten erforderlich ist. Demgegenüber steht der höhere Energiebedarf für die Erhitzung.

- Herstellung getrockneter Krabbschalen als Demo-Produkt
- Durchführung von Pilotprojekten zur Testung der Wirksamkeit getrockneter und/oder verkohlter Krabbschalen mit Forschungsinstituten, Produzenten und Anbietern solcher Nischenprodukte
- Kooperation mit Forschungsinstituten und Praxispartnern zur Weiterentwicklung der Verarbeitungstechnologien, u.a. der Nutzung von Abwärme zur Trocknung und Torrefikation.

- Bewusstseinsbildung und Marketingstrategien der Produkte als nachhaltige Alternative zu herkömmlichen Bodenverbesserern mit den Zielgruppen Hobby-Bio-Gärtnerinnen und – Gärtner sowie Touristinnen und Touristen.
- Entwicklung einer Produktschiene, die sich gezielt an touristische Zielgruppen richtet und Krabbenschalen als wertvolle Zutat für nachhaltige ‚Souvenirs‘ positioniert.

### Spezifisches Tierfutter

Für groß-industriell aus Krabbenschälresten hergestellte Futtermittel im Tiermastbereich sind die zu erwartenden Mengen zu gering und zu wenig verlässlich verfügbar. Dagegen könnte eine Kooperation mit kleineren Heimtierfutterherstellern hier die effiziente Verwertung der Schalen verbessern. Auch ist der geringe Proteingehalt der Schalen ein limitierender Faktor, da Futtermittelhersteller oft nach proteinreichen Zutaten suchen. Jedoch könnte die Herkunft aus hochwertigen, regionalen Quellen, kombiniert mit einer gezielten Vermarktungsstrategie das Produkt für die touristische Zielgruppe sowie Anbieter im Heimtiermarkt („Pet-Food“) interessant machen. Die Zugabe von Krabbenschalen als „Label-Zutat“ für hochwertige Dosen- oder Trockenfutterprodukte kann einen Mehrwert bieten. Wichtig zu wissen ist, ob der Proteingehalt in Verbindung mit weiteren wertgebenden Inhaltsstoffen wie Fett- und Aminosäure-Zusammensetzung sowie Mineralien ausreichend attraktiv ist, um als Alternative zu den derzeit verwendeten Produkten (u.a. Griebenschmalz, Leber) in Betracht zu kommen. Die Nutzung von Krabbenschalenresten im Tierfuttersektor unterliegt vielfältigen hygienischen Anforderungen. Gemäß der EU-Verordnung 1069/2009 muss das Produkt einer Hygienisierung unterzogen werden, um sicherzustellen, dass keine gesundheitsgefährdenden Keime wie Salmonellen vorhanden sind. In der Regel erfolgt dies durch Drucksterilisation, wobei jedoch auch andere Technologien in Betracht gezogen werden können, die mit moderateren Temperaturen arbeiten (z. Bsp. Torrefikation). Zur Weitergabe in den Tiernahrungssektor muss mindestens eine Hygienisierung der Krabbenschalen anhand dem „Nicht-Nachweis“ von Indikatororganismen (z.B. *Salmonella spp.*, Enterobakterien) erfolgen.

Die Verbraucherinnen- und Verbraucherbefragung hat gezeigt, dass besonders Haustierbesitzerinnen und -besitzer, die Wert auf regionale und nachhaltige Produkte legen, eine vielversprechende Zielgruppe darstellen. Es ist z. Bsp. ein Produkt ähnlich zu bereits existierenden gefriergetrockneten Nordseegarnelen als Leckerlies oder Mitbringsel vorstellbar. Allerdings ist Gefriertrocknung energieintensiv. Eine weitere Nutzung von Krabbenschalenpulver ist die Herstellung von Angelködern für die Hobby- und Sportfischerei. Die natürlichen, geruchs- und geschmackgebenden Bestandteile der Krabbenschalenreste könnten als hervorragendes Lockmittel für verschiedene Fischarten dienen. Es ließe sich relativ leicht ein wirksames und nachhaltiges Köderprodukt herstellen, das sowohl für den Hobbyanglerinnen und -angler als auch für professionelle Fischereiunternehmen von Interesse ist. Dieser Markt erfordert auch geringere Anforderungen an das Produkt als die Lebensmittel- oder Futtermittelindustrie. Auch hier gilt, dass sich im Hobbybereich oft höhere Gewinnmargen erzielen lassen. Durch den stetigen Anstieg von Onshore-Shrimp-Farmen in Deutschland hat auch das Segment des Spezialfutters für diese Art Aquakultur hohes Potenzial, das sowohl durch den regionalen Bezug als auch durch die nachhaltige Nutzung von Abfällen eine hohe Relevanz aufweist. Vom besonderen Interesse ist dabei die Erkenntnis, dass durch den Zusatz von *C. Crangon*-Schalen zu Futter eine Steigerung des Wachstums und der Überlebensrate von Warmwassergarnelen gefunden wurde (REF Enno).

- Inhaltsstoffe analysieren
- Testversionen von getrockneten Krabbenschalen an interessierte Weiterverarbeiter in der Tierfutterindustrie zur Verfügung stellen, um Marktakzeptanz und Verwertungspotenziale zu testen.
- Rechtliche und logistische Herausforderungen prüfen: Parallel zur Bereitstellung des Produkts sollte eine Analyse der rechtlichen Anforderungen und logistischen Hürden erfolgen, um mögliche Lösungen für die Integration in den Tierfuttermarkt zu finden. (Kontaktaufnahme mit regionalen Veterinärämtern, Prüfung geeigneter Hygienisierungstechnologien, Testläufe und Zertifizierung der hygienischen Unbedenklichkeit des Produkts gemäß der EU-Verordnung 1069/2009).

- Untersuchung zusätzlicher Märkte wie Angelköder oder Spezialfutterzusätze, um die Einsatzmöglichkeiten der Krabbenschalenreste zu erweitern und weitere Potenziale zu erschließen.
- Forschungsprojekt initiieren: Entwicklung und Herstellung eines „Spezial-Futters“ für norddeutsche Riesengarnelen (aufbauend auf Arbeiten des AWI-Projektes „KraFt“).
- Entwicklung einer Produktschiene, die sich gezielt an touristische Zielgruppen richtet und Krabbenschalen als wertvolle Zutat für nachhaltige Souvenirs positioniert.

### *Regionales Krabbenschalen-Chitin/Chitosan*

Eine Markteinführung von per „green extraction“- Verfahren hergestelltem Chitin bzw. Chitosan ohne ein Alleinstellungsmerkmal ist aufgrund der starken ausländischen Konkurrenz zu niedrigen Preisen und den verhältnismäßig geringen Mengen an regionalen Schälresten nicht ratsam. Eine Reduzierung des CO<sub>2</sub>-Fußabdrucks von Produkten aus etablierter Herstellung durch Beimischung von regionalem, nachhaltig produzierten Chitosans (sog. „CO<sub>2</sub>-Joker“) könnte sich eventuell jedoch nicht nur ökologisch, sondern auch ökonomisch mit entsprechendem Bewerbungskonzept als vorteilhaft erweisen. Die Anwendung der neuartigen, kontaktlosen Technologien zur Entschälung der Krabben kann ebenfalls eine Optimierung der Chitin-/Chitosan-Extraktion beinhalten (manche „green extraction“-Methoden nutzen Ultraschallwellen zur Unterstützung der Extraktion). Dies ist jedoch weiter empirisch zu erkunden. Positive Effekte durch die neue Entschälungstechnologie auf die Extraktionsfähigkeit des Chitins und Chitosans aus dem Reststoff würden die Attraktivität und die ökologischen Vorteile regional produzierten Chitins/Chitosans steigern. Dies wäre auch möglich durch die Identifikation von spezifischen chemischen Eigenschaften dieser Produkte. Obwohl sich Chitin aus verschiedenen Krebstieren als polymeres N-Acetylglucosamin gleicht, unterscheiden sich teilweise die molekulare Anordnung und Struktur zwischen Arten. Diese Variationen beeinflussen die physikalischen Eigenschaften des Chitins, wie Festigkeit, Flexibilität und Löslichkeit. Experten zeigten Interesse an der genauen molekularen Struktur des Krabben-Chitins, um spezifische Anwendungsmöglichkeiten zu erschließen. Weitere Forschung ist notwendig, um die genaue Zusammensetzung und deren Auswirkungen auf die Eigenschaften des regional erzeugten Krabben-Chitins zu klären.

- ein Zwischenprodukt „getrocknetes gereinigtes Krabbenschalenpulver“ herstellen und an interessierten Firmen weitergeben. Die Firmen haben ihr spezifisches Wissen und werden Anwendungsfelder intern und geheim evaluieren.
- Parallel belastbaren Daten zum CO<sub>2</sub>-Reduktionspotenzial generieren.
- Identifizierung möglicher Auswirkungen auf Extraktion von Chitin/Chitosan durch Einsatz der neuartigen Entschälungstechnologie
- Forschung zu chemischer Zusammensetzung des Chitins aus der Nordseegarnele

### **Hinweis**

Die Ergebnisse des Kapitels 4 sind im Detail in den Berichten des Auftragnehmers (ttz Bremerhaven) auf der Projekt-Webseite zu finden. Hier haben wir nur die zusammengefassten Ergebnisse und Schlussfolgerungen präsentiert.



Erreichen der Meilensteine M 5.6 („Vermarktungschancen von Nebenströmen identifiziert“) und M 5.8 („Analysen zur gesellschaftlichen Akzeptanz durchgeführt“)

## **Anhang 3: Übersicht über Erfüllung von Meilensteinen/Deliverables**

**Arbeitspaket 1:**

Gemäß des Projektantrags und des Zuwendungsbescheides waren in Arbeitspaket 1 folgende Meilensteine und Deliverables vorgesehen:

**Meilensteine**

- M 1.1 Auftaktveranstaltung durchgeführt
- M 1.2 Projekttreffen 1
- M 1.3 Projektbeirat etabliert und 3 Sitzungen im Jahresrhythmus durchgeführt
- M 1.4 Projekttreffen 2
- M 1.5 Projekttreffen 3
- M 1.6 Projekttreffen 4
- M 1.7 Projektergebnisse auf Fachmessen präsentiert
- M 1.8 Projekttreffen

**Deliverables**

- D 1.1 Zwischenberichte 1 und 2
- D 1.2 Flyer zur regionalen Krabbenvermarktung
- D 1.4 Endbericht

Deliverables D 1.1 („Zwischenberichte“) und D 1.3 („Endbericht“)

**Auftakt**

Der Auftakt zu dem FuE fand am 26. März 2022 in Greetsiel/Niedersachsen statt. Es nahmen an dem ersten Projektmeeting alle Projektpartner teil. Außerdem wurde offiziell der Scheck über die Fördersumme durch die niedersächsische Ministerin für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz Frau Barbara Otte-Kinast an den Institutsleiter des Thünen-Instituts für Seefischerei Herrn Dr. Gerd Kraus überreicht.



Der Meilenstein M 1.1 („Auftaktveranstaltung“) wurde damit erreicht.

**Projektbeirat und Projekttreffen**

Der Projektbeirat wurde am 20. Juli 2022 etabliert. Ihm gehörten insgesamt 14 Personen an, darunter wie gefordert Vertreterinnen und Vertreter der Krabbenfischerei, der Küstengemeinden und des Naturschutzes, der niedersächsischen Landwirtschaftskammer, des Lebensmitteleinzelhandels und des Zuwendungsgebers. Für eine vollständige Liste der Beiratsmitglieder verweisen wir auf den Anhang 1, Tabelle 1.

Die Aufgabe des Beirats war einmal die Information von Vertreterinnen und Vertreter der Interessengruppen in der südlichen Nordsee und dem Wattenmeer, vor allem aber war sein Ziel, die Ergebnisse des FuE zu diskutieren, kritisch zu begleiten und die Perspektiven der Interessengruppen in das FuE einzubringen.

Die konstituierende Sitzung des Beirats fand am 13. Februar 2023 in Bremerhaven am Thünen-Institut für Seefischerei statt. Die Teilnehmenden diskutierten vornehmlich die Erwartungen an das Projekt, wobei neben der neuartigen Entschältechnik an sich vor allem auch deren wirtschaftlich lohnenden Einsatzmöglichkeiten, die Vermarktungsmöglichkeiten regional entschälter Krabben sowie die Kommunikation mit der Fischerei und dem

Handel im Vordergrund standen. Unter anderem regte der Beirat an, Informationsveranstaltungen direkt für Fischer zu organisieren (siehe unten, Stakeholder-Treffen). Die zweite Beiratssitzung erfolgte turnusgemäß nach den Vorgaben des Zuwendungsbescheids am 29. Februar 2024, diesmal in der Landwirtschaftskammer Niedersachsen in Oldenburg (Oldb). Hier wurde vornehmlich über die Ergebnisse der Effizienzanalyse der deutschen Krabbenfischerei (Kapitel 4) diskutiert sowie wieder über die Vermarktungsmöglichkeiten, diesmal vermehrt aus Sicht der Verbraucherinnen und Verbraucher (Kapitel 6). Die Abschlussdiskussion war stark geprägt von der damals in Planung befindlichen „Zukunftskommission Fischerei“ und den möglichen Maßnahmen zur Förderung der Küstenfischerei, die aus den Erlösen der Versteigerung der Windparkflächen finanziert werden könnten. Am 26. Februar 2025 fand die dritte und letzte Sitzung statt, diesmal wieder am Thünen-Institut für Seefischerei in Bremerhaven. Vorrangige Themen im Beirat waren diesmal die mangels Daten nicht abschließend bewertbare Wirtschaftlichkeit der neuartigen Entschältechnik (siehe Kapitel 3) auch im Vergleich zu den Kosten der jetzigen Entschälmethoden sowie im Licht der einzelbetrieblichen Profitabilitätsanalysen (Kapitel 5). Außerdem wurden die Möglichkeiten alternativer Wertschöpfungsketten besprochen. In der finalen Diskussion kamen neben den Möglichkeiten, mit der Entwicklung und Erprobung der Maschine fortzufahren, auch die Zukunft der Küstenfischerei, ihre Transformation und die Zusammenarbeit mit dem Naturschutz, besonders den Nationalparkverwaltungen, zur Sprache.

Zur Koordination des Gesamtvorhabens wurden zwei verschiedene Arten des Austausches zwischen den beteiligten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Projektpartner organisiert. Erstens trafen wir uns einmal pro Monat per Videokonferenz, um sowohl kurzfristige organisatorische Fragen zu klären, um einander Datenerhebungen, Methoden und Ergebnisse vorzustellen und gemeinsam zu diskutieren und um das weitere Vorgehen im Verlauf des FuE abzustimmen. Zweitens trafen wir uns mehrmals im Verlauf des FuE in Präsenz, um bestimmte Aspekte unserer Forschung tiefer zu diskutieren und abzustimmen. Auf Grundlage mündlich vorgetragener Präsentationen haben wir hier sehr detailliert Forschungsfragen, Methoden, Ergebnisse und weiteres Vorgehen abgesprochen.



Die Meilensteine M 1.2 („Projekttreffen mit Beirat“) und M 1.3 („Projektbeirat“) sowie die M 1.4 – M 1.6 + M 1.8 („Projekttreffen“) sind somit erreicht worden.

## Information der Fischerei und des Handels

Neben den Beiratstreffen, bei denen die Krabbenfischerei über ihre teilnehmenden Vertreterinnen und Vertreter zum Verlauf des FuE-Vorhabens informiert wurde, nahmen Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter im FuE auch regelmäßig an verschiedenen Verbandstreffen wie dem Deutschen Fischereitag oder Mitglieder- und Jahreshauptversammlungen von Landesfischereiverbänden teil. Dies beinhaltete teilweise auch Vorträge zu Themen des FuE.

Um auch aktive Fischerinnen und Fischer gezielt und nicht nur über Funktionäre über die Ergebnisse des FuE zu informieren, organisierten wir auf Anregung des Projektbeirats einen eigenen Informationstag, an dem wir Vorträge zu den Ergebnissen des FuE gaben. Um die Teilnahme aktiver Fischerinnen und Fischer zu erleichtern, organisierten wir diesen nachmittags am 1. März 2024, ebenfalls auf Anregung des Beirats direkt im Anschluss an die Jahreshauptversammlung des Landesfischereiverbandes Weser-Ems in Neuharlingersiel. Nichtsdestotrotz wurde die Veranstaltung nur schlecht von aktiven Fischerinnen und Fischern besucht. Im Rahmen dieser Veranstaltung verteilten wir einen Flyer zum damaligen Stand des FuE, indem wir die bisherigen Zwischenergebnisse vorstellten. Des Weiteren wurden die Stakeholder-Workshops, die mit Fischerinnen und Fischern im Rahmen der in Arbeitspaket 4 für die betriebswirtschaftlichen Analysen durchgeführten Fokusgruppen, zur Diffusion der Projektergebnisse genutzt (Kapitel 5). Zu diesen Teilnahmen, Vorträgen und Workshops kamen zwei Artikel in der praxisnahen Reihe „Fischerblatt“.

Neben der Einbindung des Lebensmitteleinzelhandels über den Beirat und Vorträge auf Messen (s. unten) informierten wir den Handel über die für ihn relevanten Ergebnisse des FuE auch über Workshops und

Gruppendiskussionen. Ein sogenannte „Praxisaustausch Nordseekrabbe“ fand, organisiert durch die Universität Göttingen, am 26. Juni 2024 in Bremerhaven statt. Vertreterinnen und Vertreter des Fischhandels diskutierten zusammen mit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des FuE (Uni Göttingen) nach Vorträgen zu Hintergrund und Ergebnissen besonders aus AP 5 die Vermarktungsmöglichkeiten regional entschälter Krabben. Zusätzlich fanden zwei Fokusgruppendifkussionen mit dem Fischhandel in Bremerhaven statt, jeweils am 3. und 6. Mai 2024.

Während der Projektlaufzeit kam es zusätzlich zu Gesprächen mit Erläuterung der vorläufigen Projektergebnisse mit Herrn Ulf Thiele, Mitglied des niedersächsischen Landtags, und Frau Susanne Mittag, Abgeordnete im Deutschen Bundestag bis 2025.



Deliverable D 1.2 („Flyer zur regionalen Krabbenvermarktung“) erstellt.

## Information der allgemeinen Öffentlichkeit

Das FuE-Vorhaben erhielt von Anfang und auch schon vor Projektstart an eine große öffentliche Aufmerksamkeit, insbesondere in den Nordseeanrainer-Bundesländern Niedersachsen, Schleswig-Holstein und Bremen. Schon über das Auftakttreffen in Greetsiel zum Anlass der Mittelübergabe durch Frau Ministerin Otte-Kinast in Greetsiel wurde überregional durch Spiegel-Online berichtet. Im Juni 2022 folgte die Ausstrahlung eines Beitrags auf Arte RE über das FuE, an dem die Firma US Processing Klever (Geschäftsführerin Christin Klever) und das Thünen-Institut (Dr. Tobias Lasner) auch persönlich mitwirkten. Dieses starke mediale Interesse zog sich durch das gesamte FuE. Insgesamt führten wir 26 Interviews und Rechercheanfragen mit Zeitungs-, Radio- und Fernsehjournalistinnen und -journalisten.

Direkter Austausch mit der allgemeinen Öffentlichkeit fand durch Vorträge, Diskussionen und Standbetreuungen in regionalen Museen (Museum für Wattenfischerei Wremen), auf der regionalen Verbrauchermesse Fisch & Feines Bremen (2022 & 2024), auf der internationalen Verbrauchermesse Grüne Woche Berlin 2025 und an Besuchstagen von Fachmessen (Fish International Bremen, 2022 & 2024) statt. Des Weiteren entwickelte die Universität Göttingen Material für einen Fortbildungsurlaub zum Thema „Fischerei in Ostfriesland“ und nahm an einem Kinderfilmprojekt zur Krabbenfischerei teil. Insgesamt kamen wir auf 12 solcher Veranstaltungen.

## Information des Fachpublikums und internationaler Austausch

Neben den Veröffentlichungen wissenschaftlicher Artikel (insgesamt geplant sind bisher 11) und Vorträgen auf wissenschaftlichen Konferenzen (insgesamt 9), die vor allem in den jeweiligen Arbeitspaketen stattfanden, informierten wir auch das nicht-wissenschaftliche Fachpublikum über Vorträge und Stände auf der Fachmesse „Fish International Bremen“. Darüber hinaus tauschten wir uns mehrfach mit internationalen Wissenschaftskolleginnen und -kollegen, die in der Krabbenfischerei arbeiten, aus. Dies passierte durch die Teilnahme an einem durch den niederländischen Fischereiverband organisierten Workshop (Dezember 2022) im Rahmen des International Research Council Shrimp und durch einen von uns organisierten Online-Workshop (Dezember 2023) mit Kolleginnen und Kollegen von Wageningen Economic Research (WER) aus den Niederlanden.



Mit den Vorträgen auf den Fachmessen und wissenschaftlichen Konferenzen ist der Meilenstein M 1.7 („Projektergebnisse auf Fachmessen präsentiert“) erreicht worden.

## Erreichung Meilensteine und fertiggestellte Deliverables in den Arbeitspaketen

### **Arbeitspaket 2: Entwicklung Entschälungsmaschine**

### Meilensteine

- M 2.1 Auftaktveranstaltung mit Vorstellung der geplanten Entschälungsmaschine
- M 2.2 Unterauftrag zum Bau/Test der Maschine für neue Technik abgeschlossen
- M 2.3 Literaturstudie am Markt existierender Krabbenmaschinen
- M 2.4 Prototyp Krabbenschälmaschine gebaut
- M 2.5 Tests zu den technischen Möglichkeiten der Krabbenentschälung beendet
- M 2.6 Konzept für regionale Krabbenentschälung mit Projektbeirat diskutiert
- M 2.7 Vergleich mit anderen Schältechniken abgeschlossen
- M 2.8 Bereitstellung Schälreste für Testung Nebenprodukte
- M 2.9 Blaupause für eine fiktive Fertigungslinie für Schälzentren entwickelt

### Deliverables

- D 2.1 Veröffentlichung erster Testergebnisse kontaktlose Krabbenschältechnik eingereicht
- D 2.2 Veröffentlichung Gesamtergebnisse kontaktlose Krabbenschältechnik mit Vergleich zu anderen Schältechniken eingereicht



Die Meilensteine des *Arbeitspaktes 2: Bau und Erprobung einer neuartigen Krabbenpulmaschine* konnten größtenteils erreicht werden, teilweise aber wegen der oben genannten Verzögerungen nur mit Einschränkungen. So haben die Tests zu den technischen Möglichkeiten der Krabbenentschälung (M 2.5) mit dem umgebauten Generator der Batcheinheit 3 nicht vollständig erfolgen können und der Vergleich mit anderen Schältechniken (M 2.7) sowie die Erstellung einer Blaupause für eine fiktive Fertigungslinie (M 2.9) sind angesichts dieser fehlenden Tests nur als vorläufig zu betrachten. Die entsprechenden Darstellungen, die vorliegen, können allerdings erst später aufgrund der derzeitigen patentrechtlichen Einschränkungen auf der Webseite des Thünen-Instituts veröffentlicht werden.



Die Deliverables des APs (D 2.1 und D 2.2) werden durch die Veröffentlichung der Ergebnisse auf der Projekt-Webseite erreicht werden. Dort werden auch gegebenenfalls später weitere Details der Testung gezeigt werden. Aufgrund der patentrechtlichen Einschränkungen liegen weitere Ergebnisse vor, können aber derzeit auf der Webseite noch nicht veröffentlicht werden.

### **Arbeitspaket 3: Effizienzanalyse**

#### Meilensteine

- M 3.1 Literatursichtung zu Effizienz von Fischereibetrieben durchgeführt
- M 3.2 Prüfung der Datenverfügbarkeit und -qualität unternommen und Einflussfaktoren identifiziert
- M 3.3 Analysemethoden festgelegt und rückwärtige Effizienzanalyse (inkl. Verbesserungspotenziale identifiziert)
- M 3.4 Szenarien Effizienzanalyse regionale Wertschöpfungskette
- M 3.5 Vergleich der deutschen und niederländischen Krabbenfischerei
- M 3.6 Implementierung der Ergebnisse aus AP2, 4 und 5 in die Effizienzanalyse

#### Deliverables

- D 3.1 Erste Veröffentlichung eingereicht
- D 3.2 Zweite Veröffentlichung eingereicht

Die Meilensteine M 3.5. und 3.6 konnten nur teilweise erreicht werden, da wegen der Verzögerungen im Bau und Test des Prototypen (s. 3.2) keine aussagekräftigen Daten zur Wirtschaftlichkeit des Einsatzes der neuartigen, kontaktlosen Technik erhoben werden konnten (s. auch 6.2) und Daten zur niederländischen Fischerei nicht zu erhalten waren. Sowohl Daten zu holländischen Krabbenfischereiflotte also auch zu vorhandenen

Entschältechniken wurden aufgrund Bedenken bezüglich Datenschutzes nicht zur Verfügung gestellt. Die holländischen Kolleg\*innen des TI bei Wageningen Marine Research sahen sich auch nicht in der Lage, die Analyse selbst durchzuführen. Dies konnte im Vorfeld nicht geklärt werden, da es in der Projektantragsphase keine Rückmeldung aus den Niederlanden gegeben hat.

Erfüllung der Meilensteine/Deliverables:



Die Meilensteine M 3.1 – M 3.3 sind im Zeitplan erreicht worden.



Das Deliverable D 3.1 („Erste Veröffentlichung eingereicht“) ist erreicht worden: Knöpfel et al. 2025 – „Disentangling two decades of inefficiency trends and dynamics in the German Brown Shrimp fishery by Panel Stochastic Frontier Analysis“ - akzeptiert in Marine Resource Economics, voraussichtlich in Ausgabe 40(4).



Der Meilenstein M 3.4 ist erreicht worden.



Die Ergebnisse fließen in einen wissenschaftlichen Artikel zur Wertschöpfungskette der deutschen Krabbenfischerei ein (Schröder et al., vorläufiger Titel: „Coastal Fisheries in Between – Asymmetries of Bargaining Power in the German Brown Shrimp Value Chain“ - in Vorbereitung; D 3.2 „zweite Veröffentlichung eingereicht“).



Der Meilenstein M 3.5 ist teilweise erreicht worden. Aufgrund fehlender zeitlicher Kapazitäten bei Kooperationsinstitutionen in den Niederlanden konnten weitere Vergleiche der Fischereien nicht durchgeführt werden.

#### **Arbeitspaket 4: Betriebswirtschaftliche Analysen**

- M 4.1 Daten zu Kosten neuer und alter Krabbenschältechnik erhoben
- M 4.2 Datensätze für drei typische Krabbenkutter erstellt bzw. aktualisiert
- M 4.3 Interviews mit Stakeholdern und Fischer:innen durchgeführt
- M 4.4 Ermittlung der Mindesterloße für Krabben zur Kostendeckung durchgeführt
- M 4.5 Stakeholder-Interviews ausgewertet

#### **Deliverables**

D 4.1 Veröffentlichung Potenzial und Wirtschaftlichkeit einer Nordseekrabbenfischerei mit regionaler Vermarktung eingereicht

Der Meilenstein 4.1 konnte nur in Teilen erreicht werden, da sich die Entwicklung des Prototypen im Arbeitspaket 2 stark verzögert hat und bis zum Zeitpunkt dieses Abschlussberichtes keine belastbaren Daten zum Aufwand und Kosten eines Prototyps für die kontaktlose Entschälung von Nordseekrabben vorlagen.



Der erste Meilenstein des AP4 „M 4.1 Daten zu Kosten neuer und alter Krabbenschältechnik erhoben“ war in Monat 12 der Projektlaufzeit zu erreichen. Die Erhebung der Daten der bestehenden Schältechnik erfolgte innerhalb des vorgesehenen Zeitraumes. Da die Entwicklung des Prototypen in

AP2 auch zu Projektende nicht abgeschlossen war, war eine empirische Datenerhebung zu den Kosten der neuen Schältechnik im Projektzeitraum nicht möglich. Nur indirekt konnten Grenzwerte für Gesteungskosten durch die Marktanalyse hergeleitet werden. Die Wirtschaftlichkeit eines neuen Absatzweges muss sich den bereits etablierten Absatzumfeld stellen, wie es in Abbildung 6.1 dargestellt ist.



Erste vorläufige Ergebnisse wurden im Fischerblatt veröffentlicht (Niemann und Lasner 2024). Die finalen Ergebnisse flossen in einen wissenschaftlichen Journalartikel ein (Niemann und Lasner 2025).



Die Meilensteine „M 4.3 Interviews mit Stakeholdern und Fischer:innen durchgeführt“ und „M 4.5 Stakeholder-Interviews ausgewertet“ wurden innerhalb des geplanten Zeitraumes erreicht, obwohl einzelne Gespräche aufgrund von Krankheit verschoben werden mussten.



Die Ergebnisse werden in einen wissenschaftlichen Journalartikel veröffentlicht (Niemann und Lasner 2025).



Die Meilensteine „M 4.3 Interviews mit Stakeholdern und Fischer:innen durchgeführt“ und „M 4.5 Stakeholder-Interviews ausgewertet“ wurden innerhalb des geplanten Zeitraumes mit Interviews aus dem Lebensmitteleinzelhandel als Stakeholder erreicht.



Eine Veröffentlichung der Ergebnisse ist geplant (vorläufiger Titel: „Coastal Fisheries in Between – Asymmetries of Bargaining Power in the German Brown Shrimp Value Chain“) (Schröder et al. 2025).

### **Arbeitspaket 5: Marktanalyse für regional entschälte Krabben**

#### **Meilensteine**

- M 5.1 Literaturstudie Markt für Nordseekrabben durchgeführt
- M 5.2 Auswertung GfK-Daten erfolgt
- M 5.3 Marktinventory regionale Absatzwege erstellt
- M 5.4 Ausgangsstudie bei Verbraucher:innen und Gastronomie abgeschlossen
- M 5.5 Ausgangsstudie GH und LEH abgeschlossen
- M 5.6 Vermarktungschancen von Nebenströmen identifiziert (s. auch Kapitel 4)
- M 5.7 Sensorische Analysen des Krabbenfleisches abgeschlossen
- M 5.8 Analysen zur gesellschaftlichen Akzeptanz durchgeführt

#### **Deliverables**

- D 5.1 Erste Veröffentlichung eingereicht
- D 5.2 Praxisworkshop durchgeführt
- D 5.3 Kommunikationskonzept erstellt
- D 5.4 Zweite Veröffentlichung eingereicht

Die Darstellung im Folgenden gliedert sich jeweils in eine kurze Einführung inklusive der einzelnen Teilziele, gefolgt von den wichtigsten Ergebnissen und Schlussfolgerungen. Abbildung 7.1 gibt einen Überblick über die im Arbeitspaket 5 getätigten Studien.



Erreichen des Meilensteins M 5.3 („Markt-Inventory regionale Absatzwege erstellt“) innerhalb des geplanten Zeitraums.



Deliverable D 5.1 („Erste Veröffentlichung eingereicht“): „*Market Potential to Sustain Short Supply Chains: Exploring Consumer Target Groups for Regionally-Peeled North Sea Brown Shrimp in Germany*“ - im Review bei der wissenschaftlichen Zeitschrift *Environmental Research: Food Systems*.



Die Meilensteine M 5.1 („Literaturstudie Markt für Nordseekrabben durchgeführt“) und M 5.2 („Auswertung GfK-Daten erfolgt“) wurden mit Verzögerung erreicht.



Deliverable D 5.1 („Erste Veröffentlichung eingereicht“): „*Market Potential to Sustain Short Supply Chains: Exploring Consumer Target Groups for Regionally-Peeled North Sea Brown Shrimp in Germany*“ - im Review bei der wissenschaftlichen Zeitschrift *Environmental Research: Food Systems*. (Wolgast et al.)



Erreichen der Meilensteine M 5.4 („Ausgangsstudie bei Verbraucher:innen und Gastronomie abgeschlossen“) und M 5.5 („Ausgangsstudie GH und LEH abgeschlossen“)



Deliverable D 5.4 („Zweite Veröffentlichung eingereicht“): „*Unveiling retailer’s and gastronomes’ perspectives towards brown shrimp processing at the North Sea coast - A qualitative analysis*“ - im Review bei der wissenschaftlichen Zeitschrift *Food Ethics*. (Bayer et al.)



Ebenfalls Erreichen der Meilensteine M 5.4 („Ausgangsstudie bei Verbraucher:innen und Gastronomie abgeschlossen“) und M 5.5 („Ausgangsstudie GH und LEH abgeschlossen“).



Eine Veröffentlichung der Ergebnisse (D 5.4) befindet sich im Review bei der wissenschaftlichen Zeitschrift *Agricultural and Food Economics* („*Touristic Experiences Influences Food Choices: German Consumer Preferences for Regionally-Processed North Sea Brown Shrimp*“) (Altmann et al. 2025).



Die Meilensteine M 5.4 („Ausgangsstudie bei Verbraucher:innen und Gastronomie abgeschlossen“) und M 5.5 („Ausgangsstudie GH und LEH abgeschlossen“) wurden hiermit vollständig mit leichter Verzögerung erreicht.



Die Ergebnisse dieser Studie werden in den nächsten Monaten aufbereitet und bei wissenschaftlichen Zeitschriften zur Veröffentlichung eingereicht (D 5.4), worin die Ergebnisse dann ausführlich dargestellt werden.



Der Meilenstein M 5.8 („Analysen zur gesellschaftlichen Akzeptanz durchgeführt“) wurde innerhalb des geplanten Zeitraumes erreicht.



Eine Publikation der Ergebnisse befindet sich zum Zeitpunkt der Veröffentlichung dieses Berichtes in Konzeption.



Der Meilenstein M 5.5 („Ausgangsstudie GH und LEH abgeschlossen“) wurde innerhalb des geplanten Zeitraumes erreicht.



Das Deliverable D 5.2 („Praxisworkshop durchgeführt“) wurde innerhalb des geplanten Zeitraumes abgeschlossen. Die Ergebnisse fließen in die Erarbeitung von D 5.3 („Kommunikationskonzept erstellt“) mit ein.



Erreichen der Meilensteine M 5.7 („Sensorische Analysen des Krabbenfleisches“) und M 5.8 („Analysen zur gesellschaftlichen Akzeptanz durchgeführt“) im geplanten Zeitraum. (s. *auch Kapitel 4*)

## Schlagwort- und Abkürzungsregister

Abwärme .....	28, 98, 100
agri benchmark.....	48, 85
Aurich.....	62, 75
Batch-Einheit .....	17, 18, 21, 22
Beirat .....	103, 104
Belgien .....	39, 44, 45, 68, 69
Biokohle .....	100
BLE	
Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung.....	31, 39, 48, 61, 83
BMBF	
Bundesministerium für Bildung und Forschung .....	52
Bundesministerium für Bildung und Forschung .....	44
Bodenverbesserer .....	91, 93, 94, 95, 96, 97, 100
Break-even point .....	59
Bremerhaven .....	48, 52, 61, 62, 73, 74, 81, 88, 92, 94, 102, 103, 104
Büsum.....	28, 48, 52, 54, 59
Carolinensiel .....	68
CATA	
Check-All-That-Apply .....	73
CBC	
Conjoint-Analyse.....	93
Chitosan .....	87, 88, 89, 90, 91, 92, 95, 97, 101, 102
Cluster.....	64
CO <sub>2</sub> .....	91, 101, 102
CoastalFutures.....	44, 52
COVID-19 .....	32, 36
CSP	
crab shell powder (Krabbenschalenmehl) .....	88, 89, 90
Cuxhaven .....	28, 48, 52, 59
Dänemark .....	32, 39, 44, 68, 69
DCE	
Discrete-Choice-Experiment.....	67, 69
DEU	
Deutschland.....	46, 47, 58
DIL	
Deutsches Institut für Lebensmitteltechnologie .....	15, 81
DM	
Direktvermarktung .....	51, 52
EBIT	
Earnings-before-Interests.....	48, 59
EDEKA .....	73
eROI	
energy-Return-on-Investment.....	48
Food-Neophobia.....	93
Frankreich.....	39, 68, 69
FuE	
Forschungs- und Entwicklungsvorhaben.....	5, 6, 7, 35, 78, 91, 93, 103, 104
GfK	

Gesellschaft für Konsumforschung.....	64, 108
green extraction .....	88, 89, 95, 101
Greetsiel .....	8, 28, 48, 52, 103, 104
Großer Kutter .....	49, 50, 51
GuV	
Gewinn-und-Verlust-Rechnung .....	34, 35
GVA	
Gross-value-added.....	48
Harlesiel .....	68
Heiploeg.....	8, 73
Hooksiel .....	68
Horumersiel.....	68
Klaas Puul.....	8, 73
Kocken .....	8, 73
Kokken .....	73
Krabbenbrötchen.....	68
LEH	
Lebensmitteleinzelhandel .....	58, 74, 75, 108
MAP	
Modified Atmosphere Packaging .....	63
MAR	
Marokko .....	46, 47
MSC	
Marine Stewardship Council.....	63, 67, 75, 76, 82
MZB	
Mehrzahlungsbereitschaft.....	68, 69, 71
Naturschutz .....	72, 103
Neuharlingersiel .....	52, 68, 86, 104
Niederlande .....	39, 44, 68, 69
Niedersachsen .....	45, 48, 83, 86, 103, 104
Norddeich .....	52, 68
NRW	
Nordrhein-Westfalen.....	94
Oligopson.....	50, 53, 54
Ostfriesland .....	63, 75, 105
PoS	
Point of Sale.....	55, 58
Prototyp.....	59, 105
Reststoff.....	101
ROI	
Return-on-investment .....	48
Schälzentrum .....	26, 28, 50, 51, 97, 99
Schleswig-Holstein.....	45, 48, 63, 104
SFA	
Stochastic Frontier Analysis.....	31, 82
Siebrands .....	73
Welle.....	20
Szenarien .....	36, 37, 48, 50, 51, 98, 106
TBN	
Testbetriebsnetzwerk.....	34
Tierfutter .....	89, 90, 94, 95, 96, 97, 100
TI-SF	
Thünen-Institut für Seefischerei.....	44
Torrefikation .....	91, 97, 98, 100

## ttz

Technologie- und Transferzentrum .....	61, 73, 81, 88, 92, 94, 102
<i>Typical Farm Approach</i> .....	48, 82
Typische Kutter .....	49, 50, 51
Value-chain-mapping.....	35
Wattenkutter .....	49, 50, 59, 78
Wattenmeer .....	5, 68, 72, 83, 86, 103
Wittdün.....	52

# Thünen Report

Bereits in dieser Reihe erschienene Hefte – *Volumes already published in this series*

1 - 106	siehe <a href="http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/">http://www.thuenen.de/de/infothek/publikationen/thuenen-report/</a>
107	Heino Fock, Robin Dammann, Finn Mielck, Gerd Kraus, Rebecca A. M. Lauerburg, Alfonso López González, Pernille Nielsen, Margarethe Nowicki, Matthias Pauli, Axel Temming <b>Auswirkungen der Garnelenfischerei auf Habitate und Lebensgemeinschaften im Küstenmeer der Norddeutschen Bundesländer Schleswig-Holstein, Hamburg und Niedersachsen (CRANIMPACT)</b>
108	Maximilian Zinnbauer, Max Eysholdt, Martin Henseler, Frank Herrmann, Peter Kreins, Ralf Kunkel, Hanh Nguyen, Björn Tetzlaff, Markus Venohr, Tim Wolters, Frank Wendland <b>Quantifizierung aktueller und zukünftiger Nährstoffeinträge und Handlungsbedarfe für ein deutschlandweites Nährstoffmanagement – AGRUM-DE</b>
109	Nele Schmitz, Andreas Krause, Jan Lüdtko <b>Critical review on a sustainable circular bio-economy for the forestry sector : Zirkuläre Bioökonomie in der Forst- und Holzwirtschaft für eine nachhaltige Entwicklung - Eine wissenschaftliche Einordnung</b>
110	Verena Beck, Josef Efken, Anne Margarian <b>Regionalwirtschaftliche Auswirkungen einer Reduzierung der Tierhaltung in Konzentrationsgebieten : Abschlussbericht zum Projekt ReTiKo</b>
111	Tuuli-Marja Kleiner, Marie Kühn <b>Engagement im Spiegel sozialer und räumlicher Ungleichheit : Empirische Analyseergebnisse auf Basis des Deutschen Freiwilligen surveys (2019) und des Sozio-oekonomischen Panels (2001–2019)</b>
112	Maximilian Zinnbauer, Max Eysholdt, Peter Kreins <b>Entwicklung eines Modells zur Quantifizierung landwirtschaftlicher Stickstoffbilanzen in Rheinland-Pfalz – AGRUM-RP</b>
113	Hauke T. Tergast <b>Produktionsökonomische Analyse von Tierwohlmaßnahmen in typischen Milchviehbetrieben Nordwestdeutschlands</b>
114	Joachim Kreis <b>Lebensverhältnisse in ländlichen Räumen – Bewertungen Befragter zu ihrer Gegend: Inhaltliche und methodische Analysen auf Grundlage einer repräsentativen Bevölkerungsbefragung</b>
115	Wolf-Christian Lewin, Marc Simon Weltersbach, Josefa Eckardt, Harry V. Strehlow <b>Stakeholder-Beteiligung – Erkenntnisse und Perspektiven für ein nachhaltiges Fischereimanagement</b>
116	Andreas Tietz, Lena Hubertus <b>Erweiterte Untersuchung der Eigentumsstrukturen von Landwirtschaftsfläche in Deutschland: Ergebnisse der deskriptiven Analyse</b>
117	Marlen Haß, Martin Banse, Max Eysholdt, Alexander Gocht, Verena Laquai, Frank Offermann, Janine Pelikan, Jörg Rieger, Davit Stepanyan, Viktoriya Sturm, Maximilian Zinnbauer <b>Thünen-Baseline 2024 – 2034: Agrarökonomische Projektionen für Deutschland</b>



- 118 Annett Steinführer, Frank Osterhage (Hrsg.)  
**Vom Kommen, Gehen und Bleiben.**  
**Wanderungsgeschehen und Wohnstandortentscheidungen aus der Perspektive ländlicher Räume**
- 119 Mirko Liesebach, Ute Tröber (eds.)  
**Wald der Zukunft - Beitrag von Forstgenetik und Forstpflanzenzüchtung**  
**8. Tagung der Sektion Forstgenetik/Forstpflanzenzüchtung vom 11. bis 13. September 2024 in Freiburg i. Br.**
- 120 Fanny Barz, Simone Brüning, Ralf Döring, Tobias Lasner, Harry V. Strehlow  
**National Fisheries Profile Germany**
- 121 Katja Butter, Christine Ida Hucke, Viviane Gallus, Christoph van Thriel, Martin Ohlmeyer  
**Wood for Good – Kontextbezogene gemisch- und konzentrationsabhängige Auswirkungen flüchtiger organischer Verbindungen verschiedener Holzarten auf neurophysiologische Prozesse und die chemosensorische Informationsverarbeitung des Menschen**
- 122 Sarah Majer, Patrick Boelhauve, Joachim Hasch, Martin Ohlmeyer  
**Erarbeitung der Grundlagen zur Entwicklung eines opto-sensorischen Messsystems zur produktionsnahen Bestimmung von flüchtigen Terpenen aus Holzprodukten**
- 123-1 Stefan Frank, Ullrich Dettmann, Arndt Piayda, Ronny Seidel, Elaheh Amiri, Saskia Bamberger, Arne Heidkamp, Sebastian Heller, Sylvia Holzträger, Malina Kuwert, Silvana Lakeberg, Sharon Laqua, Merten Minke, Stefan Nagel, Willi Oehmke, Bernd Schemschat, Carolin Simon, Mareille Wittnebel, Holger Wywias, Bärbel Tiemeyer  
**Bericht zum „Aufbau eines deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz“**  
**Teil 1: Offenland**
- 123-2 Paul Matras, Marc Seimert, Jonas Sitte, Viktoria Dietrich, Andreas Kaufmann, Julian Gärtner, Mathias Hoffmann, Cornelius Oertel, Nicole Wellbrock  
**Bericht zum „Aufbau eines deutschlandweiten Moorbodenmonitorings für den Klimaschutz“**  
**Teil 2: Wald**
- 124 Dominik Frankenberg, Alexander Kopka, Jan Cornelius Peters  
**Zur Strukturschwäche ländlicher Räume im Kontext der Abgrenzung der GRW-Fördergebiete**
- 125 Kimberley Brügge, Axel Don  
**Einfluss der ökologischen Landwirtschaft auf den Bodenkohlenstoff – Ergebnisse aus Bodeninventuren in Deutschland**
- 126 Thomas Horlitz, Karoline Pawletko, Norbert Röder, Maren Birkenstock, Christine Krämer, Dirk Schubert  
**Fachliche und konzeptionelle Weiterentwicklung des DVL-Punktemodells als Grundlage der GAP-Förderung ab 2028: Vorschläge für eine inhaltlich-konzeptionelle Erweiterung und Optimierung**
- 127 Valentina Theresia Zemke, Gerald Koch, Volker Haag  
**Atlas of charcoal - Wood identification of charcoal products traded on the European market**
- 128 Arne Schröder, Christin Klever, Tim Knöpfel, Melina Niemann, Tobias Lasner, Brianne Altmann, Thiemo Wolgast, Aurelia Schütz, Elisa Bayer, Antje Risius, Ralf Döring  
**Lösungsansätze für die regionale Wertschöpfungskette Nordseekrabbe**





## **Thünen Report 128**

Herausgeber/Redaktionsanschrift

Johann Heinrich von Thünen-Institut  
Bundesallee 50  
38116 Braunschweig  
Germany

[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)

