

# Ökofaktoren für marine Fischressourcen in Ökobilanzen

Charakterisierungs- und Bewertungsmodell für die Nutzung von Fischbeständen  
und Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung von Fischerei und Fischzucht



Version 1.0

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Ausgearbeitet durch

**René Itten und Matthias Stucki**

Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen

Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften ZHAW

Wädenswil, 5. Mai 2022

## IMPRESSUM

<b>Titel</b>	Ökofaktoren für marine Fischressourcen in Ökobilanzen
<b>Auftraggeber</b>	Bundesamt für Umwelt (BAFU), 3003 Bern
<b>Auftragnehmer</b>	ZHAW Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen
<b>Autoren</b>	René Itten und Matthias Stucki der ZHAW Forschungsgruppe Ökobilanzierung, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
<b>Projekt-Begleitung</b>	Norbert Egli und Peter Geber, Sektion Konsum und Produkte des Bundesamts für Umwelt Glenn Litsios, Sektion Biodiversitätspolitik des Bundesamts für Umwelt Cornelia Stettler, Carbotech AG
<b>Titelbilder</b>	Bildquelle: Colourbox <a href="https://www.colourbox.de/bild/fisch-angeln-netz-bild-11789595">https://www.colourbox.de/bild/fisch-angeln-netz-bild-11789595</a>
<b>Projektleitung</b>	René Itten und Matthias Stucki, Forschungsgruppe Ökobilanzierung, Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften
<b>Kontakt</b>	<a href="mailto:rene.itten@zhaw.ch">rene.itten@zhaw.ch</a> <a href="https://www.zhaw.ch/iunr/lca">https://www.zhaw.ch/iunr/lca</a> IUNR Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, ZHAW Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Grüental, Postfach CH-8820 Wädenswil
<b>Haftungsausschluss</b>	Dieser Bericht beruht auf als verlässlich eingeschätzten Quellen. Die ZHAW und die Autoren geben keine Garantie bezüglich der Vollständigkeit der aufgeführten Informationen und lehnen eine rechtliche Haftung für Schäden jeglicher Art ab.
<b>Dank der Autoren</b>	Die Autoren bedanken sich bei Fredy Dinkel, Carbotech AG, Arthur Braunschweig, E2 Management Consulting AG und Rolf Frischknecht, treeze Ltd. für den wertvollen Austausch zu diesem Thema.
<b>Zitierung</b>	Itten R. & Stucki M. 2022. Ökofaktoren marine Fischressourcen in Ökobilanzen. Institut für Umwelt und Natürliche Ressourcen, Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften, Wädenswil <a href="https://doi.org/10.21256/zhaw-2650">https://doi.org/10.21256/zhaw-2650</a>
<b>Version</b>	Version 1 vom 05.05.2022 14:58:00 Copyright © 2022

## ZUSAMMENFASSUNG

Für die Nutzung von marinen Fischressourcen und dem durch Überfischung verursachten Biodiversitätsverlust fehlten bisher Vorgehensweisen zur Bewertung in Single-Score-Wirkungsabschätzungsmethoden wie der Methode der ökologischen Knappheit. Diese Lücke kann insbesondere im Bereich der Ernährung zu deutlich unterschätzten Umweltauswirkungen von Fischmenüs führen im Vergleich zu Fleischmenüs und vegetarischen Alternativen.

Ziel dieser Studie war die Entwicklung eines Ansatzes zur Berechnung von Ökofaktoren für marine Fischressourcen sowie die Aufnahme dieser Ökofaktoren in die Studie «Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit». Der in diesem Bericht beschriebene Ansatz fokussiert ausschliesslich auf den vom Menschen induzierten Druck auf die unterschiedlichen marinen Fischressourcen. Auswirkungen auf die Ökosystemqualität wie auch durch die Ausbreitung von invasiven Arten sind mit dem gewählten Ansatz vorerst ausgeschlossen.

Der Charakterisierungsfaktor (CF) nach dem in dieser Studie vorgeschlagenen Charakterisierungsmodell basiert auf der Bestandsgrösse der verschiedenen Fischbestände sowie deren Regenerationsrate. Das vorgeschlagene Charakterisierungsmodell erlaubt daher die Unterscheidung verschiedener Fischarten in unterschiedlichen Fangregionen.

Zusätzlich zur Bewertung von marinen Fischressourcen werden ebenfalls Ansätze zur Integration von Beifang und Rückwurf in Abhängigkeit der Fangmethode sowie der Fischart vorgeschlagen. Ebenfalls werden Ansätze zur Berücksichtigung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen bei der Produktion von Fischmehl und -öl vorgeschlagen und diskutiert.

Der Einbezug der Ökofaktoren für marine Fischressourcen sowie des Beifangs und Rückwurfs als auch die Anwendung der Ökofaktoren auf die indirekt genutzten Fischressourcen für die Herstellung von Fischmehl- und -öl, welches in der Fischzucht verwendet wird, führt zu einem deutlichen Anstieg der Gesamtumweltbelastung von Fischprodukten. Dieser Anstieg führt dazu, dass Fischmenüs mit Fisch aus Wildfang in Abhängigkeit der Fischart und Fangregion eine Umweltauswirkung aufweisen können, welche bis zu 150-mal höher ist als mit der bisherigen Bewertung.

Die neuen Ökofaktoren für marine Fischressourcen ermöglichen eine differenzierte Bewertung der unterschiedlichen Fischarten unter Berücksichtigung der Fangregion und schliessen eine wichtige Lücke bei der Bewertung von verschiedenen Menüoptionen in der Gastronomie.

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG UND ENTSCHEIDUNGSBAUM</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>HERLEITUNG ÖKOFAKTOREN FÜR MARINE FISCHRESSOURCEN</b>	<b>4</b>
2.1	Methodischer Ansatz .....	4
2.2	Charakterisierung .....	5
2.2.1	Charakterisierungsfaktoren .....	5
2.2.2	Datenquellen für das Charakterisierungsmodell .....	6
2.2.3	Anpassungen am Charakterisierungsmodell .....	7
2.2.4	Aggregierte Charakterisierungsfaktoren .....	8
2.2.5	Begrenzung der Charakterisierungsfaktoren .....	9
2.3	Normierung .....	9
2.4	Gewichtung und Ökofaktor .....	10
<b>3</b>	<b>EMPFEHLUNGEN ZUR SACHBILANZMODELLIERUNG UND ANWENDUNG DER ÖKOFAKTOREN</b>	<b>13</b>
3.1	Allgemein .....	13
3.1.1	Beifang und Rückwurf .....	13
3.1.2	Fischmehl und Fischöl (FMFÖ) und FIFO Verhältnis .....	15
3.2	Allokation bei Fischfang und Fischzucht .....	17
3.2.1	Allgemein .....	17
3.2.2	Rückwurf .....	18
3.2.3	Wirtschaftlich genutzter Beifang (Allokation 1) .....	18
3.2.4	Essbare Anteile (Allokation 2) .....	19
3.2.5	Fischmehl und Fischöl (FMFÖ, Allokation 3) .....	20
3.3	Anwendungsanweisung für die Ökofaktoren .....	21
3.3.1	Allgemein .....	21
3.3.2	Rückwurf .....	22
3.3.3	Beifang .....	22

3.3.4	Essbare Anteile.....	22
3.3.5	Fischmehl und Fischöl.....	22
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE UND DISKUSSION</b>	<b>25</b>
4.1	Vergleich von Fisch- und Fleischprodukten.....	25
4.2	Bewertung von Rückwurf.....	28
4.3	Zuchtfisch und Wildfang.....	29
4.4	Vergleich von Menüs.....	31
4.5	Nicht berücksichtigte Umweltauswirkungen .....	31
<b>5</b>	<b>SCHLUSSFOLGERUNGEN</b>	<b>33</b>
<b>6</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>34</b>
	<b>ANNEX 1: INDIKATOREN IM FISCHEREIMANAGEMENT</b>	<b>38</b>
	<b>ANNEX 2: ÖKOFAKTOREN LEBENDGEWICHT</b>	<b>40</b>
	<b>ANNEX 3: ISSCAAP KLASSIFIKATION</b>	<b>46</b>

# 1 EINLEITUNG UND ENTSCHEIDUNGSBAUM

Das Konzept der planetaren Belastungsgrenzen von Rockström et al. (2009) sowie Steffen et al. (2015) zeigt auf, dass in Bezug auf den Verlust von Biodiversität bereits heute die Grenzen eines «safe operating space for humanity» überschritten sind. Daher ist es essenziell, dass Single-Score-Wirkungsabschätzungsmethoden wie die Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit Biodiversitätsverlust möglichst umfassend berücksichtigt, soweit dies mit der Ökobilanzmethodik möglich ist.

Die Ökofaktoren gemäss der Methode der ökologischen Knappheit verwenden bei der Bewertung von Umweltauswirkungen zwei Grundlagen. Zum einen sind dies wissenschaftliche Modelle zur Beurteilung von Wirkmechanismen und der relativen Umweltwirkung von Stoffen innerhalb der gleichen Umweltkategorie. Zum anderen werden gesetzliche Grundlagen hinzugezogen aus internationalen Übereinkünften oder aus national festgelegten Umweltzielen. Bereits in den Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit von Frischknecht et al. (2013) wird die Biodiversität an Land über Ökofaktoren für die Landnutzung berücksichtigt. Dieser Ansatz wurde im Rahmen der Aktualisierung im Jahr 2021 umfassend überarbeitet. Für die Nutzung von biotischen Ressourcen im Meer und dem durch die Überfischung verbundenen Biodiversitätsverlust fehlten bisher Ökofaktoren. Diese Lücke kann bei Anwendung der Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit zum Beispiel im Bereich der Gastronomie zu deutlich tieferen Umweltauswirkungen von Fischmenüs führen im Vergleich zu Fleischmenüs und vegetarischen Alternativen (Muir et al., 2019; Stucki et al., 2012). Ebenfalls erhalten mit den aktuellen Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit Fischprodukte aus Aquakultur eine deutlich höhere Bewertung als Fischprodukte aus Wildfang, obwohl gewisse Arten aus Wildfang stark übernutzt sind.

Ziel dieser Studie war die Entwicklung eines Ansatzes zur Berechnung von Ökofaktoren für die Überfischung der Weltmeere sowie die Aufnahme dieser Ökofaktoren in die Studie Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit (BAFU, 2021).

Marine Ökosysteme haben einen instrumentellen Wert für den Menschen, welcher sowohl kommerzieller wie auch intrinsischer Art sein kann. Durch menschliche Aktivitäten werden marine Ökosysteme direkt und indirekt beeinflusst. Eine zentrale Rolle bei der direkten Beeinflussung von marinen Ökosystemen durch den Menschen spielt die Fischerei, einerseits durch den induzierten Druck auf die marinen Fischbestände und andererseits durch die Auswirkungen auf die marine Ökosystemqualität, zum Beispiel durch die Grundschleppnetzfischerei. Ebenfalls beeinflusst der Mensch die Artenzusammensetzung in marinen Ökosystemen durch die Ausbreitung von invasiven Arten.

## Einleitung und Entscheidungsbaum

---

Der in diesem Bericht beschriebene Ansatz fokussiert auf den vom Menschen induzierten Druck auf die unterschiedlichen marinen Fischressourcen. Auswirkungen auf die Ökosystemqualität wie auch durch die Ausbreitung von invasiven Arten sind mit dem gewählten Ansatz vorerst ausgeschlossen.

Wie viele andere Nutzungen natürlicher Ressourcen ist auch die Fischerei seit 1950 kontinuierlich und stark gewachsen. So werden heute im Vergleich zum Jahr 1950 rund viermal mehr Fische und Meeresfrüchte aus den Meeren gefischt (FAO, 2020b). Während die Zunahme der weltweiten Fischerei zwischen 1950 und 1990 vorwiegend auf gesteigerte Wildfangmengen zurückzuführen war, hat seit 1990 insbesondere die Aquakultur an Bedeutung gewonnen (FAO, 2020b). Heute werden gut 50 % der Fische und Meeresfrüchte in Zucht produziert. Weltweit werden pro Person jedes Jahr durchschnittlich rund 20 kg Fisch konsumiert<sup>1</sup>. Die daraus resultierende intensive Fischereitätigkeit hat dazu geführt, dass heute 70 % der kommerziell genutzten Fischbestände an der Grenze zur nachhaltigen Nutzung stehen und 25 % der Fischbestände überfischt sind (FAO, 2020b). Die Überfischung stellt so eine der wichtigsten Gefahren für marine Ökosysteme dar (Costello et al., 2010).

Abbildung 1 zeigt den Entscheidungsbaum für die Anwendung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen in Abhängigkeit der verschiedenen Produktionsmethoden sowie der vorhandenen Informationen bezüglich Fischart, Beifang und Fanggebiet.

---

<sup>1</sup> <http://www.fao.org/in-action/globefish/fishery-information/world-fish-market/en/> (accessed 10.12.2020)

Einleitung und Entscheidungsbaum

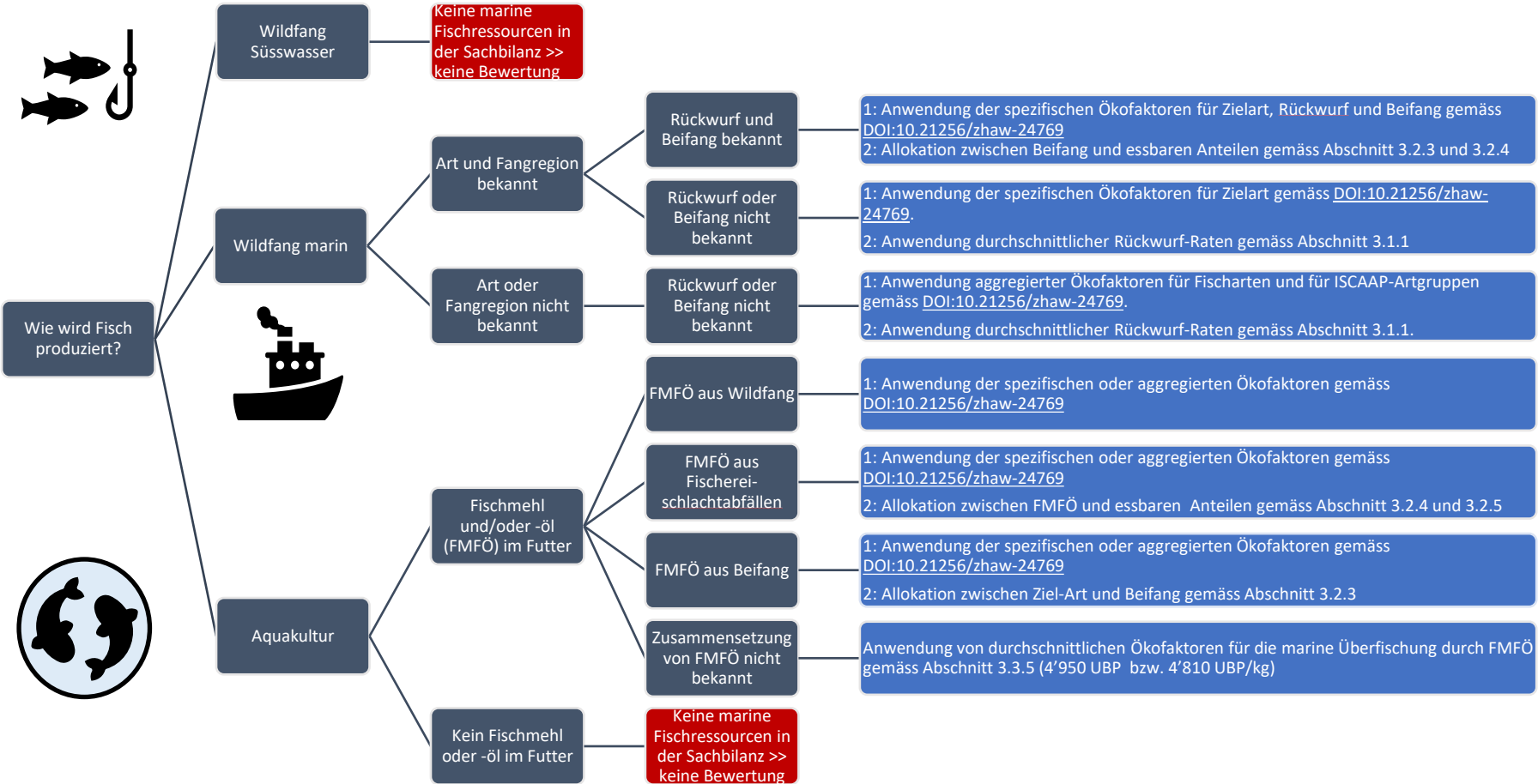


Abbildung 1 Entscheidungsbaum für die Anwendung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen in Abhängigkeit der Produktionsmethode und den vorhandenen Informationen zu Fischart, Beifang und Fanggebiet



## 2 HERLEITUNG ÖKOFAKTOREN FÜR MARINE FISCHRESSOURCEN

In diesem Kapitel wird die Herleitung von Ökofaktoren für marine Fischressourcen gemäss der Methode der ökologischen Knappheit beschrieben. Dies beinhaltet Erläuterungen zum methodischen Ansatz (Abschnitt 2.1), dem Charakterisierungsmodell (Abschnitt 2.2), der Normierung (Abschnitt 2.3) sowie der Gewichtung und den Ökofaktoren für Fischressourcen (Abschnitt 2.4).

### 2.1 METHODISCHER ANSATZ

Die neu entwickelten Ökofaktoren für marine Fischressourcen werden durch die nachfolgende Formel berechnet (Frischknecht et al., 2013, p. 52). Ein Ökofaktor setzt sich aus drei Elementen zusammen:

$$\text{Ökofaktor} = K \cdot \frac{1 \text{ } UB P}{F_n} \cdot \left( \frac{F}{F_k} \right)^2 \cdot c \quad (1)$$

**Charakterisierung**
**Normierung**
**Gewichtung**

$K$  Charakterisierungsfaktor

$F_n$  Normierungsfluss: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf die Schweiz

$F$  Aktueller Fluss: Aktueller jährlicher Fluss, bezogen auf das Referenzgebiet

$F_k$  Kritischer Fluss: Kritischer jährlicher Fluss, bezogen auf Referenzgebiet

$c$  Konstante ( $10^{12}/a$ )

$UBP$  Umweltbelastungspunkt (Einheit)

**Charakterisierung (Kapitel 2.2):** Charakterisierungsfaktoren (Faktor  $K$ ) werden für Schadstoffe und Ressourcen festgelegt, welche sich einer spezifischen Umweltwirkung zuordnen lassen. So wird bei der Festlegung von Ökofaktoren für marine Fischressourcen anhand eines Charakterisierungsfaktors berücksichtigt, wie stark der vom Mensch induzierte Fischereidruck durch die Nutzung für eine spezifische marine Fischressource im Vergleich zu einer Referenzfischart ist (Frischknecht et al., 2013, p. 51).

**Normierung (Kapitel 2.3):** Als Normierung bezeichnet man die Berechnung der Grössenordnung eines Wirkungsindikatorwerts in Bezug auf ein Referenzgebiet (ISO, 2006) Bei der Berechnung von Ökofaktoren wird durch die Division des gewichteten Wertes durch die jährlichen Emissionen/Ressourcenentnahmen der Schweiz erreicht, dass die Beurteilung auf die schweizerischen Verhältnisse angepasst wird (Frischknecht et al., 2013).

Gewichtung (Kapitel 2.4): Die Gewichtung erfolgt anhand der sogenannten „ökologischen Knappheit“. Damit gemeint ist das Verhältnis zwischen den gegenwärtigen und den maximal zulässigen Flüssen einer Umwelteinwirkung pro Jahr („distance-to-target“-Prinzip). Das Verhältnis zwischen aktuellem und kritischem Fluss wird im Quadrat berücksichtigt, um starke Überschreitungen des Zielwerts überproportional (und starke Unterschreitungen entsprechend unterproportional) zu gewichten.

## 2.2 CHARAKTERISIERUNG

### 2.2.1 Charakterisierungsfaktoren

Die verwendeten Charakterisierungsfaktoren (CF) basieren auf Hélias et al. (2018) und sind sowohl Art- wie auch Fangregion-spezifisch. Das Charakterisierungsmodell von Hélias et al. (2018) verbindet zwei Aspekte miteinander; die Bestandsgrösse und die Regenerationsfähigkeit. Der CF ist umgekehrt proportional zur Biomasse des Bestands. Je kleiner der Bestand, desto größer sind die Auswirkungen durch die Fischerei. Die Regenerationsfähigkeit ist das Verhältnis von Fang- zu Regenerationsrate. Je höher die Regenerationsfähigkeit, desto geringer sind die Auswirkungen durch die Fischerei.

Der Charakterisierungsfaktor wird durch folgende Formel beschrieben:

$$CF_X = \frac{C_X}{r_X * B_X^2} \left[ = \frac{1}{B_X} * \frac{1}{2} * \frac{F_X}{F_{MSY,X}} \right] \quad (2)$$

$CF_X$	Charakterisierungsfaktor für Fangregion X
$B_X$	Aktueller Bestand in Tonnen in Fangregion X
$C_X$	Fangmenge in Tonnen pro Jahr in Fangregion X
$r_X$	intrinsische Wachstumsrate pro Jahr in Fangregion X ( $r_X = 2 * F_{MSY,X}$ )
$F_X$	Fischereidruck pro Jahr in Fangregion X
$F_{MSY,X}$	Fischereidruck für maximale nachhaltige Fangmenge in Fangregion X

Der relative Fischereidruck und die relative Biomasse als Grösse zur Unterscheidung zwischen Nutzung und Übernutzung sowie weitere fischereispezifische Grössen sind auf Seite 38 im Annex erläutert.

Der Charakterisierungsfaktor wird für jede Fischart und FAO Fangregion berechnet basierend auf der individuellen Bestandsgrösse sowie dem relativen Fischereidruck. Als Referenzart wird die peruanische Sardelle (Peruvian Anchovy, *Engraulis Ringens*) verwendet. Die peruanische Sardelle ist die Fischart mit der höchsten jährlichen Fangmenge. Trotz der hohen Fangmenge ist der Charakterisierungsfaktor für die peruanische Sardelle einer der tiefsten Charakterisierungsfaktoren aufgrund der Grösse des Bestandes und der hohen Regenerationsfähigkeit. Die Charakterisierungsfaktoren für die wichtigsten

## Herleitung Ökofaktoren für marine Fischressourcen

Fischbestände sind in Tabelle 1 dargestellt. Der Annex ab Seite 40 beinhaltet eine umfassendere Liste von Charakterisierungs- und Ökofaktoren für unterschiedliche Fangregionen und Fischarten.

**Tabelle 1 Charakterisierungsfaktoren pro kg Lebendgewicht für wichtige Fischarten und Fangregionen sowie aggregiert für Fischarten (gebildet durch das über die Fangmenge gewichtete, geometrische Mittel der Fangregion-spezifischen Charakterisierungsfaktoren) basierend auf Hélias et al. (2018), Leitfischart («Referenzsubstanz») ist die Peruanische Sardelle (PS), Erweiterte Liste im Anhang unter Annex 2.**

Name	Wissenschaftlicher Name	FAO Fangregion	CF Fangregion (kg PS-äq / kg)	CF Fischart (kg PS-äq / kg)
Peruanische Sardelle	Engraulis ringens	Südostpazifik	1	1
Pazifischer Pollack (Alaska Seelachs)	Theragra chalcogramma	Nordwestpazifik	0.849	1.1
Pazifischer Pollack (Alaska Seelachs)	Theragra chalcogramma	Nordostpazifik	1.54	1.1
Atlantischer Kabeljau (Dorsch)	Gadus morhua	Nordostatlantik	1.05	1.19
Atlantische Hering	Clupea harengus	Nordostatlantik	1.27	1.73
Japanische Makrele	Scomber japonicus	Nordwestpazifik	1.39	2.53
Atlantische Makrele	Scomber scombrus	Nordostatlantik	2.6	2.77
Japanische Sardelle	Engraulis japonicus	Nordwestpazifik	3.26	3.26
Echter Bonito	Katsuwonus pelamis	Westlicher Pazifischer Ozean	3.37	6.43
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Westlicher Pazifischer Ozean	7.2	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Nordwestpazifik	7.2	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Südwestpazifik	7.2	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Östlicher Pazifischer Ozean	10.1	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Südostpazifik	10.1	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Nordostpazifik	10.1	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Westlicher Indischer Ozean	11.7	9.65
Gelbflossenthunfisch	Thunnus albacares	Östlicher Indischer Ozean	11.7	9.65
Seezunge	Solea solea	Nordostatlantik	156	217
Seezunge	Solea solea	Mittelmeer und Schwarzes Meer	299	217
Seezunge	Solea solea	Mittlerer Ostatlantik	915	217
Steinbutt	Psetta maxima	Nordostatlantik	270	309
Steinbutt	Psetta maxima	Mittelmeer und Schwarzes Meer	1000	309
Europäischer Wolfsbarsch	Dicentrarchus labrax	Nordostatlantik	427	498
Europäischer Wolfsbarsch	Dicentrarchus labrax	Mittelmeer und Schwarzes Meer	1000	498
Durchschnittlicher Charakterisierungsfaktor für marinen Fisch				9.21

### 2.2.2 Datenquellen für das Charakterisierungsmodell

Das Charakterisierungsmodell für die Bewertung von marinen Fischressourcen benötigt drei Parameter: (1) Fangmenge, (2) aktuelle Bestandsgrösse und (3) maximale intrinsische Wachstumsrate des Bestandes. Die Charakterisierungsfaktoren wurden von Hélias et al. (2018) für unterschiedliche Fischarten berechnet. Die Parameter für die Berechnung stammen aus den Fangzeitreihen für ASFIS-Arten (Aquatic Sciences and Fisheries Information System) der FAO Global Fishery and Aquaculture Statistics v2017.1.0 mit Zeitreihen zwischen 1950 und 2015 (FAO, 2017) in Kombination mit dem CMSY-Algorithmus nach Froese et al. (2017) sowie der FishBase Datenbank (Froese & Pauly, 2016). Die

## Herleitung Ökofaktoren für marine Fischressourcen

genaue Herleitung und die verwendeten Datenquellen sind in der Supporting Information von Hélias et al. (2018) sowie in Hélias et al. (2018) beschrieben.

### 2.2.3 Anpassungen am Charakterisierungsmodell

Hélias et al. (2018) unterscheiden vier Qualitätsklassen für Charakterisierungsfaktoren basierend auf der Datengrundlage zu deren Herleitung. Für die Integration in der Methode der ökologischen Knappheit wurden nur die Charakterisierungsfaktoren aus den Qualitätsklassen I und II verwendet mit akzeptabler bis guter Datengrundlage zu den Fischbeständen.

**Tabelle 2 Qualitätsklassen für Charakterisierungsfaktoren nach Hélias et al. (2018); CMSY: Monte Carlo basierter Algorithmus zur Berechnung von Bestandsgrößen nach Froese et al. (2017).**

Class / Subclass	Stocks (% global catch)	Comment
I	933 (47%)	Stock fully assessed by CMSY, single marine fish species.
II	651 (15%)	Stocks assessed by CMSY, with questionable hypotheses.
II a)		Multistock dataset, but with five or less species.
II b)		Nonfish species stocks fully assessed by CMSY.
II c)		Stocks from an inland FAO area.
III	492 (13%)	Assessed multistock by CMSY, with even more questionable hypotheses
III a)		Multistock dataset with more than five species.
III b)		Nonfish species multistocks.
III c)		Multistocks from an inland area
IV	2,917 (25%)	Stocks not directly assessed, so aggregated values are used.
IV a)		Global level CFs for ASFIS species.
IV b)		Global and ISSCAAP group level CFs (global level CFs for ASFIS species not available).

Für die Anwendung im Rahmen der Ökofaktoren gemäss der Methode der ökologischen Knappheit wurden folgende Anpassungen umgesetzt:

- Alle Arten ohne rapportierte Fangmenge für das Referenzjahr 2015 nach FAO (2020a) wurden ausgeschlossen
- Die ISSCAAP Gruppe für reine Süswasserfische wie «Carps, Barbels and other cyprinids» wurden ausgeschlossen, da die Charakterisierungsfaktoren nur auf marine Fischressourcen fokussieren.

Nach Einschränkung auf die Qualitätsklassen I und II nach Hélias et al. (2018) ergeben sich spezifische Ökofaktoren für 1300 Kombinationen von Arten und Fangregion.

### 2.2.4 Aggregierte Charakterisierungsfaktoren

Produktangaben und Handelsstatistiken erlauben in den meisten Fällen keine Identifikation der Fangregion und in vielen Fällen keine Rückschlüsse auf die Fischart. Darum stellen wir aggregierte Charakterisierungsfaktoren für Fischarten und für Artgruppen gemäss der International Standard Statistical Classification of Aquatic Animals and Plants (ISCAAP) für die einfachere Anwendung des Charakterisierungsmodells zu Verfügung. Die aggregierten Charakterisierungsfaktoren für ISSCAAP Gruppen und Divisionen erlauben die Anwendung auf alle in Handelsstatistiken erfassten Fischprodukte, während die aggregierten Faktoren für Fischarten eine Bewertung z.B. von Menüs erlauben, ohne dass die Fangregion bekannt sein muss.

Die Aggregation der Charakterisierungsfaktoren erfolgt wie von Hélias et al. (2018) vorgeschlagen über das nach Fangmenge gewichtete geometrische Mittel sowohl für die Fischarten sowie für die ISSCAAP Gruppen und Divisionen. Da bei der Aggregation der Charakterisierungsfaktoren alle (auch stark überfischte) Fangregionen und Fischarten berücksichtigt werden, liegen die aggregierten Charakterisierungsfaktoren tendenziell höher als die spezifischen Ökofaktoren von häufig gefischten Arten, welche in der Schweiz konsumiert werden. Im Hinblick auf das Vorsorgeprinzip erachten die Autoren diese hohen Ökofaktoren für aggregierte Gruppen als sinnvoll, da es damit in der Verantwortung des Anwenders liegt, die genutzten Fischarten in der Sachbilanz genauer zu identifizieren.

Für die Anwendung im Rahmen der Ökofaktoren gemäss der Methode der ökologischen Knappheit wurden folgende Anpassungen für die Aggregation umgesetzt:

- Der CF für die ISSCAAP Gruppe «Marine fishes not identified» wurde ersetzt durch den CF für ISSCAAP Gruppe «Miscellaneous pelagic fishes», da «Marine fishes not identified» ausschliesslich auf CF der Qualitätsklasse III basiert.
- Die globalen CF nach Fischart sind neu aggregiert über Fangregionen (ausschliesslich basierend auf Faktoren der Qualitätsklasse I und II) ausgehend vom gewichteten geometrischen Mittel nach Fangmenge.
- Die globalen CF nach ISSCAAP Gruppe sind neu aggregiert über Fangregionen und Fischarten (ausschliesslich basierend auf Faktoren der Qualitätsklasse I und II) über das gewichtete geometrische Mittel nach Fangmenge.
- Neue generische CF nach ISSCAAP Divisionen sind über das gewichtete geometrische Mittel nach Fangmenge (Diadromous fishes, Marine fishes, Crustaceans, Molluscs) berechnet.

### 2.2.5 Begrenzung der Charakterisierungsfaktoren

Die Charakterisierung nach dem Ansatz von Hélias et al. (2018) führt dazu, dass für manche ISSCAAP Gruppen und Fischarten mit kleinem Bestand ein mehr als 1'000 Mal höherer Charakterisierungsfaktor im Vergleich zur meistgefishten Fischart (Peruanischen Sardelle) ausgewiesen wird. Darunter fallen viele kleine Bestände mit geringen Fangmengen, welche nicht intensiv gefischt werden. Um zu verhindern, dass in Ökobilanzauswertungen die Resultate ausschliesslich von Fischarten mit kleinem Bestand und geringer Fangmenge dominiert werden, wurden die Charakterisierungsfaktoren auf das 1'000-fache der meistgefishten Fischart begrenzt. Bei der Methode der ökologischen Knappheit wurde bereits ein ähnliches Vorgehen bei der Bewertung von Pflanzenschutzmitteln und bei der Bewertung der Wasserknappheit mit der Methode AWARE angewendet. Diese Begrenzung bewirkt, dass für alle Fischarten, welche einen mehr als 1'000 Mal höheren Charakterisierungsfaktor aufweisen als die peruanische Sardelle, der Ökofaktor auf 1'000'000 UBP pro kg limitiert wird.

## 2.3 NORMIERUNG

Der Normierungsfluss entspricht der durch die Schweiz konsumierten und nach Hélias et al (2018) charakterisierten Menge Fischereiprodukte aus dem Meer. Als Datengrundlage hierzu dienen die Handelsstatistiken der FAO für das Jahr 2017 (FAO, 2019).

Die Zuordnung und Charakterisierung der Fischprodukte in den Handelsstatistiken basieren auf den ISSCAAP-Kategorien. Tabelle 3 zeigt die Importmengen nach Güterbezeichnung und ISSCAAP Gruppe sowie den entsprechenden Beitrag zum Normierungsfluss.

Falls die Importstatistiken einen Rückschluss auf die Fischart erlauben, werden die Charakterisierungsfaktoren auf Ebene ISSCAAP Gruppe durch artenspezifische Charakterisierungsfaktoren ersetzt (Seabass, Seabream, Octopus, Cold-Water Shrimp, Lobster, Alaska Pollock, Yellowfin Tuna).

Mit Hilfe der FAO Statistiken für Wildfang und Aquakultur (FAO, 2020a) wurde für jede ISSCAAP Gruppe der Zuchtanteil berechnet und der Beitrag zum Normierungsfluss entsprechend korrigiert. Dies betrifft vor allem die ISSCAAP Gruppen Mussels, Clams, cockles, arkshells, Abalones, winkles, conchs, Salmons, trouts, smelts sowie Miscellaneous diadromous fishes mit Zuchtanteilen zwischen 60 und 90 %. Auch der Konsum von Fischprodukten aus Aquakultur trägt zur Überfischung bei, wenn für die Fütterung Fischmehl oder -öl verwendet wird. Der Import von Aquakultur-Produkten wurde daher in Annäherung mit einem generischen Faktor für den indirekten Beitrag zur Überfischung berücksichtigt.

Ebenfalls wurden unterschiedliche Beifangquoten auf Ebene ISSCAAP Division basierend auf dem FAO Fisheries Discard Assessment (Pérez Roda et al., 2019) berücksichtigt. Aufgrund der unbekannt

## Herleitung Ökofaktoren für marine Fischressourcen

Artenzusammensetzung des Beifangs wurde der Beifang für den Einbezug in den Normierungsfluss mit dem generischen Charakterisierungsfaktor für die ISSCAAP Division «Marine Fish» charakterisiert.

Um dem Unterschied zwischen dem importierten Produktgewicht (z.B. Filet) und dem Fisch-Lebendgewicht Rechnung zu tragen, wurden das Produktgewicht der unterschiedlichen importierten Güter basierend auf dem Handbook für Fisheries Statistics (FAO, 1992) korrigiert. Das Handbook beinhaltet Umrechnungsfaktoren für unterschiedliche Verarbeitungsstufen von gehandelten Fischprodukten (gefroren, Filet, getrocknet, geräuchert) in Abhängigkeit von Fischart oder ISSCAAP Gruppe / Division.

Der Normierungsfluss entspricht jährlich 2'629 Tausend Tonnen PS-äq. (peruanische Sardelle-Äquivalent).

**Tabelle 3 Normierungsfluss berechnet über Import im Jahr 2018 nach ISSCAAP Gruppe inklusive Beitrag der Unterkategorien sortiert nach Beitrag zum Normierungsfluss**

ISSCAAP Gruppe	Produktgruppe	Import in Tonnen	Produkt- zu Lebendgewicht (-)	CF Lebendgewicht	Anteil Wildfang	Rückwurf-rate	CF Rückwurf	Charakterisierung in Tausend Tonnen PS-äq	Beitrag zu Normierung
Total	Total	69701						2629	
Clams, cockles, arkshells	Clams, cockles and ark shells, live, fresh or chilled	257	2.18	46.7	8.3%	13.2%	9.21	2.23	0.1%
	Flat fish, fillets, fresh or chilled	1049	2.18	65.7	84.7%	9.8%	9.21	129	4.9%
Flounders, halibuts, soles	Flat fish, fillets, frozen	423	2.18	65.7	84.7%	9.8%	9.21	52	2.0%
	Sole (Solea spp.), fresh or chilled	238	2.18	65.7	84.7%	9.8%	9.21	29.3	1.1%
	Turbots (Psetta maxima), fresh or chilled	143	2.18	309	84.7%	9.8%	9.21	81.6	3.1%
Lobsters, spiny-rock lobsters	Lobsters (Homarus spp.), live, fresh or chilled	168	2.63	68.7	99.4%	32.4%	9.21	31.5	1.2%
Miscellaneous coastal fishes	Seabream (Sparidae), fresh or chilled	1195	1.47	93.2	85.8%	9.8%	9.21	142	5.4%
	Seabass (Dicentrarchus spp.), fresh or chilled	793	1.79	498	10.0%	9.8%	9.21	70.9	2.7%
Miscellaneous marine crustaceans	Other crustaceans, prepared or preserved	82	2.18	23.7	100.0%	32.4%	9.21	4.76	0.2%
	Other crustaceans, whether in shell or not, frozen	64	2.18	23.7	100.0%	32.4%	9.21	3.72	0.1%
	Crustaceans dried, salted or in brine, smoked, for human consumption	32	2.18	23.7	100.0%	32.4%	9.21	1.86	0.1%
	Crustaceans live, fresh or chilled, for human consumption	14	2.18	23.7	100.0%	13.2%	9.21	0.759	0.0%
Miscellaneous pelagic fishes	Other fish, whole or in pieces, prepared or preserved	3808	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	148	5.6%
	Other fish, whole or in pieces, prepared or preserved	3446	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	134	5.1%
	Prepared or preserved fish, excl. whole or in pieces	2074	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	80.6	3.1%
	Other freshwater or saltwater fish, fresh or chilled	1796	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	69.8	2.7%
	Fish fillets, fresh or chilled, nei	1517	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	58.9	2.2%
	Fish oils, other than liver oils	1413	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	54.9	2.1%
	Meals of fish or crustaceans, molluscs or other aquatic	1056	2.18	1	97.0%	9.8%	9.21	4.24	0.2%
Mussels	Fish fillets, frozen, nei	720	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	28	1.1%
	Fish waste	624	2.18	17.8	97.0%	6.2%	9.21	24.2	0.9%
	Mussels, live, fresh or chilled	1538	1	195	3.8%	13.2%	9.21	11.5	0.4%
	Mussels, prepared or preserved	257	2.18	195	3.8%	13.2%	9.21	4.2	0.2%
Oysters	Mussels, frozen	129	2.18	195	3.8%	13.2%	9.21	2.11	0.1%
	Mussels, dried, salted or in brine; smoked	51	2.18	195	3.8%	13.2%	9.21	0.834	0.0%
Salmons, trouts, smelts	Oysters, live, fresh, chilled	454	1	84.6	2.4%	13.2%	9.21	0.933	0.0%
	Pacific, Atlantic and Danube salmon, fillets, fresh or chilled	3895	2.18	28.1	28.9%	9.8%	9.21	71.2	2.7%
	Salmons, including fillets, smoked	3294	2.18	28.1	28.9%	9.8%	9.21	60.2	2.3%
	Atlantic and Danube salmon, fresh or chilled	3143	2.18	28.1	28.9%	9.8%	9.21	57.5	2.2%
	Pacific, Atlantic and Danube salmon, fillets, frozen	1870	2.18	28.1	28.9%	9.8%	9.21	34.2	1.3%
	Salmon, prepared or preserved	688	2.18	28.1	28.9%	9.8%	9.21	12.6	0.5%
	Atlantic and Danube salmon, frozen	302	1.3	28.1	28.9%	9.8%	9.21	3.3	0.1%
Scallops, pectens	Scallops, including queen scallop, frozen	259	2.18	32.2	26.2%	13.2%	9.21	4.93	0.2%
	Other shrimps and prawns, whether in shell or not, frozen	4626	2.8	19.9	91.2%	32.4%	9.21	271	10.3%
Shrimps, prawns	Other shrimps and prawns, prepared or preserved	1990	2.8	19.9	91.2%	32.4%	9.21	116	4.4%
	Shrimps and prawns, prepared or preserved, not in air	1427	2	19.9	91.2%	32.4%	9.21	59.6	2.3%
Tunas, bonitos, billfishes	Tunas, skipjack and Atlantic bonito, prepared or preserved	9181	1.44	16.4	99.4%	9.8%	9.21	227	8.6%
Rest		13938						540	20.5%

## 2.4 GEWICHTUNG UND ÖKOFAKTOR

Der aktuelle Fluss entspricht dem Normierungsfluss.

## Herleitung Ökofaktoren für marine Fischressourcen

Der kritische Fluss entspricht dem Fluss im Jahr 1982, berechnet über die Importstatistiken der FAO für das Jahr 1982 (FAO, 2019). In diesem Jahr wurde das von der Schweiz unterzeichnete «Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen» (SR 0.747.305.15, 2009) abgeschlossen. Mit der Unterzeichnung dieses Abkommens strebt die Schweiz an, «die Erhaltung der lebenden Ressourcen der Meere und die Untersuchung, den Schutz und die Bewahrung der Meeresumwelt zu fördern». Es wird implizit davon ausgegangen, dass die Schweiz mit der Unterzeichnung den Erhalt der Fischressourcen gemäss dem Jahr des Abkommens anstrebt. Laut FAO (2020b) hat sich der Anteil der überfischten Arten seit dem Jahr 1982 knapp verdoppelt.

Die Tabelle 4 zeigt die Übersicht der verwendeten Flüsse zur Herleitung der Ökofaktoren.

**Tabelle 4 Ökofaktor für marine Fischressourcen, Leitfischressource («Referenzsubstanz») ist die peruanische Sardelle (PS); Bezugsgrösse: kg Lebendgewicht**

	Edition 2020	Bemerkung
Normierungsfluss (1000 t PS-äq/a)	2'629	Import Schweiz
Aktueller Fluss (1000 t PS-äq/a)	2'629	Import Schweiz
Kritischer Fluss (1000 t PS-äq/a)	1'614	
Gewichtungsfaktor (-)	2.65	
Ökofaktor (UBP/ kg PS-äq)	<b>1'000</b>	Charakterisierungsfaktor = 1

Die Tabelle 5 zeigt die Charakterisierungs- und Ökofaktoren für ausgewählte marine Fischressourcen. Eine erweiterte Liste mit Ökofaktoren pro kg Lebendgewicht ist in Tabelle 13 auf Seite 40 dargestellt. Eine umfassende Liste aller Charakterisierungs- und Ökofaktoren für die unterschiedlichen Fangregionen, Fischarten sowie ISSCAAP Gruppen und Divisionen ist im elektronischen Anhang<sup>2</sup> als Excel angefügt.

<sup>2</sup> Elektronischer Anhang: [DOI:10.21256/zhaw-24769](https://doi.org/10.21256/zhaw-24769)



## Herleitung Ökofaktoren für marine Fischressourcen

**Tabelle 5 Ökofaktoren pro kg Lebendgewicht für ausgewählte marine Fischarten, gemittelt über alle Fangregionen  
(mit Fangmenge gewichtetes, geometrisches Mittel der Fangregion-spezifischen  
Charakterisierungsfaktoren)**

Name	Wissenschaftlicher Name	Charakterisierungsfaktor (kg / kg PS-äq.)	Ökofaktor (UBP / kg)
Peruanische Sardelle	<i>Engraulis ringens</i>	1	1'000
Pazifischer Pollack (Alaska Seelachs)	<i>Theragra chalcogramma</i>	1.1	1'100
Atlantischer Kabeljau (Dorsch)	<i>Gadus morhua</i>	1.2	1'200
Atlantische Hering	<i>Clupea harengus</i>	1.7	1'700
Japanische Makrele	<i>Scomber japonicus</i>	2.5	2'600
Atlantische Makrele	<i>Scomber scombrus</i>	2.8	2'800
Japanische Sardelle	<i>Engraulis japonicus</i>	3.3	3'300
Echter Bonito	<i>Katsuwonus pelamis</i>	6.4	6'500
Gelbflossenthunfisch	<i>Thunnus albacares</i>	9.7	9'700
Seezunge	<i>Solea solea</i>	220	220'000
Steinbutt	<i>Psetta maxima</i>	310	310'000
Europäischer Wolfsbarsch	<i>Dicentrarchus labrax</i>	500	500'000

## 3 EMPFEHLUNGEN ZUR SACHBILANZMODELLIERUNG UND ANWENDUNG DER ÖKOFAKTOREN

In diesem Kapitel werden die Empfehlungen für die Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren beschrieben. Das Kapitel beginnt mit einem allgemeinen Teil zu Beifang und Rückwurf sowie Fischmehl und Fischöl (Abschnitt 3.1). Danach folgen konkrete Empfehlungen für die unterschiedlichen nötigen Allokationen in den Wertschöpfungsketten von Fischfang und Fischzucht (Abschnitt 3.2) sowie konkrete Anwendungsanweisungen für die in Kapitel 2 hergeleiteten Ökofaktoren (Abschnitt 3.3). Eine Übersicht über die Anwendung der Ökofaktoren und Modellierungsempfehlungen in Abhängigkeit der Produktionsmethode und den vorhandenen Informationen zu Fischart, Beifang und Fanggebiet ist im Entscheidungsbaum in Abbildung 1 auf Seite 3 dargestellt.

### 3.1 ALLGEMEIN

#### 3.1.1 Beifang und Rückwurf

Im Allgemeinen werden Fische und Meerestiere, welche nicht der gefischten Zielart entsprechen, als Beifang bezeichnet. Beifang wird teilweise verwertet, aber zum grössten Teil wird der Beifang als Abfall zurück ins Meer geworfen (Rückwurf, engl. Discard). Ursache für den Beifang ist in den meisten Fällen eine unselektive Fischfangtechnik wie z.B. durch Schleppnetze. Falls der Beifang zurückgeworfen und nicht weiter genutzt wird, muss der Rückwurf auf der Sachbilanzebene als Verlust erfasst werden und die Beeinträchtigung der marinen Fischressourcen durch den Beifang muss der gefischten Zielart angerechnet werden. Falls der Beifang nicht zurückgeworfen wird und z.B. für die Herstellung von Fischmehl, Fischöl oder für andere kommerzielle Zwecke verwendet wird, dann ist eine Allokation der marinen Fischressourcen zwischen Zielart und Beifang nötig (siehe Abschnitt 3.2).

Die Datengrundlage zur Artenzusammensetzung des Beifangs und Rückwurfs ist limitiert. Die FAO publiziert aggregierte Rückwurfraten in Abhängigkeit der Fangmethode (Pérez Roda et al., 2019). Unterschiede zwischen den Rückwurfquoten in Abhängigkeit der Fangmethode sind in Gilman et al. (2020) und Pérez Roda et al. (2019) beschrieben. Spezifische Fischarten können oftmals mit unterschiedlichen Fangmethoden gefischt werden. Tabelle 6 und Tabelle 7 zeigen die erwarteten Rückwurfquoten für unterschiedliche ISSCAAP Divisionen und Zielarten sowie die unterschiedlichen Rückwurfquoten in Abhängigkeit der Fangmethode nach Gilman et al. (2020) und Pérez Roda et al. (2019). Für eine detaillierte Bewertung des Rückwurfs sollten falls möglich spezifische Informationen zu den konkreten Mengen und der Artenzusammensetzung des Rückwurfs sowie die Fangregion in der Sachbilanz verwendet werden.

## Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren

**Tabelle 6 Erwartete Rückwurfquoten für unterschiedliche ISSCAAP Divisionen und Zielarten nach Pérez Roda et al. (2019); Rückwurfrate: Totale Menge an Beifang für unterschiedliche Zielspezies pro Jahr**

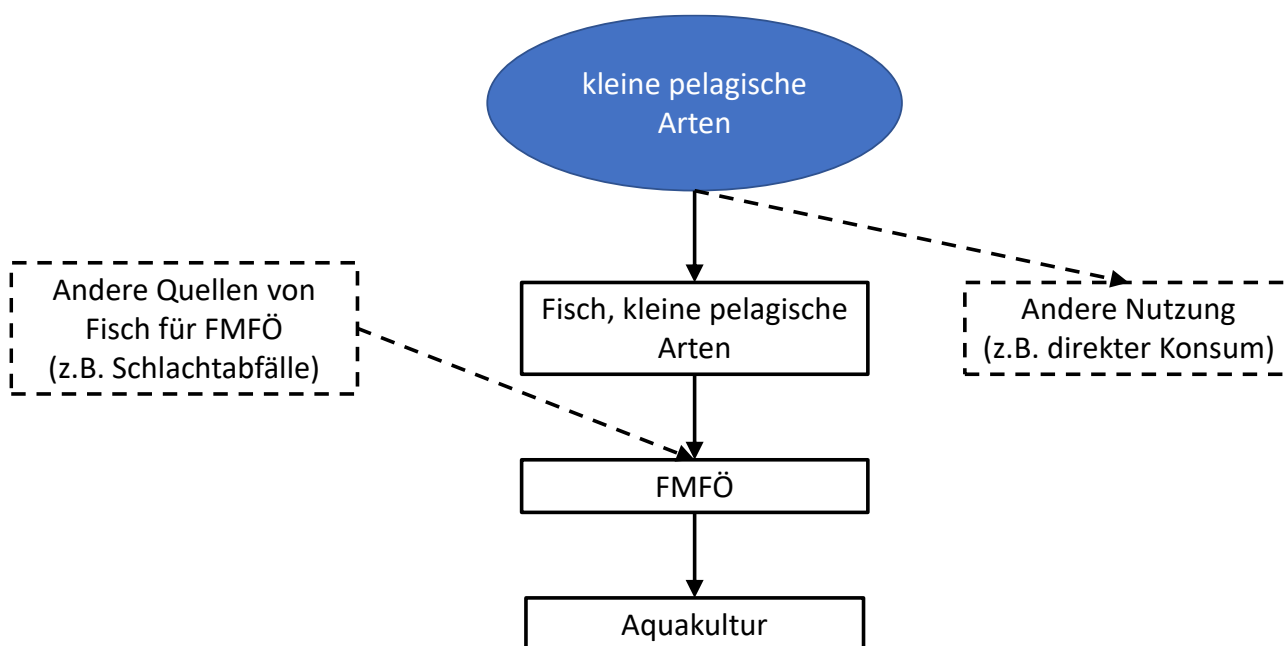
ISSCAAP Division	Zielarten	Rückwurf pro Jahr (t)	Rückwurfrate (t Rückwurf / t Fang)
Molluscs	molluscs except cephalopods	207'196	0.132
Molluscs	cephalopods	497'205	0.156
Tunas, bonitos, billfishes	tunas	485'652	0.054
Marine fishes / diadromous fishes	mixed*	1'258'684	0.098
Crustaceans	crustaceans	1'411'578	0.324
Miscellaneous pelagic fishes	pelagic fishes	2'205'060	0.062
Miscellaneous demersal fishes	demersal fishes	3'074'432	0.167

**Tabelle 7 Erwartete Rückwurfquoten in Abhängigkeit der Fangmethode nach Pérez Roda et al. (2019)**

Fangmethode	Code	Durchschnittliche Rückwurfrate
Barrier, fence, trap, etc.	FWR	0.039
Purse seine	PS_	0.047
Longline, pelagic	LLP	0.074
Pole-and-line	PL_	0.094
Handline	HL_	0.095
Lift net, boat-operated	LNB	0.1
Gillnet, pelagic (driftnet)	GNP	0.117
Otter trawl, midwater	OTM	0.121
Longline, demersal and pelagic	LL_	0.134
Boat dredge	DRB	0.138
Seine, beach	SB_	0.148
Pot	FPO	0.166
Stow net	FSN	0.172
Gillnet, bottom and pelagic	GNS	0.174
Trammel net	GTR	0.182
Trawl, pair, midwater	PTM	0.192
Troll	LTL	0.199
Longline, demersal	LLB	0.239
Gillnet, bottom (demersal, set, fixed)	GNB	0.261
Otter trawl, bottom	OTB	0.309
Miscellaneous	MIS	0.371
Trawl, otter twin	OTT	0.435
Trawl, beam	TBB	0.457
Trawl, pair, bottom	PTB	0.482
Seine, boat	SV_	0.506
Trawl, shrimp	OTS	0.549

### 3.1.2 Fischmehl und Fischöl (FMFÖ) und FIFO Verhältnis

Fischmehl und Fischöl (FMFÖ) sind Produkte, die mit der Fischerei verbunden sind. Fischmehl und Fischöl werden hauptsächlich in der Fischzucht als Futtermittel eingesetzt, sie finden aber auch Verwendung in der Hühner- und Schweinefütterung. Fischöl wird zusätzlich als Nahrungsergänzungsmittel für den menschlichen Konsum eingesetzt. FMFÖ wurde ursprünglich zum grössten Teil aus Abfällen aus der Verarbeitung von Speisefisch hergestellt. Aufgrund des starken Anstiegs des Futtermittelbedarfs in der Fischzucht stammt der Fisch für die Produktion von FMFÖ zum grössten Teil aus gezielt gefangenem Fisch. Abbildung 2 zeigt eine schematische Darstellung der Versorgungskette von FMFÖ für die Verwendung in Aquakulturen.



**Abbildung 2 Schematische Darstellung zur Versorgungskette von Fischmehl und -öl (FMFÖ) für Aquakultur basierend auf Péron et al. (2010)**

Die relevantesten Fischarten für die Produktion von FMFÖ sind die peruanische Sardelle (*Engraulis ringens*), die pazifische Sardine (*Sardinops sagax*, Clupeidae), die chilenische Bastardmakrele (*Trachurus murphyi*, Carangidae), die Lodde (*Mallotus villosus*), der atlantische Hering (*Clupea harengus*) und der Golf-Menhaden (*Brevoortia patronus*, Clupeidae). Die wichtigsten Fischarten und Fischereiländer für die Produktion von FMFÖ nach Cashion et al. (2017) sind in der Tabelle 8 dargestellt.

Nach der Europäischen Marktbeobachtungsstelle für Fischerei- und Aquakulturerzeugnisse (EUMOFA, 2021) wurden im Jahr 2018 von den 100 Millionen gefangenem Fisch 80 % für den menschlichen Verzehr und 20 % für die Produktion von FMFÖ eingesetzt. Der Anteil der weltweiten Fischerei, der für die Produktion von Fischmehl und Fischöl bestimmt ist, ist in den letzten 20 Jahren zurückgegangen. Von 2001 bis 2010 lag die durchschnittliche jährliche Fischmehlproduktion bei über 5.5 Millionen

## Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren

Tonnen, von 2011 bis 2020 bei rund 5 Millionen Tonnen. Die Produktion von Fischöl liegt zwischen 0.8 und 1.3 Millionen Tonnen pro Jahr.

Jährliche Produktionsschwankungen werden in hohem Mass durch das Angebot an Futterfischen und insbesondere durch Fangmengen der peruanischen Sardelle beeinflusst, welche mit 3 bis 7 Millionen Tonnen pro Jahr die weltweit grössten sind. Die starken Schwankungen bei den Anlandungen dieser Art sind eng mit den periodischen Klimaereignissen des El Niño verbunden, welche warmes Wasser in die Auftriebsgebiete bringen. In solchen Jahren leidet die Fischerei und die Fangmengen können in einer Saison um mehrere Millionen Tonnen zurückgehen.

**Tabelle 8 Wichtigste Fischarten und Fischereiländer für die Fischmehl- und Fischölproduktion für das Jahr 2010 (Cashion et al., 2017).**

Fischart	Anteil Fischart in Prozent	Land	Anteil Land in Prozent
Peruanische Sardelle ( <i>Engraulis ringens</i> )	28.9	Peru	24
Pazifische Sardine ( <i>Sardinops sagax</i> , Clupeidae)	3.7	Chile	16.5
Chilenische Bastardmakrele ( <i>Trachurus murphyi</i> , Carangidae)	3.4	Norwegen	3.7
Lodde ( <i>Mallotus villosus</i> )	0.9	Japan	2.2
Atlantischer Hering ( <i>Clupea harengus</i> )	2.3	USA	4.1
Golf-Menhaden ( <i>Brevoortia patronus</i> , Clupeidae)	2.5	Südafrika	1.3
Sandaale ( <i>Ammodytes</i> spp., Ammodytidae)	3	China	15.8
Blaue Wittling ( <i>Micromesistius poutassou</i> , Gadidae)	2	Dänemark	3
Japanische Sardelle ( <i>Engraulis japonicus</i> , Engraulidae)	4.2	Island	1.7
Atlantischer Menhaden ( <i>Brevoortia tyrannus</i> , Clupeidae)	1.6	Thailand	4.6
Andere Taxa / Länder	47.3		23

Die Fischarten für die Produktion von FMFÖ bestehen hauptsächlich aus kleinen pelagischen Arten. Diese Arten zeichnen sich durch zwei Hauptmerkmale aus: (1) biologisch gesehen sind sie auf der mittleren Trophiestufe des Nahrungsnetzes angesiedelt; und (2) wirtschaftlich gesehen haben sie oft einen niedrigen wirtschaftlichen Wert. In Europa beispielsweise schwankt der Preis für kleine pelagische Arten zwischen 0.18 €/kg (Sprotte) und 0.31 €/kg (Hering). Im Vergleich dazu sind die Preise für wichtige Speisefischarten wie Wolfsbarsch und Goldbrasse mit 3.70 bzw. 3.00 €/kg deutlich höher (Péron et al., 2010).

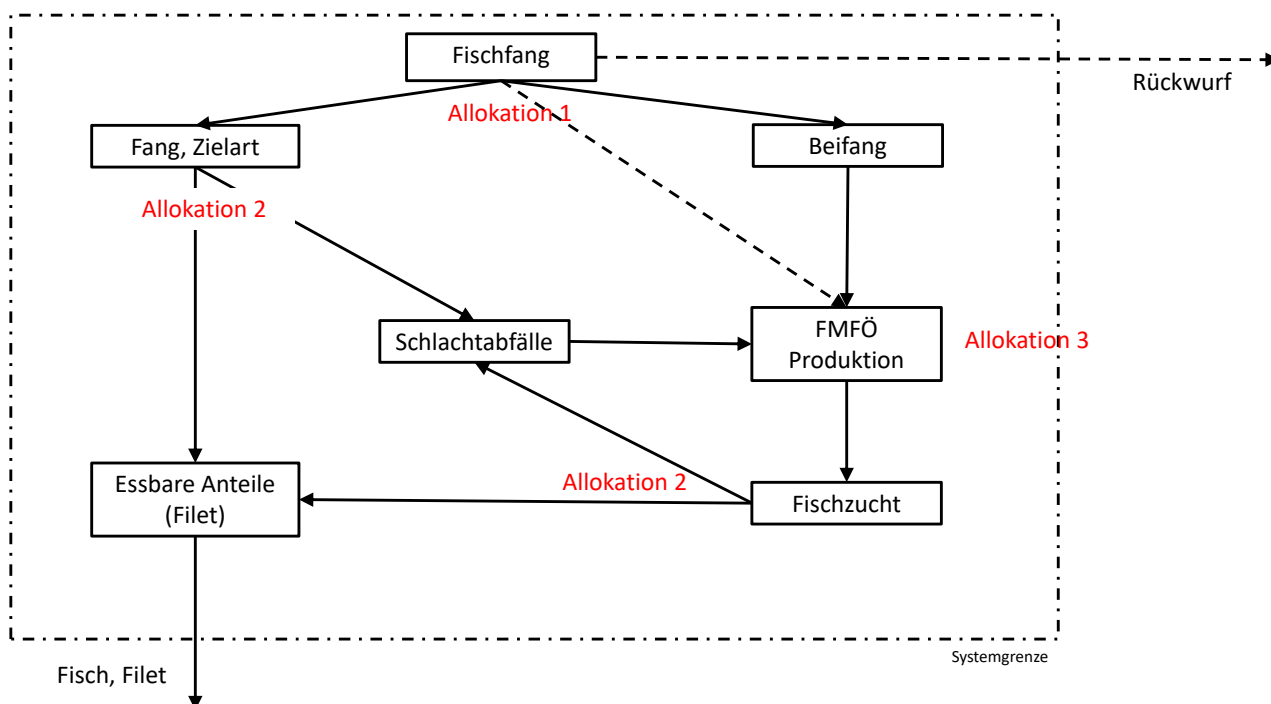
Das Verhältnis «Fish In Fish Out» (FIFO) ist eine Grösse, um die Effizienz von Aquakulturen zu beurteilen. Das FIFO-Verhältnis gibt an, wieviel Futtermittel aus Wildfisch eingesetzt wird, und ist eine zentrale Messgrösse zur Beurteilung der Umweltintensität der Fischzucht (Kok et al., 2020). Das FIFO-Verhältnis hängt ab von der gezüchteten Fischart. Für Tilapiazucht beträgt das FIFO-Verhältnis 0.15, für Lachszucht liegt das FIFO Verhältnis bei 0.82<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> <https://www.globalseafood.org/advocate/aquaculture-input-efficiency-fifo/> (Zugriff 04.03.2022)

## 3.2 ALLOKATION BEI FISCHFANG UND FISCHZUCHT

### 3.2.1 Allgemein

Durch die Kopplung der Wertschöpfungsketten von Speisefisch, Fischmehl und Fischöl ist eine Allokation zwischen den Umweltauswirkungen von Fisch für den menschlichen Verzehr und den Nebenprodukten nötig. Falls beim Fischfang nicht nur die Zielart, sondern auch andere Arten gefangen werden (Beifang), ist ebenfalls eine Allokation zwischen der Zielart und dem Beifang nötig. Die Bedeutung des Beifangs variiert in Abhängigkeit der Fischart und des Fanggebiets. Bei Beständen wie der peruanischen Sardelle im Südpazifik ist der Beifang von untergeordneter Bedeutung, im Falle der europäischen Sardelle im Nordostatlantik hingegen kann der Beifang die Fangmenge der Zielart überschreiten (Avadí & Vázquez-Rowe, 2019; ecoinvent Centre, 2021). Abbildung 3 zeigt eine schematische Übersicht zu den verbundenen Wertschöpfungsketten von Fischfang, Fischmehl und -öl (FMFÖ) Produktion und Fischzucht sowie die nötigen Allokationen, welche in den nachfolgenden Unterkapiteln beschrieben sind.



**Abbildung 3 Schematische Übersicht zu verbundenen Wertschöpfungsketten von Fischfang, Fischmehl und -öl (FMFÖ) Produktion und Fischzucht sowie den nötigen Allokationen bei den unterschiedlichen Prozessen**

Ruiz-Salmón et al. (2021) haben in einer Metastudie zu Ökobilanzen von Fischfang und verarbeiteten Fischereiprodukten die methodischen Ansätze von 60 unterschiedlichen Ökobilanzstudien verglichen. Gemäss dieser Metastudie war in den meisten Studien eine Allokation nötig, vor allem wenn neben der

Zielart auch noch weitere Fischarten gefangen werden (Beifang). Für die Berücksichtigung von Beifang ist keine Systemerweiterung zur Vermeidung der Allokation möglich, da Fischerei niemals gezielt auf Beifang ausgerichtet ist.

### 3.2.2 Rückwurf

Bei Rückwurf werden die Umweltauswirkungen durch den Beifang vollständig der Zielart angerechnet, da der zurückgeworfene Fisch nicht weiter genutzt wird.

### 3.2.3 Wirtschaftlich genutzter Beifang (Allokation 1)

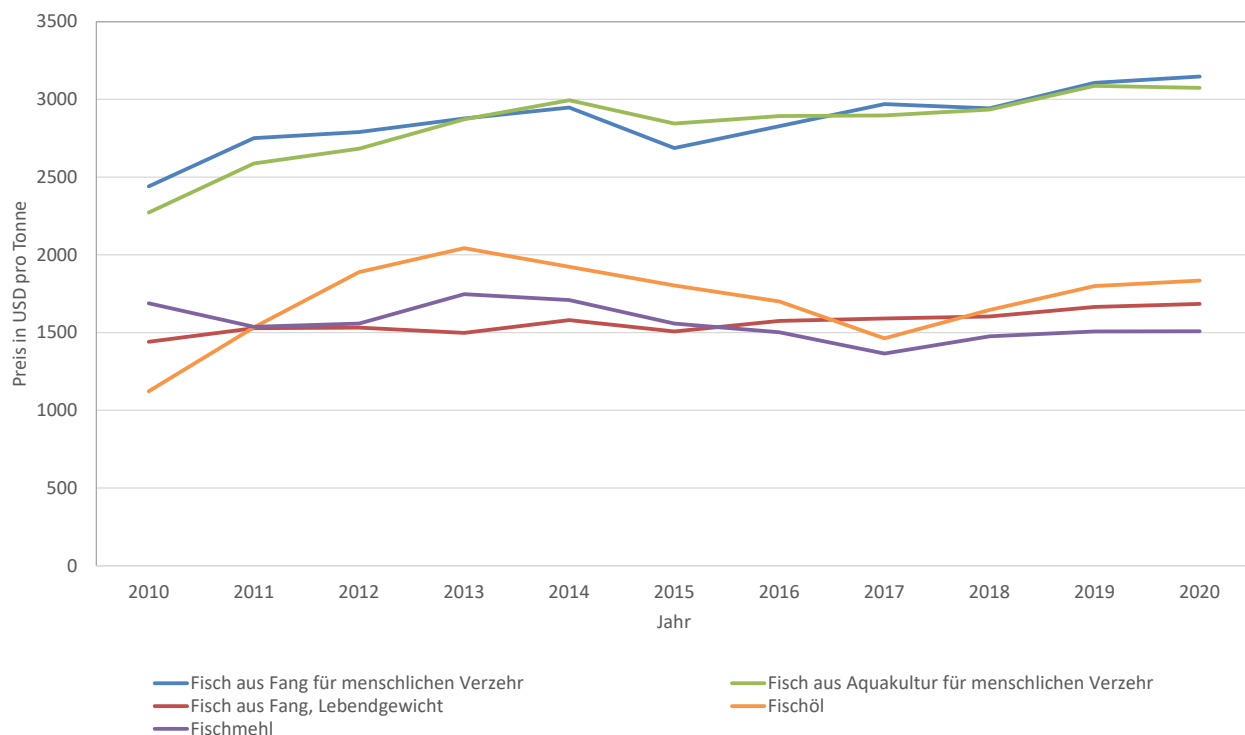
Eine Allokation zwischen Fang und Beifang kann entweder nach Masse, Energiegehalt oder ökonomischem Wert vorgenommen werden (Ruiz-Salmón et al., 2021). In den meisten der in der Metastudie untersuchten Ökobilanzen erfolgt die Allokation nach Masse, um die Umweltauswirkungen zwischen Fang und Beifang aufzuteilen, obwohl die Allokation nach Masse nach Aussage von mehreren Autoren willkürlich und ungerechtfertigt ist (Ruiz-Salmón et al., 2021). Die ökonomische Allokation wird im Allgemeinen als der vernünftiger und gesellschaftlich relevantere Ansatz betrachtet (Ayer et al., 2007). Eine Schwierigkeit bei der Allokation zwischen Fang und Beifang ist die grosse Spannweite der Preise für den Beifang in Abhängigkeit der Fischart und der Beifangrate.

Beifangmengen und die Artenzusammensetzung des Beifangs müssen für die individuellen Fischfangdatensätze auf Sachbilanzebene erfasst werden. Die GLOBEFISH Datenbank<sup>4</sup> der Ernährungs- und Landwirtschaftsorganisation der Vereinten Nationen (englisch Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO) enthält Preisinformationen zu unterschiedlichen Fischarten. Mit diesen Preisinformationen ist eine ökonomische Allokation zwischen Zielart und kommerziell genutztem Beifang möglich.

Falls der Beifang für die FMFÖ Produktion verwendet wird, ist eine Allokation mit dem Preisverhältnis von 4:1 zwischen Fang und Beifang empfohlen. Diese Annäherung basiert auf dem Preisverhältnis von Fisch aus Fang, Lebendgewicht und FMFÖ nach OECD/FAO (2018). Der Preis pro Tonne liegt für Fisch aus Wildfang (Lebendgewicht) sowie für Fischmehl und Fischöl in ähnlicher Höhe bei etwa 1500 USD pro Tonne (siehe Abbildung 4). Für die Herstellung von einer Tonne Fischmehl und Fischöl werden aber zwischen 4 und 6 Tonnen Fisch, Lebendgewicht, benötigt.

---

<sup>4</sup> <https://www.fao.org/in-action/globefish/prices/en/> (Zugriff 04.03.2022)



**Abbildung 4 Preisentwicklung für Fisch aus Fang und Fisch aus Aquakultur für den menschlichen Verzehr sowie Fang, Lebendgewicht, Fischöl und Fischmehl (OECD/FAO, 2018)**

### 3.2.4 Essbare Anteile (Allokation 2)

Die Allokation zwischen essbaren Anteilen und Schlachtabfällen kann ebenfalls nach Masse, Energiegehalt oder ökonomischem Wert vorgenommen werden. Aufgrund starker Preisunterschiede zwischen essbaren Anteilen und Schlachtabfällen ist eine Allokation nach Masse in diesem Fall nicht sinnvoll und die Allokation nach ökonomischem Wert ist vorzuziehen. Zu den essbaren Anteilen sowie den unterschiedlichen Fischarten sind Preisinformationen verfügbar. Preisinformationen zu Schlachtabfällen sind aber nicht verfügbar. Die Ausweitung der Fischverarbeitung hat zu steigenden Mengen an Nebenprodukten geführt, die bis zu 70 % des verarbeiteten Fisches ausmachen können. Die Nebenprodukte bestehen in der Regel aus Köpfen Eingeweiden, Haut, Gräten und Schuppen. Die Allokation zwischen essbaren Anteilen und Schlachtabfällen ist bedeutend, da ein wachsender Anteil von FMFÖ (schätzungsweise 25 bis 35 %) aus den Nebenprodukten der Fischverarbeitung gewonnen wird, die früher oft weggeworfen, als Direktfutter, in Silage oder als Düngemittel verwendet wurden (FAO, 2020b).

Die Aufteilung in essbare Anteile und Schlachtabfälle hängt stark von der Fischart ab. Tabelle 9 zeigt eine Übersicht der essbaren Anteile und Schlachtabfälle für unterschiedliche Fischarten nach dem Handbook für Fisheries Statistics (FAO, 1992). Die essbaren Anteile variieren für die ausgewählten



## Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren

Fischarten zwischen 26 und 52 %. Aufgrund der hohen Variation der essbaren Anteile ist eine individuelle Allokation in Abhängigkeit der Fischart nötig. Im Durchschnitt entsprechen die essbaren Anteile etwa 38 % des Lebendgewichts.

**Tabelle 9 Aufteilung von essbaren Anteilen und Schlachtabfällen für unterschiedliche Fischarten nach Handbook für Fisheries Statistics (FAO, 1992)**

Fischart	Umrechnungsfaktor essbare Anteile	Essbare Anteile in Prozent	Schlachtabfälle
Plattfische	2.61	38 %	62 %
Hering	2.17	46 %	54 %
Kabeljau	3.23	31 %	69 %
Makrele	2.60	38 %	62 %
Schellfisch	2.91	34 %	66 %
Rotbarsch	3.11	32 %	68 %
Köhler	2.55	39 %	61 %
Hecht	2.90	34 %	66 %
Alaska Pollack	3.78	26 %	74 %
Lachs	2.00	50 %	50 %
Thunfisch	1.92	52 %	48 %
Wels	3.55	28 %	72 %
Durchschnitt	2.78	38 %	62 %

Unter Einbezug des Preisverhältnisses zwischen Fisch aus Fang oder Aquakultur für den menschlichen Verzehr (Preis 3000 USD pro Tonne) und FMFÖ (1500 USD pro Tonne) aus Abbildung 4 sowie der benötigten Menge von Schlachtabfällen für die Produktion von FMFÖ von 4 Tonnen Schlachtabfällen pro Tonne FMFÖ resultiert ein Preisverhältnis von 8 zu 1 für essbare Anteile zu Schlachtabfällen. Unter Einbezug des Durchschnitts der essbaren Anteile von 38 % (siehe Tabelle 9) resultieren Allokationsfaktoren von 0.83 und 0.17 für die essbaren Anteile und die Schlachtabfälle. Die Berechnung der Allokationsfaktoren ist in Tabelle 10 dargestellt.

**Tabelle 10 Empfehlung für die Allokation zwischen essbaren Anteilen und Schlachtabfällen bei Fehlen von spezifischen Daten**

	Masse in Tonnen	Massenanteil	Preisverhältnis	Ertrag	Allokationsfaktor
Fisch, Lebendgewicht	1.00	100 %			
Essbare Anteile	0.38	38 %	8	3.04	0.83
Schlachtabfälle	0.62	62 %	1	0.62	0.17
Total	1.00	100 %		3.66	1

### 3.2.5 Fischmehl und Fischöl (FMFÖ, Allokation 3)

Die Produktion von FMFÖ ist ein Koppelproduktions-Prozess, welcher eine Allokation zwischen den Koppelprodukten Fischmehl und Fischöl benötigt. Die Preise pro Tonne Fischmehl und Fischöl sind

## Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren

vergleichbar mit 1500 und 1800 USD pro Tonne (siehe Abbildung 4). Für die Allokation wird entsprechend ein Preisverhältnis von 1:1 zwischen Fischmehl und Fischöl empfohlen. Die Massenanteile von Fischmehl und Fischöl sind unterschiedlich und müssen bei der Allokation berücksichtigt werden. Aus 4 Tonnen Fisch, Lebendgewicht (peruanische Sardelle), werden 1 Tonne Fischmehl und 210 kg Fischöl produziert (Avadí & Vázquez-Rowe, 2019;ecoinvent Centre, 2021). Tabelle 11 zeigt eine allgemeine Empfehlung für die Allokation zwischen Fischmehl und Fischöl mit einem Preisverhältnis von 1:1.

**Tabelle 11 Allgemeine Empfehlung für die Allokation zwischen Fischmehl und Fischöl**

	Masse in Tonnen	Massenanteil	Preisverhältnis	Ertrag	Allokationsfaktor
Fisch, Lebendgewicht	4.21				
Fischmehl	1.00	83 %	1	0.83	0.83
Fischöl	0.21	17 %	1	0.17	0.17
Total	1.21	100 %		1.00	1

### 3.3 ANWENDUNGSANWEISUNG FÜR DIE ÖKOFAKTOREN

#### 3.3.1 Allgemein

Die Ökofaktoren mariner Fischressourcen gelten für Fisch aus Wildfang und können nicht direkt für Zuchtfische angewendet werden. Wenn Zuchtfische mit Fischmehl oder Fischöl gefüttert werden, muss die Anwendung der Ökofaktoren der für die Produktion des Fischfutters eingesetzten marinen Fischressourcen sichergestellt werden. Zur Anwendung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen in Ökobilanzsoftware müssen in der Sachbilanz neue art- und wenn möglich Fangregion-spezifische Elementarflüsse für marine Fischressourcen eingeführt werden (z.B. «Fish, anchoveta (=peruvian anchovy), engraulis ringens, pacific, southeast, in ocean»). Die Einheit dieser Elementarflüsse ist Kilogramm Lebendgewicht. Eine umfassende Liste aller Charakterisierungs- und Ökofaktoren für die unterschiedlichen Fangregionen, Fischarten sowie ISSCAAP Gruppen und Divisionen inklusive einer Empfehlung für die entsprechenden Elementarflüsse ist im elektronischen Anhang<sup>5</sup> als Excel angefügt.

Falls nur die Fischart bekannt ist und nicht die Fangregion, gibt es durchschnittliche Ökofaktoren für jede Fischart (siehe Tabelle 5), welche für die verschiedenen Fischarten ohne Berücksichtigung der Fangregion verwendet werden können. Zusätzlich wurden durchschnittliche Ökofaktoren hergeleitet auf der Ebene von ISSCAAP Gruppen und Divisionen. Diese können herangezogen werden, falls die konkrete Fischart nicht bekannt ist oder falls nur sehr generische Informationen zu den verwendeten

<sup>5</sup> Elektronischer Anhang: [DOI:10.21256/zhaw-24769](https://doi.org/10.21256/zhaw-24769)

Fischprodukten wie z.B. in Handelsstatistiken verfügbar sind. Diese aggregierten Ökofaktoren weisen eine hohe Unsicherheit auf.

### 3.3.2 Rückwurf

Zur Bewertung des Rückwurfs der Fischerei muss dieser auf Sachbilanzebene systematisch erfasst werden. Wenn die Menge und Artenzusammensetzung des Rückwurfs bekannt sind, können die artenspezifischen Ökofaktoren zur Bewertung des Rückwurfs verwendet werden. Die vorgeschlagenen Ökofaktoren erlauben eine differenzierte Bewertung von mehr als 1'000 Fischarten in unterschiedlichen Fangregionen.

### 3.3.3 Beifang

Zur Bewertung des Beifangs muss dieser auf Sachbilanzebene systematisch erfasst und mit Allokationsfaktoren (siehe Kapitel 3.2) verknüpft werden. Wenn die Menge und Artenzusammensetzung des Beifangs bekannt sind, können die artenspezifischen Ökofaktoren zur Bewertung des Beifangs verwendet werden. Die vorgeschlagenen Ökofaktoren erlauben eine differenzierte Bewertung von mehr als 1'000 Fischarten in unterschiedlichen Fangregionen.

### 3.3.4 Essbare Anteile

Da die Ökofaktoren sich auf das Lebendgewicht der unterschiedlichen Fischarten beziehen, können die in Tabelle 5 aufgeführten Ökofaktoren nicht direkt auf die an Konsumentinnen und Konsumenten verkaufte beziehungsweise servierte Menge Fisch aus Wildfang angewendet werden. Als Annäherung können die Ökofaktoren bezogen auf das Lebendgewicht für die Anwendung auf das Produktgewicht mit dem Faktor 2.18 multipliziert werden. Dieser Umrechnungsfaktor resultiert aus dem essbaren Anteil von 38 % am gesamten Lebendgewicht nach USDA (1992) sowie dem Preisverhältnis von 8:1 zwischen essbaren Anteilen und Schlachtabfällen (siehe Tabelle 10 Seite 20). Für eine genauere Umrechnung enthält der Annex I.1 des Handbook für Fisheries Statistics (FAO, 1992)<sup>6</sup> eine detaillierte Zusammenstellung mit Umrechnungsfaktoren von Lebend- zu Produktgewicht für unterschiedliche Fischarten und Krustentiere sowie verschiedene Verarbeitungsstufen und Konservierungsmethoden.

### 3.3.5 Fischmehl und Fischöl

Aquakultur trägt durch die Nutzung von Fischmehl und Fischöl als Futtermittel zur Umweltauswirkung der Überfischung bei. Fischmehl und -öl können aus Schlachtabfällen der Fischverarbeitung oder auch

---

<sup>6</sup> <http://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/capture-fisheries-statistics/conversion-factors/en/> (accessed 16.02.2021)

aus Wildfang hergestellt werden. Für eine korrekte Bewertung mit den Ökofaktoren für marine Ökofaktoren ist es erforderlich, die Herkunft und Artenzusammensetzung in der Sachbilanz von Fischmehl und -öl abzubilden. Falls die Artenzusammensetzung der für die Produktion von Fischmehl und -öl verwendeten Fische nicht bekannt ist, kann entweder der Ökofaktor für die ISSCAAP Division mariner Fisch oder der Ökofaktor für die Leitfischressource peruanische Sardelle (meistgefischte Fischart, hauptsächlich zur Herstellung von Fischmehl und -öl) verwendet werden. Tabelle 12 zeigt die benötigte Menge an Fisch als Lebendgewicht für die Herstellung eines Kilogramms Fischmehl oder -öl nach den Sachbilanzmodellen in der ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre, 2019). Daraus resultiert eine Umweltbelastung für die marinen Fischressourcen in Fischmehl aus peruanischer Sardelle und marinem Fisch zwischen 3'500 und 32'600 Umweltbelastungspunkten pro Kilogramm sowie eine Umweltbelastung für marine Fischressourcen für Fischöl aus peruanischer Sardelle und marinem Fisch zwischen 3'400 und 31'600 Umweltbelastungspunkten pro Kilogramm.

## Empfehlungen zur Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren

**Tabelle 12 Sachbilanz und Beitrag von Fischressourcen zur Gesamtumweltbelastung von Fischmehl und -öl aus oft verwendeten Fischarten aufbauend auf Sachbilanzmodellen für Fischmehl und -öl aus ecoinvent (ecoinvent Centre, 2019)**

Sachbilanz	Produkt	Einheit	Fisch, Lebendgewicht	
	Fischmehl	kg	3.50	
	Fischöl	kg	3.40	
Beitrag Fischressourcen zur Gesamtumweltbelastung von Fischmehl und -öl				
	Fischart	Einheit	Umweltbelastung	Anteil Weltproduktion
Fisch, Lebendgewicht	Peruanische Sardelle	UBP pro kg	1'000	
	Pazifische Sardine	UBP pro kg	35	
	Chilenische Bastardmakrele	UBP pro kg	3'400	
	Menhaden	UBP pro kg	2'700	
	Atlantischer Hering	UBP pro kg	1'300	
	Blaue Wittling	UBP pro kg	1'900	
	Lodde	UBP pro kg	4'200	
	Mariner Fisch	UBP pro kg	9'300	
Fischmehl	Peruanische Sardelle	UBP pro kg	3'500	28.9%
	Pazifische Sardine	UBP pro kg	120	3.7%
	Chilenische Bastardmakrele	UBP pro kg	12'000	3.4%
	Menhaden	UBP pro kg	9'600	2.5%
	Atlantischer Hering	UBP pro kg	4'500	2.3%
	Blaue Wittling	UBP pro kg	6'600	2.0%
	Lodde	UBP pro kg	15'000	0.9%
	Mariner Fisch	UBP pro kg	32'600	
Fischöl	Peruanische Sardelle	UBP pro kg	3'400	28.9%
	Pazifische Sardine	UBP pro kg	120	3.7%
	Chilenische Bastardmakrele	UBP pro kg	11'000	3.4%
	Menhaden	UBP pro kg	9'300	2.5%
	Atlantischer Hering	UBP pro kg	4'400	2.3%
	Blaue Wittling	UBP pro kg	6'400	2.0%
	Lodde	UBP pro kg	14'000	0.9%
	Mariner Fisch	UBP pro kg	31'600	

Unter Einbezug der Anteile der Weltproduktion von FMFÖ aus Tabelle 8 und dem wachsenden Anteil von FMFÖ (schätzungsweise 30 %) aus den Nebenprodukten der Fischverarbeitung (FAO, 2020b) sowie der Allokation zwischen essbarem Anteil und Nebenprodukten aus Tabelle 10 resultiert eine durchschnittliche Umweltbelastung aus Fischressourcen von 4'950 UBP pro kg Fischmehl und 4'810 UBP pro kg Fischöl.

# 4 ERGEBNISSE UND DISKUSSION

In diesem Kapitel werden die Ökofaktoren für marine Fischressourcen gemäss der Herleitung in Kapitel 2 sowie den in Kapitel 3 beschriebenen Empfehlungen für die Sachbilanzmodellierung und Anwendung der Ökofaktoren angewendet auf verschiedene Fischarten zum Vergleich mit Fleischprodukten (Abschnitt 4.1), zur Bewertung von Rückwurf (Abschnitt 4.2), zur Bewertung von Zuchtfisch im Vergleich zu Wildfang (Abschnitt 4.3) und zum Vergleich von kompletten Menüs (Abschnitt 4.4). Zusätzlich werden im Abschnitt 4.5 die Umweltauswirkungen der Nutzung von marinen Fischressourcen durch die Fischerei diskutiert, welche mit dem in Kapitel 2 beschriebenen Ansatz nicht berücksichtigt werden.

## 4.1 VERGLEICH VON FISCH- UND FLEISCHPRODUKTEN

Mit dem hier beschriebenen Ansatz hat der Gelbflossen Thunfisch einen Ökofaktor zwischen 7'300 bis 18'000 UBP pro kg Lebendgewicht je nach Fangregion. Dies entspricht zwischen 16'000 und 39'000 UBP pro kg Produktgewicht und ist in einer vergleichbaren Grössenordnung wie die Gesamtumweltbelastung pro kg Fleisch (18'000 bis 68'000 UBP). Gelbflossen Thunfisch ist auf der roten Liste für nicht nachhaltigen Fang nach Greenpeace International<sup>7</sup> sowie auf der Liste der bedrohten Arten nach der International Union for Conservation of Nature (IUCN)<sup>8</sup>.

Durch die Anwendung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen auf die Fischressourcen an sich sowie auf den Rückwurf erhöht sich die Gesamtumweltbelastung pro kg Fisch deutlich. Abbildung 5 zeigt den Vergleich der Gesamtumweltbelastung in UBP von Fleisch- und Fischprodukten für die 10 meistgefishten Arten im Jahr 2015 nach den Fangstatistiken der FAO (FAO, 2020a). Die Gesamtumweltbelastung von Fischprodukten ist aufgeteilt in die Beiträge von Fischfang (Produktion), Überfischung durch Rückwurf sowie Überfischung durch Fischart (Zielart). Für die Berechnung der Gesamtumweltbelastung des Fischfangs werden generische Datensätze für Fischfang aus der ecoinvent Datenbank (ecoinvent Centre, 2019) verwendet.

Die Gesamtumweltbelastung des Rückwurfs berechnet sich aus durchschnittlichen Rückwurf-Quoten für unterschiedliche ISSCAAP Gruppen nach Pérez-Roda (2019) multipliziert mit dem generischen Ökofaktor für die ISSCAAP Division marinen Fisch. Mit den in diesem Bericht hergeleiteten Ökofaktoren für marine Fischressourcen ist auch eine detaillierte Bewertung des Rückwurfs mit artenspezifischen Ökofaktoren möglich, aber die Artenzusammensetzung des Rückwurfs wird derzeit in den Statistiken

---

<sup>7</sup> <https://www.greenpeace.org/usa/oceans/sustainable-seafood/red-list-fish/> (accessed 09.10.2020)

<sup>8</sup> <https://www.iucnredlist.org/search?query=Yellowfin%20Tuna&searchType=species> (accessed 09.10.2020)

## Ergebnisse und Diskussion

der FAO noch nicht erfasst, weshalb der generische Ökofaktor für die ISSCAAP Division mariner Fisch als Annäherung verwendet wurde.

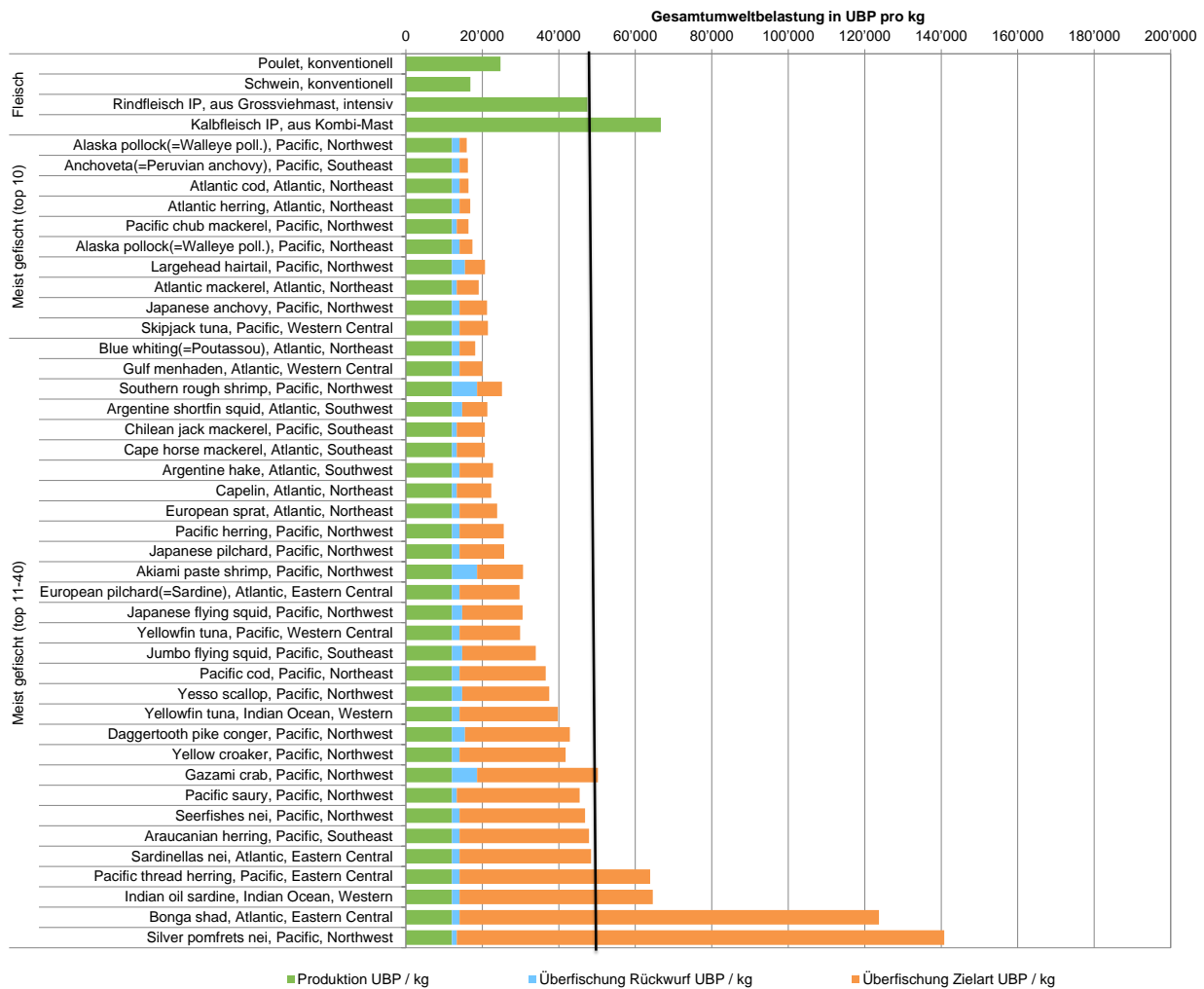
Der Anstieg der Gesamtumweltbelastung unter Berücksichtigung des zusätzlichen Beitrags der Ökofaktoren für marine Fischressourcen angewendet auf die Fischressource an sich sowie den Rückwurf beträgt für die 10 meistgefishchten Fischarten zwischen 30 und 70 %. Für diese Fischarten ist die Gesamtumweltbelastung auch mit der Berücksichtigung von Überfischung durch Rückwurf sowie Überfischung durch Zielart immer noch deutlich tiefer als die Gesamtumweltbelastung von Rind- und Kalbfleisch.



**Abbildung 5 Anwendung der Ökofaktoren nach Methode der ökologischen Knappheit 2021 (BAFU, 2021) für die 10 meistgefishchten Arten basierend auf den Fangmengen nach FAO im Jahr 2015 angewendet auf Produktgewicht im Vergleich zu Fleisch aufgeteilt in die Beiträge von Produktion (Fischfang), Überfischung durch Rückwurf und Überfischung durch Zielart (Fischart).**

Wird der Vergleich von Fisch- und Fleischprodukten erweitert auf die 40 meistgefishchten Arten im Jahr 2015 nach den Fangstatistiken der FAO (FAO, 2020a), ist die berechnete Gesamtumweltbelastung in UBP für 36 der 40 meistgefishchten Fischarten nach Fangstatistik der FAO tiefer als der UBP Wert von einem kg Rindfleisch. Der Beitrag der Überfischung zur Gesamtumweltbelastung variiert zwischen 1'800 und 130'000 UBP. Für 2 der 40 meistgefishchten Fischarten, Bonga Shad (*Ethmalosa fimbriata*) und Silver Pomfret (*Pampus spp*), ist der Beitrag der Ökofaktoren für Überfischung der Zielart höher als 100'000 UBP pro kg Fischfilet.

## Ergebnisse und Diskussion

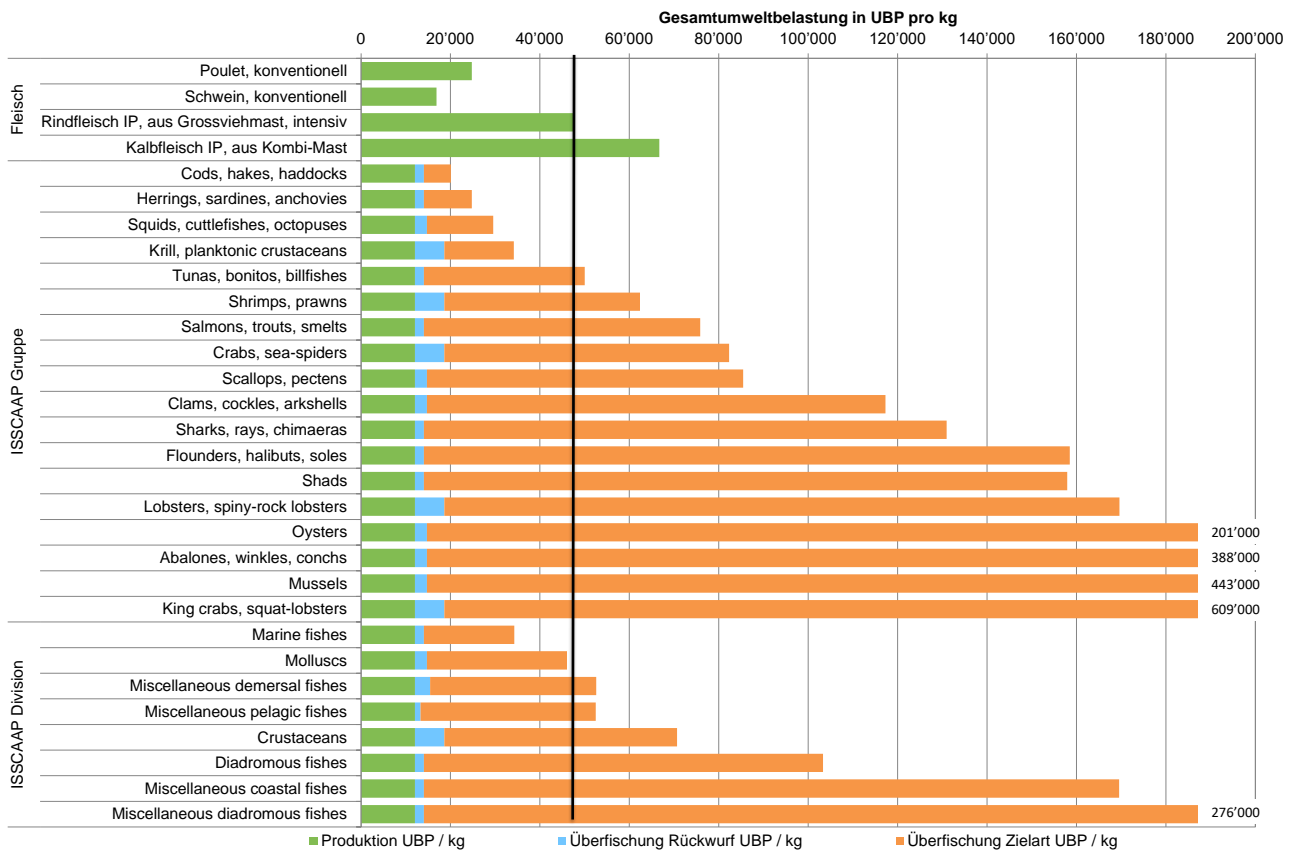


**Abbildung 6 Anwendung der Ökofaktoren nach Methode der ökologischen Knappheit 2021 (BAFU, 2021) für die 40 meistgefishten Arten basierend auf den Fangmengen nach FAO im Jahr 2015 angewendet auf Produktgewicht im Vergleich zu Fleisch aufgeteilt in die Beiträge von Produktion (Fischfang), Überfischung durch Rückwurf und Überfischung durch Zielart (Fischart).**

Neben den arten- und Fangregion-spezifischen Ökofaktoren wurden ebenfalls aggregierte Ökofaktoren für ISSCAAP Gruppen und Divisionen hergeleitet, welche in Abbildung 7 dargestellt sind. Die Ökofaktoren sind für 14 der 18 ISSCAAP Gruppen vergleichbar oder höher als Rindfleisch. Im Falle des ISSCAAP Divisionen resultiert für 6 der 8 ISSCAAP Divisionen eine höhere Gesamtumweltbelastung als für Rindfleisch. Bei der Aggregation der Ökofaktoren für die ISSCAAP Gruppen und Divisionen werden auch viele kleine Bestände berücksichtigt, für welche mit dem vorgeschlagenen Charakterisierungsmodell sehr hohe Ökofaktoren resultieren, auch wenn diese nicht intensiv gefischt werden. Diese führt dazu, dass die Ökofaktoren für ISSCAAP Gruppen und Divisionen unsicher sind und nur herangezogen werden sollten, falls keine genaueren Informationen zur Fischart und der Fangregion zur Verfügung stehen.



## Ergebnisse und Diskussion



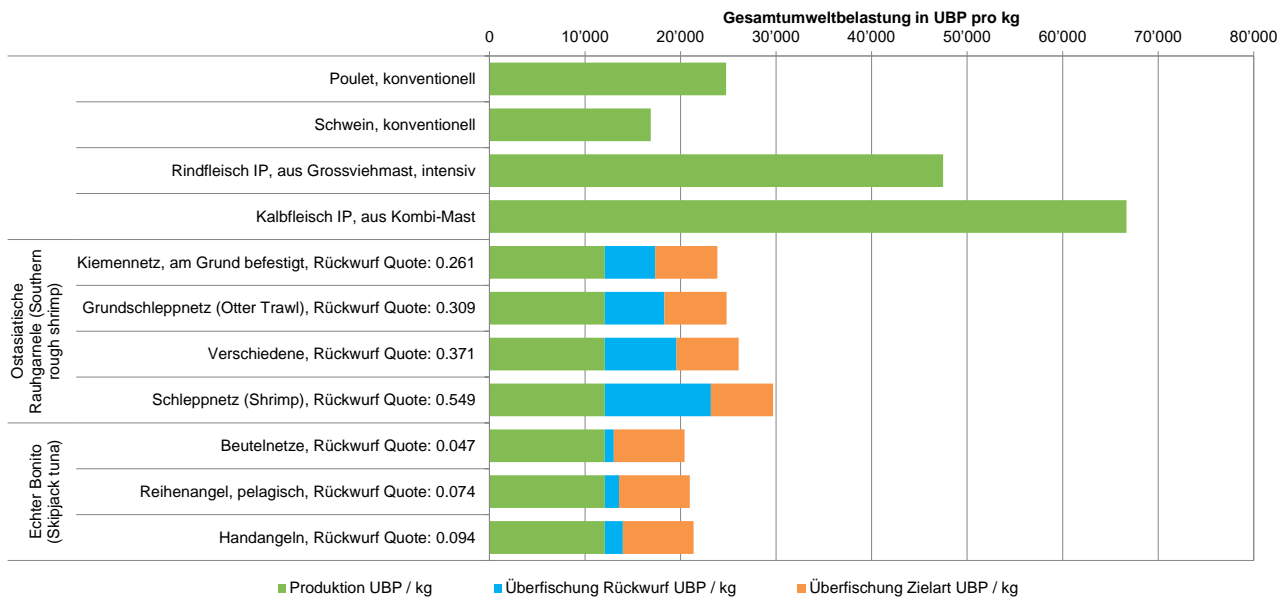
**Abbildung 7 Anwendung der Ökofaktoren nach Methode der ökologischen Knappheit 2021 (BAFU, 2021) für die ISSCAAP Gruppen und Divisionen angewendet auf Produktgewicht im Vergleich zu Fleisch aufgeteilt in die Beiträge von Produktion (Fischfang), Überfischung durch Rückwurf und Überfischung durch Zielart (Fischart).**

### 4.2 BEWERTUNG VON RÜCKWURF

Wie in Abschnitt 3.3.2 beschrieben können die Ökofaktoren für marine Fischressourcen ebenfalls zur Bewertung des Rückwurfs herangezogen werden, falls die Artenzusammensetzung des Rückwurfs bekannt ist. Derzeit sind aber nur generische Informationen zu den Rückwurf-Quoten für unterschiedliche Fangmethoden auf Ebene der ISSCAAP Gruppe oder Division verfügbar (Pérez Roda et al., 2019). Abbildung 8 zeigt beispielhaft den Beitrag von Rückwurf für die Fangmethoden (1) Kiemennetz, (2) Grundsleppnetz, (3) Schleppnetz, (4) Beutelnetz, (5) Reihenangeln und (6) Handangeln für ausgewählte Fischarten. Exemplarisch wird hier der Beitrag des Rückwurfs für die ostasiatische Rauhgarnele (Southern Rough Shrimp, hohe Rückwurf-Quote) und den echten Bonito (Skipjack Tuna, tiefe Rückwurf Quote) dargestellt. Da die Artenzusammensetzung des Rückwurfs nicht bekannt ist, wurde für die Bewertung des Rückwurfs der aggregierte Ökofaktor für die ISSCAAP Division

## Ergebnisse und Diskussion

«Marine Fish» verwendet. Die Ergebnisse zeigen, dass die Umweltauswirkungen durch den Rückwurf (Beifang), die Umweltauswirkungen durch den Beitrag der Zielart sogar übersteigen können.



**Abbildung 8 Anwendung der Ökofaktoren nach Methode der ökologischen Knappheit 2021 (BAFU, 2021) unter Berücksichtigung von unterschiedlichen Rückwurfquoten in Abhängigkeit der Fangmethode für echten Bonito (Skipjack Tuna, tiefe Rückwurf-Quote) und ostasiatische Rauhgarnele (Southern Rough Shrimp, hohe Rückwurf-Quote)**

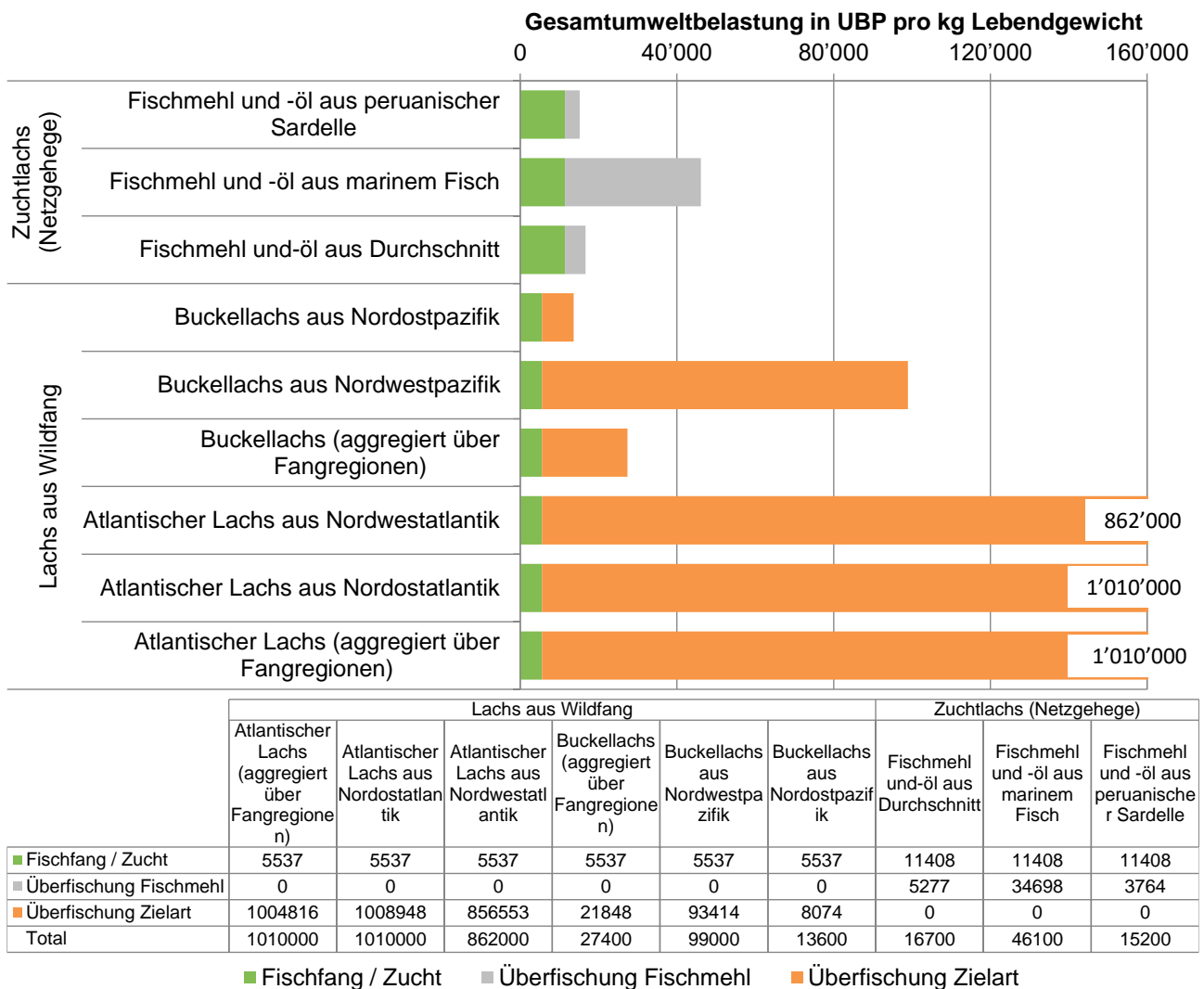
### 4.3 ZUCHTFISCH UND WILDFANG

Die Berücksichtigung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen führt zu grossen Unterschieden zwischen Zuchtfisch und Wildfang. Abbildung 9 zeigt den Vergleich von gezüchtetem Lachs in Netzgehegen sowie atlantischem und pazifischem Lachs aus Wildfang. Ohne Einbezug der Ökofaktoren für marine Fischressourcen ist die Umweltbelastung der Fischzucht etwa doppelt so hoch wie die Umweltbelastung von Wildfang. Werden die Ökofaktoren für marine Fischressourcen auf das für die Zucht benötigte Fischmehl und -öl angewendet, dann erhöht sich die Gesamtumweltbelastung von Zucht um 10 % für Fischmehl und -öl aus peruanischer Sardelle bzw. verdoppelt sich für Fischmehl und -öl aus marinem Fisch (ISCAAP).

Der Beitrag von Fischfang bzw. Fischzucht (grüne Balken) beinhaltet die benötigten Schiffe und deren Treibstoffverbrauch sowie die Netzgehege, Futtermittel und Emissionen im Falle von Zuchtfischt aus mariner Zucht. Beim Wildfang dominiert der Treibstoffverbrauch die Umweltauswirkungen, beim Zuchtfisch dominieren die eutrophierenden Emissionen aus der Zucht im Netzgehege sowie die Futtermittelproduktion und der Treibstoffverbrauch.

## Ergebnisse und Diskussion

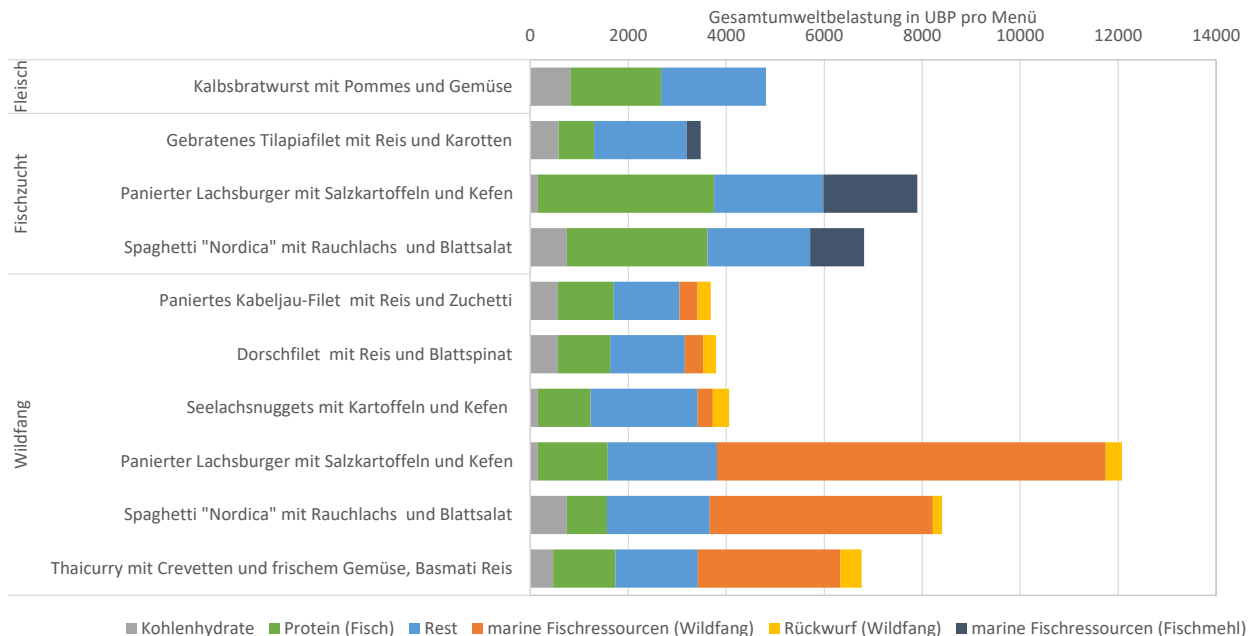
Bei Lachs aus Wildfang spielen die Fischart sowie die Fangregion eine zentrale Rolle für die Umweltbelastung unter Berücksichtigung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen. In Abhängigkeit der Fischart und Fangregion führt die Bewertung der marinen Fischressourcen zu einem drastischen Anstieg der Gesamtumweltbelastung. Beispielsweise ist der Beitrag für die Überfischung von atlantischem Lachs im Nordost- und Nordwestatlantik mehr als 150-mal höher als die restliche Umweltbelastung des Fischfangs (Produktion).



**Abbildung 9 Vergleich der Gesamtumweltbelastung nach der Methode der ökologischen Knappheit 2021 (BAFU, 2021) von Lachs aus Zucht inklusive Überfischung durch Fischmehl und -öl sowie Buckellachs aus Wildfang aus dem Nordost- und Nordwestpazifik und Atlantischem Lachs aus dem Nordost- und Nordwestpazifik inklusive Überfischung durch Zielart**

#### 4.4 VERGLEICH VON MENÜS

Der Einbezug der Ökofaktoren für marine Fischressourcen hat Auswirkung auf die Gesamtumweltbelastung von ganzen Menüs. In Abbildung 10 werden unterschiedliche Menüs mit Fisch aus Zucht und Fisch aus Wildfang mit einem klassischen Fleischmenü (Kalbsbratwurst mit Pommes und Gemüse) verglichen. Die Berücksichtigung der Ökofaktoren für marine Fischressourcen führt zu einer starken Erhöhung der Gesamtumweltbelastung, falls spezifische Fischarten wie Lachs aus Wildfang oder Shrimps verwendet werden. Für Tilapia wurde eine FIFO Verhältnis von 0.15 angenommen sowie 1.329 kg Fischfutter pro kg Tilapia. Für die Lachszucht beträgt das FIFO Verhältnis 0.82 mit 1.3 kg Fischfutter pro kg Lachs. Für Fischmehl wurde die in Abschnitt 3.3.5 hergeleitete Umweltbelastung pro kg Fischmehl von 4'950 UBP pro kg verwendet.



**Abbildung 10 Gesamtumweltbelastung nach Methode der ökologischen Knappheit pro Menü aufgeteilt in die Beiträge von Kohlenhydraten, Protein, restliche Menükomponenten sowie marine Fischressourcen (Wildfang) und marine Fischressourcen durch verwendetes Fischmehl in der Fischzucht**

#### 4.5 NICHT BERÜCKSICHTIGTE UMWELTAUSWIRKUNGEN

Die Ökofaktoren zur Überfischung fokussieren auf den vom Menschen induzierten Druck auf die unterschiedlichen marinen Fischressourcen in Abhängigkeit von Fischart und Fischfangregion. Die Ökofaktoren sind unabhängig von der Fangmethode. Die Fangmethode beeinflusst das Resultat indirekt über den entsprechenden Rückwurf. Neben der Rückwurf-Problematik hat die Fangmethode, z.B. mit

## Ergebnisse und Diskussion

---

Grundschieppnetzen, weitere Auswirkungen beispielsweise auf die marine Ökosystemqualität. Diese Wirkung wird durch die Ökofaktoren zur Überfischung nicht wiedergegeben.

Die Umweltauswirkungen von invasiven Arten sowie von Antibiotikaaustrag in Meere durch die Fischzucht in marinen Netzgehegen werden mit den vorgeschlagenen Ökofaktoren nicht berücksichtigt.

### 5 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Der in dieser Studie entwickelte Ansatz zur Herleitung von Ökofaktoren für marine Fischressourcen ermöglicht den Einbezug von Überfischung in die Gesamtumweltbelastung gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2021. Die Studie macht konkrete Empfehlungen zum Umgang mit Allokationen in den Wertschöpfungsketten Fischfang und Fischzucht sowie für eine konsistente Anwendung der Ökofaktoren bei der Sachbilanzmodellierung.

Die Gesamtumweltbelastung von verschiedenen Fischarten mit Einbezug der Ökofaktoren für marine Fischressourcen zeigt, dass der Einbezug der marinen Fischressourcen in die Gesamtumweltbelastung gemäss Methode der ökologischen Knappheit 2021 zu grossen Unterschieden bei der Nutzung von verschiedenen Fischarten aus Wildfang sowie aus der Fischzucht führt. Bei wenig überfischten Beständen wie dem pazifischen Pollack (auch Alaska-Pollack oder Alaska-Seelachs) machen die Fischressourcen nur einen kleinen Teil der Gesamtumweltbelastung aus, wohingegen bei überfischten Beständen wie dem atlantischen Wildlachs die Gesamtumweltbelastung durch die Bewertung der Fischressourcen dominiert wird.

Wird die Gesamtumweltbelastung gemäss der Methode der ökologischen Knappheit 2021 unter Einbezug der Nutzung von marinen Fischressourcen auf den Menüvergleich angewendet, ändert sich im Vergleich von Fisch- und Fleischmenüs sowie vegetarischen Menüs die Reihenfolge der Umweltwirkung grundlegend aufgrund der Zunahme der Gesamtumweltbelastung von Fischmenüs ausgehend vom Beitrag der marinen Fischressourcen.

Mit den hergeleiteten Ökofaktoren lassen sich Fleisch- und Fischmenüs sowie vegetarische oder vegane Menüs und Fischmenüs umfassender vergleichen. Die Anwendung der Ökofaktoren zeigt auf, inwiefern der Konsum von Fischprodukten zur Überfischung der Weltmeere beiträgt und welche Produkte mehr zur Übernutzung der Fischerressourcen beitragen und welche weniger.

## 6 LITERATURVERZEICHNIS

- Avadí, A., & Vázquez-Rowe, I. (2019). *Life Cycle Inventories of Wild Capture and Aquaculture*. Sustainable Recycling Industries (SRI) and ecoinvent association; Zürich.  
[https://red.pucp.edu.pe/ciclodevida/wp-content/uploads/2019/10/IVR\\_ecoinvent\\_sri\\_fish.pdf](https://red.pucp.edu.pe/ciclodevida/wp-content/uploads/2019/10/IVR_ecoinvent_sri_fish.pdf)
- Ayer, N., Tyedmers, P., Pelletier, N., Sonesson, U., & Scholz, A. (2007). *Co-Product Allocation in Life Cycle Assessments of Seafood Production Systems: Review of Problems and Strategies*. Journal Article.
- BAFU. (2021). *Ökofaktoren Schweiz 2021 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz* (Umwelt-Wissen Nr. 2121: 260 S). Bundesamt für Umwelt (BAFU); Bern.
- Cashion, T., Manach, F. L., Zeller, D., & Pauly, D. (2017). Most fish destined for fishmeal production are food-grade fish. *Fish and Fisheries*, 18(5), 837–844. <https://doi.org/10.1111/faf.12209>
- Costello, M. J., Coll, M., Danovaro, R., Halpin, P., Ojaveer, H., & Miloslavich, P. (2010). A Census of Marine Biodiversity Knowledge, Resources, and Future Challenges. *PLoS ONE*, 5(8).  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012110>
- ecoinvent Centre. (2019). *ecoinvent data v3.6*. ecoinvent Centre, the Swiss Centre for Life Cycle Inventories; Zürich. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)
- ecoinvent Centre. (2021). *ecoinvent data v3.8*. ecoinvent Centre, the Swiss Centre for Life Cycle Inventories; Zürich. [www.ecoinvent.org](http://www.ecoinvent.org)
- EUMOFA. (2021). *Fish meal and fish oil - production and trade flows in the EU*. European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA); Luxembourg.  
<https://www.eumofa.eu/market-analysis>
- FAO. (1992). *Conversion factors from product to live weight*. Food and Agriculture Organization (FAO); Rome, Italy. <http://www.fao.org/cwp-on-fishery-statistics/handbook/capture-fisheries-statistics/conversion-factors/en/>

## Inhaltsverzeichnis

---

- FAO. (2017). *Fishery Statistical Collections - Global Capture Production*. Food and Agriculture Organization (FAO); Rome, Italy. <http://www.fao.org/fishery/collection/global-capture-production/en>
- FAO. (2019). *Fishery and Aquaculture Statistics. Global Fisheries commodities production and trade 1976-2017 (FishstatJ)*. Updated 2019. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online; Rome, Italy. [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en)
- FAO. (2020a). *Fishery and Aquaculture Statistics. Global production by production source 1950-2018 (FishstatJ)*. Updated 2020. FAO Fisheries and Aquaculture Department [online; Rome, Italy. [www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en](http://www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstatj/en)
- FAO. (2020b). *The State of World Fisheries and Aquaculture -2020 | FAO | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://doi.org/10.4060/ca9229en>
- Frischknecht, R., Büsser Knöpfel, S., Flury, K., Stucki, M., & Ahmadi, M. (2013). *Ökofaktoren Schweiz 2013 gemäss der Methode der ökologischen Knappheit. Methodische Grundlagen und Anwendung auf die Schweiz*. Bundesamt für Umwelt BAFU; Bern.
- Froese, R., Demirel, N., Coro, G., Kleisner, K. M., & Winker, H. (2017). Estimating fisheries reference points from catch and resilience. *Fish and Fisheries*, 18(3), 506–526. <https://doi.org/10.1111/faf.12190>
- Froese, R., & Pauly, D. (2016). *FishBase. World Wide Web electronic publication*. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)
- Gilman, E., Perez Roda, A., Huntington, T., Kennelly, S. J., Suuronen, P., Chaloupka, M., & Medley, P. a. H. (2020). Benchmarking global fisheries discards. *Scientific Reports*, 10(1), 14017. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-71021-x>
- Hélias, A., Langlois, J., & Fréon, P. (2018). Fisheries in life cycle assessment: Operational factors for biotic resources depletion. *Fish and Fisheries*, 19(6), 951–963. <https://doi.org/10.1111/faf.12299>
- ISO. (2006). *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. ISO 14040:2006*; International Organization for Standardization (ISO); Geneva.



- Kok, B., Malcorps, W., Tlustý, M. F., Eltholth, M. M., Auchterlonie, N. A., Little, D. C., Harmsen, R., Newton, R. W., & Davies, S. J. (2020). Fish as feed: Using economic allocation to quantify the Fish In : Fish Out ratio of major fed aquaculture species. *Aquaculture*, 528, 735474. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735474>
- Langlois, J., Fréon, P., Delgenes, J.-P., Steyer, J.-P., & Hélias, A. (2014). New methods for impact assessment of biotic-resource depletion in life cycle assessment of fisheries: theory and application. *Towards Eco-Efficient Agriculture and Food Systems: Selected Papers from the Life Cycle Assessment (LCA) Food Conference, 2012, in Saint Malo, France, 73*(Journal Article), 63–71. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.087>
- Muir, K., Keller, R., & Stucki, M. (2019). *NOVANIMAL Teilprojekt «Menu Choice»: Ökologische Bewertung von 93 Menüs in zwei Hochschulmensen. Schlussbericht*. ZHAW; Wädenswil.
- OECD/FAO. (2018). *Agricultural Outlook 2018-2027, Chapter 8. Fish and seafood*. Food and Agriculture Organization (FAO) and OECD; Rome. <https://www.oecd-ilibrary.org/>
- Pérez Roda, M. A., Gilman, E., Huntington, T., Kennelly, S. J., Suuronen, P., Chaloupka, M., Medley, P. A. H., & Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2019). *A third assessment of global marine fisheries discards / by Maria Amparo Pérez Roda, Eric Gilman, Tim Huntington, Steven J. Kennelly, Petri Suuronen, Milani Chaloupka, and Paul A. H. Medley*.
- Péron, G., François Mittaine, J., & Le Gallic, B. (2010). Where do fishmeal and fish oil products come from? An analysis of the conversion ratios in the global fishmeal industry. *Marine Policy*, 34(4), 815–820. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2010.01.027>
- Rockström, J., Steffen, W., Noone, K., Persson, Å., Chapin, F. S., Lambin, E. F., Lenton, T. M., Scheffer, M., Folke, C., Schellnhuber, H. J., Nykvist, B., Wit, C. A. de, Hughes, T., Leeuw, S. van der, Rodhe, H., Sörlin, S., Snyder, P. K., Costanza, R., Svedin, U., ... Foley, J. A. (2009). A safe operating space for humanity. *Nature*, 462(24. September 2009), 472–475.

## Inhaltsverzeichnis

---

- Ruiz-Salmón, I., Laso, J., Margallo, M., Villanueva-Rey, P., Rodríguez, E., Quinteiro, P., Dias, A. C., Almeida, C., Nunes, M. L., Marques, A., Cortés, A., Moreira, M. T., Feijoo, G., Loubet, P., Sonnemann, G., Morse, A. P., Cooney, R., Clifford, E., Regueiro, L., ... Aldaco, R. (2021). Life cycle assessment of fish and seafood processed products – A review of methodologies and new challenges. *Science of The Total Environment*, 761, 144094. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144094>
- Seerechtsübereinkommen der Vereinten Nationen vom 10. Dezember 1982 (mit Anlagen), Pub. L. No. 0.747.305.15 (2009). <https://www.admin.ch/opc/de/classified-compilation/20040579/index.html#fn1>
- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., Biggs, R., Carpenter, S. R., de Vries, W., de Wit, C. A., Folke, C., Gerten, D., Heinke, J., Mace, G. M., Persson, L. M., Ramanathan, V., Reyers, B., & Sörlin, S. (2015). Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223). <https://doi.org/10.1126/science.1259855>
- Stucki, M., Jungbluth, N., & Buchspies, B. (2012). *Fish or Meat? Is this a relevant question from an environmental point of view?* ESU Services.
- USDA. (1992). Weights, Measures, and Conversion Factors for Agricultural Commodities and Their Products. In *Agricultural Handbook Number 697* (Vol. 1–Book, Section). United States Department of Agriculture, Economic Research Service; Washington.

## ANNEX 1: INDIKATOREN IM FISCHEREIMANAGEMENT

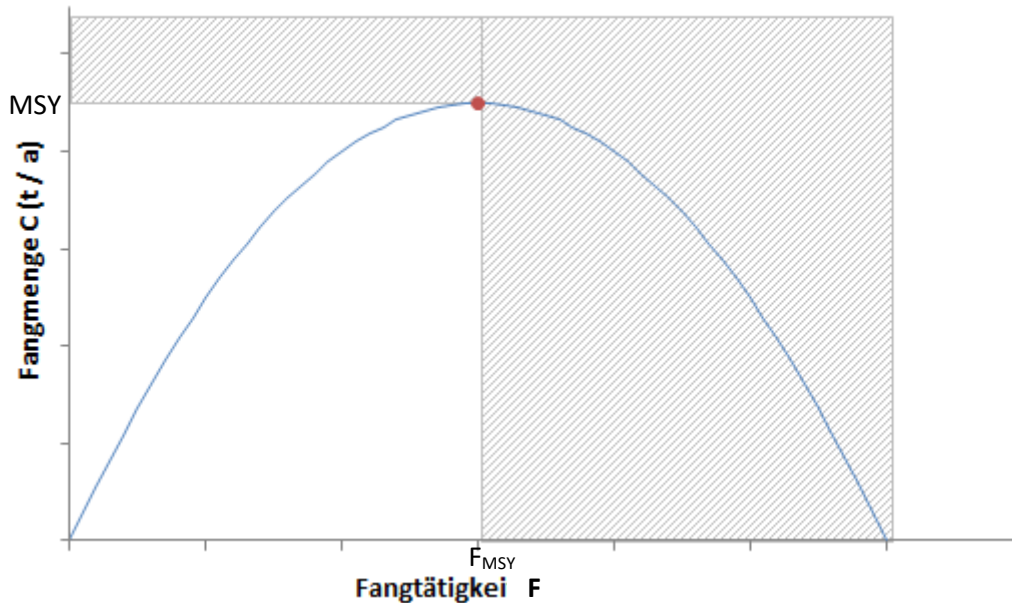


Abbildung 11: Zusammenhang zwischen Fangmenge und Fangtätigkeit nach Langlois et al. (2014). Die schraffierten Flächen geben die Bereiche der Überfischung an

$$\text{Fangmenge } C = \text{Bestandsgrösse } B * \text{Fangtätigkeit } F$$

$$\text{Maximum sustainable catch} = MSY = B_{MSY} * F_{MSY}$$

- C : catch, jährliche Fangmenge (t/yr)
- B : current biomass, Grösse des Bestands (t)
- F : fishing effort, Fischereidruck (t/t\*yr)
- MSY : maximum sustainable yield , maximale nachhaltige Fangmenge (t/yr)
- $F_{MSY}$  : fishing effort for a maximum sustainable yield (t/t\*yr)
- $B_{MSY}$  : biomass in the ocean for a maximum sustainable yield (t)
- r: intrinsic growth rate (t/t\*yr), relationship  $r/2=F_{MSY}$  is often assumed
- K: carrying capacity of the habitat (t), relationship  $K/2=B_{MSY}$  is often assumed

Important Ratios:

$$\text{Catch to Maximum Sustainable Yield: } \frac{C}{MSY} \quad \text{relative fishing effort: } \frac{F}{F_{MSY}} \quad \text{relative Biomass } \frac{B}{B_{MSY}}$$

$$\frac{F}{F_{MSY}} = 0 \ \& \ \frac{B}{B_{MSY}} = 2 \rightarrow \text{no exploitation}$$

$$\frac{F}{F_{MSY}} < 1 \ \& \ \frac{B}{B_{MSY}} > 1 \rightarrow \text{exploitation of a good condition stock (non or slightly depleted stock)}$$

## Annex 1: Indikatoren im Fischereimanagement

---

$\frac{F}{F_{MSY}} < 1$  &  $\frac{B}{B_{MSY}} < 1$  → exploitation of a poor condition stock (previously overexploited stock)

$\frac{F}{F_{MSY}} > 1$  &  $\frac{B}{B_{MSY}} > 1$  → overexploitation of a good condition stock (not yet depleted stock)

$\frac{F}{F_{MSY}} > 1$  &  $\frac{B}{B_{MSY}} < 1$  → overexploitation of a poor condition stock

$\frac{F}{F_{MSY}} = 1$  &  $\frac{B}{B_{MSY}} = 1$  → maximal exploitation for a fair condition stock

## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

### ANNEX 2: ÖKOFAKTOREN LEBENDGEWICHT

**Tabelle 13 Charakterisierungsfaktoren (CF) und Ökofaktoren pro kg Lebendgewicht der meistgefishten Fischarten für die unterschiedlichen Fangregionen nach FAO; sortiert nach absteigender Fangmenge; PS: peruanische Sardelle (Leitfischressource, «Referenzsubstanz»)**

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Nordwestatlantik (21)	Northern prawn	Pandalus borealis	39.4	43.8	39700	44200	217000	613000
	Atlantic herring	Clupea harengus	14.7	1.73	14900	1750	207000	1030000
	American sea scallop	Placopecten magellanicus	17.9	17.9	18000	18000	204000	1540000
	Atlantic menhaden	Brevoortia tyrannus	7.02	7.03	7080	7100	181000	1340000
	American lobster	Homarus americanus	50.5	50.5	51000	51000	153000	452000
	Ocean quahog	Arctica islandica	14.4	14.4	14500	14500	117000	767000
	Atlantic surf clam	Spisula solidissima	10.3	10.3	10400	10400	103000	1550000
	Queen crab	Chionoecetes opilio	0.712	2.03	719	2050	97600	6560000
	Greenland halibut	Reinhardtius hippoglossoides	135	65.9	136000	66500	61900	275000
	Atlantic cod	Gadus morhua	21.8	1.19	22000	1200	53400	413000
Nordostatlantik (27)	Atlantic herring	Clupea harengus	1.27	1.73	1280	1750	1440000	8910000
	Atlantic cod	Gadus morhua	1.05	1.19	1060	1200	1290000	8230000
	Atlantic mackerel	Scomber scombrus	2.6	2.77	2630	2800	1170000	4070000
	Blue whiting(=Poutassou)	Micromesistius poutassou	1.87	1.9	1880	1920	1070000	4610000
	Capelin	Mallotus villosus	4.12	5.22	4150	5260	526000	2890000
	European sprat	Sprattus sprattus	4.47	6.9	4510	6960	457000	1940000
	Sandeels(=Sandlances) nei	Ammodytes spp	49.3	49.3	49700	49700	291000	772000
	Saithe(=Pollock)	Pollachius virens	8.07	8.87	8140	8950	289000	1400000
	Haddock	Melanogrammus aeglefinus	6.25	7.29	6300	7350	283000	1720000
	Atlantic horse mackerel	Trachurus trachurus	41.8	46.6	42100	47000	161000	419000

## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Mittlerer Westatlantik (31)	Gulf menhaden	Brevoortia patronus	2.72	2.72	2750	2750	475000	2760000
	Round sardinella	Sardinella aurita	142	21.3	143000	21500	58900	87400
	American cupped oyster	Crassostrea virginica	74.8	63.4	75500	64000	57600	249000
	Northern brown shrimp	Penaeus aztecus	25.5	28	25700	28300	54400	387000
	Calico scallop	Argopecten gibbus	1000	1000	1010000	1010000	47600	39600
	Blue crab	Callinectes sapidus	128	68.7	129000	69300	45100	154000
	Northern white shrimp	Penaeus setiferus	74.8	74.8	75400	75400	41900	198000
	Stromboid conchs nei	Strombus spp	173	176	174000	177000	34500	984000
	Caribbean spiny lobster	Panulirus argus	55.7	89.3	56200	90100	29000	191000
	Atlantic seabob	Xiphopenaeus kroyeri	1.9	8.32	1920	8400	28200	2200000
Mittlerer Ostatlantik (34)	European pilchard(=Sardine)	Sardina pilchardus	7.13	8.67	7190	8750	861000	2040000
	Sardinellas nei	Sardinella spp	15.6	21.4	15800	21600	379000	646000
	Bonga shad	Ethmalosa fimbriata	49.9	49.9	50400	50400	363000	357000
	Atlantic chub mackerel	Scomber colias	45	80.8	45400	81600	296000	339000
	Jack and horse mackerels nei	Trachurus spp	34.1	51	34400	51500	266000	998000
	Round sardinella	Sardinella aurita	11.6	21.3	11700	21500	222000	578000
	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	40.5	6.43	40800	6480	213000	467000
	Madeiran sardinella	Sardinella maderensis	33.2	33.2	33500	33500	189000	482000
	Yellowfin tuna	Thunnus albacares	18	9.65	18100	9740	82700	452000
	Bigeye tuna	Thunnus obesus	36.5	35.2	36900	35500	50500	284000
Mittelmeer und Schwarzes Meer (37)	European anchovy	Engraulis encrasicolus	3.72	5.38	3750	5430	292000	1830000
	European pilchard(=Sardine)	Sardina pilchardus	11.2	8.67	11300	8750	191000	811000
	European sprat	Sprattus sprattus	143	6.9	144000	6960	65300	130000
	Striped venus	Chamelea gallina	85.1	110	85900	111000	43700	186000
	Sardinellas nei	Sardinella spp	67.1	21.4	67700	21600	42500	150000
	Jack and horse mackerels nei	Trachurus spp	1000	51	1010000	51500	25600	23900
	Bogue	Boops boops	96.6	271	97400	273000	21600	90400
	Mediterranean horse mackerel	Trachurus mediterraneus	157	167	158000	169000	21300	88800
	European hake	Merluccius merluccius	118	26.3	119000	26500	21000	88800
	Atlantic bonito	Sarda sarda	246	300	248000	303000	17100	68500

## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Südwestatlantik (41)	Argentine shortfin squid	<i>Illex argentinus</i>	2.99	2.99	3020	3020	800000	3820000
	Argentine hake	<i>Merluccius hubbsi</i>	3.99	3.99	4030	4030	340000	2530000
	Argentine red shrimp	<i>Pleoticus muelleri</i>	223	223	225000	225000	125000	427000
	Whitemouth croaker	<i>Micropogonias furnieri</i>	62.3	64.6	62800	65200	97300	238000
	Patagonian grenadier	<i>Macruronus magellanicus</i>	37.1	59.3	37400	59800	66200	366000
	Patagonian squid	<i>Loligo gahi</i>	220	168	222000	169000	46900	141000
	Patagonian scallop	<i>Zygochlamys patagonica</i>	373	373	376000	376000	35800	82000
	Skipjack tuna	<i>Katsuwonus pelamis</i>	137	6.43	138000	6480	25000	76200
	Longtail Southern cod	<i>Patagonotothen ramsayi</i>	530	530	534000	534000	23800	40700
	Acoupa weakfish	<i>Cynoscion acoupa</i>	93.2	93.2	94100	94100	20000	88900
Südostatlantik (47)	Cape horse mackerel	<i>Trachurus capensis</i>	3.35	3.35	3380	3380	360000	2210000
	Sardinellas nei	<i>Sardinella spp</i>	34.9	21.4	35200	21600	145000	745000
	Southern African pilchard	<i>Sardinops ocellatus</i>	18	18	18100	18100	120000	696000
	Cunene horse mackerel	<i>Trachurus trecae</i>	120	209	121000	210000	85300	219000
	Whitehead's round herring	<i>Etrumeus whiteheadi</i>	267	267	269000	269000	26500	41600
	Dentex nei	<i>Dentex spp</i>	604	661	610000	667000	18400	72300
	Bigeye tuna	<i>Thunnus obesus</i>	36.5	35.2	36900	35500	13300	284000
	Blue shark	<i>Prionace glauca</i>	2.75	13.3	2770	13400	12600	1240000
	Snoek	<i>Thyrsites atun</i>	327	181	330000	183000	12500	40400
	Southern meagre(=Mulloway)	<i>Argyrosomus hololepidotus</i>	1000	1000	1010000	1010000	11100	11600
Westlicher Indischer Ozean (51)	Indian oil sardine	<i>Sardinella longiceps</i>	23	29.1	23200	29400	507000	620000
	Yellowfin tuna	<i>Thunnus albacares</i>	11.7	9.65	11800	9740	314000	1120000
	Skipjack tuna	<i>Katsuwonus pelamis</i>	11.1	6.43	11200	6480	269000	1180000
	Indian mackerel	<i>Rastrelliger kanagurta</i>	38.2	90.4	38500	91200	164000	274000
	Bombay-duck	<i>Harpadon nehereus</i>	48.4	66.4	48800	67000	130000	217000
	Giant tiger prawn	<i>Penaeus monodon</i>	18	44.2	18100	44600	110000	643000
	Longtail tuna	<i>Thunnus tonggol</i>	86.6	108	87400	109000	104000	219000
	Narrow-barred Spanish mackerel	<i>Scomberomorus commerson</i>	82.6	65.6	83300	66100	88900	200000
	Kawakawa	<i>Euthynnus affinis</i>	113	39.3	114000	39700	77100	159000
	Jacks, crevalles nei	<i>Caranx spp</i>	460	530	464000	534000	72300	147000

## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Östlicher Indischer Ozean (57)	Hilsa shad	Tenulosa ilisha	32	32	32300	32300	265000	380000
	Indian mackerels nei	Rastrelliger spp	44.2	39.3	44600	39700	176000	264000
	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	11.1	6.43	11200	6480	148000	1180000
	Indian mackerel	Rastrelliger kanagurta	293	90.4	295000	91200	113000	82300
	Short mackerel	Rastrelliger brachysoma	118	37.4	119000	37700	98100	121000
	Giant tiger prawn	Penaeus monodon	62.7	44.2	63200	44600	94800	309000
	Blood cockle	Anadara granosa	48.5	84.6	48900	85300	90600	585000
	Yellowfin tuna	Thunnus albacares	11.7	9.65	11800	9740	88100	1120000
	Indian oil sardine	Sardinella longiceps	130	29.1	131000	29400	80500	104000
	Kawakawa	Euthynnus affinis	77.6	39.3	78300	39700	72300	185000
Nordwestpazifik (61)	Alaska pollock(=Walleye poll.)	Theragra chalcogramma	0.849	1.1	856	1110	1860000	13800000
	Japanese anchovy	Engraulis japonicus	3.26	3.26	3290	3290	1350000	2680000
	Largehead hairtail	Trichiurus lepturus	2.4	3.55	2420	3580	1150000	4220000
	Pacific chub mackerel	Scomber japonicus	1.39	2.53	1400	2550	1150000	6230000
	Akiami paste shrimp	Acetes japonicus	5.47	5.56	5520	5610	562000	2630000
	Gazami crab	Portunus trituberculatus	14.4	14.4	14500	14500	557000	1630000
	Pacific saury	Cololabis saira	14.6	17.2	14800	17300	461000	741000
	Seerfishes nei	Scomberomorus spp	14.9	19	15100	19100	447000	2360000
	Pacific herring	Clupea pallasii	5.25	6.97	5300	7040	432000	1740000
	Japanese pilchard	Sardinops melanostictus	5.3	5.3	5350	5350	400000	1780000
Nordostpazifik (67)	Alaska pollock(=Walleye poll.)	Theragra chalcogramma	1.54	1.1	1550	1110	1430000	6970000
	Pacific cod	Gadus macrocephalus	10.3	14.3	10300	14400	323000	1520000
	North Pacific hake	Merluccius productus	14.5	16.5	14600	16700	258000	810000
	Pink(=Humpback) salmon	Oncorhynchus gorbuscha	8	21.7	8070	21800	248000	1070000
	Yellowfin sole	Limanda aspera	14.7	14.8	14800	14900	145000	852000
	Sockeye(=Red) salmon	Oncorhynchus nerka	19.3	32.7	19400	33000	118000	490000
	Chum(=Keta=Dog) salmon	Oncorhynchus keta	104	22.6	105000	22800	61400	156000
	Pacific herring	Clupea pallasii	49.2	6.97	49600	7040	57200	317000
	Rock sole	Lepidopsetta bilineata	101	102	102000	103000	53600	204000
	Pacific ocean perch	Sebastes alutus	177	184	178000	185000	50000	313000



## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Westlicher Pazifischer Ozean (71)	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	3.37	6.43	3400	6480	1710000	4420000
	Yellowfin tuna	Thunnus albacares	7.2	9.65	7270	9740	509000	1650000
	Kawakawa	Euthynnus affinis	21.2	39.3	21300	39700	214000	560000
	Short mackerel	Rastrelliger brachysoma	21.5	37.4	21700	37700	203000	406000
	Indian mackerel	Rastrelliger kanagurta	94.2	90.4	95100	91200	200000	193000
	Bigeye scad	Selar crumenophthalmus	51.4	55.1	51800	55600	184000	250000
	Indian mackerels nei	Rastrelliger spp	34.4	39.3	34700	39700	154000	279000
	Narrow-barred Spanish mackerel	Scomberomorus commerson	45.4	65.6	45800	66100	147000	345000
	Frigate tuna	Auxis thazard	35	37.7	35300	38000	146000	421000
	Goldstripe sardinella	Sardinella gibbosa	40.8	57.9	41100	58400	143000	248000
Östlicher Pazifischer Ozean (77)	Pacific thread herring	Opisthonema libertate	22.7	24.4	22900	24600	299000	480000
	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	18.5	6.43	18600	6480	213000	930000
	Yellowfin tuna	Thunnus albacares	10.1	9.65	10200	9740	198000	1020000
	Pacific anchoveta	Cetengraulis mysticetus	1000	916	1010000	925000	164000	21000
	California pilchard	Sardinops caeruleus	46.4	72	46800	72600	146000	343000
	Opalescent inshore squid	Loligo opalescens	1.18	1.18	1190	1190	98900	2370000
	Californian anchovy	Engraulis mordax	195	195	197000	197000	83200	151000
	Bigeye tuna	Thunnus obesus	30.3	35.2	30500	35500	70400	375000
	Pacific chub mackerel	Scomber japonicus	81	2.53	81700	2550	48400	161000
	Red-eye round herring	Etrumeus teres	842	56.9	850000	57400	32100	37600
Südwestpazifik (81)	Blue grenadier	Macruronus novaezelandiae	8.73	9.51	8800	9590	164000	1220000
	Jack and horse mackerels nei	Trachurus spp	55.8	51	56300	51500	46700	484000
	Southern blue whiting	Micromesistius australis	64.4	108	65000	109000	37100	145000
	Snoek	Thyrsites atun	123	181	124000	183000	30000	94700
	Wellington flying squid	Nototodarus sloanii	119	119	120000	120000	21200	114000
	Pink cusk-eel	Genypterus blacodes	196	203	198000	205000	15700	65800
	Albacore	Thunnus alalunga	77.5	38.1	78100	38500	12400	174000
	Greenback horse mackerel	Trachurus declivis	574	585	579000	590000	12200	30900
	Oreo dories nei	Oreosomatidae	1000	1000	1010000	1010000	10900	46300
	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	3.37	6.43	3400	6480	10100	4420000

## Annex 2: Ökofaktoren Lebendgewicht

Fangregion FAO (Nummer)	Name	Wissenschaftlicher Name	CF Fangregion	CF Fischart	Ökofaktor Fangregion	Ökofaktor Fischart	Fangmenge	Bestand
			PS-eq / kg	PS-eq / kg	UBP / kg	UBP / kg	Tonnen	Tonnen
Südostpazifik (87)	Anchoveta(=Peruvian anchovy)	Engraulis ringens	1	1	1010	1010	4370000	9320000
	Jumbo flying squid	Dosidicus gigas	8.76	9.05	8840	9130	996000	2680000
	Araucanian herring	Strangomera bentincki	15.4	15.4	15500	15500	405000	678000
	Chilean jack mackerel	Trachurus murphyi	3.34	3.34	3370	3370	389000	3110000
	Skipjack tuna	Katsuwonus pelamis	18.5	6.43	18600	6480	221000	930000
	Pacific chub mackerel	Scomber japonicus	38.9	2.53	39200	2550	187000	438000
	South Pacific hake	Merluccius gayi	131	131	132000	132000	88500	164000
	Yellowfin tuna	Thunnus albacares	10.1	9.65	10200	9740	83500	1020000
	Common dolphinfish	Coryphaena hippurus	143	269	144000	272000	68700	91700
	Eastern Pacific bonito	Sarda chiliensis	27.8	29.6	28000	29800	57500	403000

## ANNEX 3: ISSCAAP KLASSIFIKATION

Tabelle 14 ISSCAAP Divisionen und Gruppen mit Code

Code	ISSCAAP Division	ISSCAAP Group
1	Freshwater fishes	
11	Freshwater fishes	Carps, barbels and other cyprinids
12	Freshwater fishes	Tilapias and other cichlids
13	Freshwater fishes	Miscellaneous freshwater fishes
2	Diadromous fishes	
21	Diadromous fishes	Sturgeons, paddlefishes
22	Diadromous fishes	River eels
23	Diadromous fishes	Salmons, trouts, smelts
24	Diadromous fishes	Shads
25	Diadromous fishes	Miscellaneous diadromous fishes
3	Marine fishes	
31	Marine fishes	Flounders, halibuts, soles
32	Marine fishes	Cods, hakes, haddocks
33	Marine fishes	Miscellaneous coastal fishes
34	Marine fishes	Miscellaneous demersal fishes
35	Marine fishes	Herrings, sardines, anchovies
36	Marine fishes	Tunas, bonitos, billfishes
37	Marine fishes	Miscellaneous pelagic fishes
38	Marine fishes	Sharks, rays, chimaeras
39	Marine fishes	Marine fishes not identified
4	Crustaceans	
41	Crustaceans	Freshwater crustaceans
42	Crustaceans	Crabs, sea-spiders
43	Crustaceans	Lobsters, spiny-rock lobsters
44	Crustaceans	King crabs, squat-lobsters
45	Crustaceans	Shrimps, prawns
46	Crustaceans	Krill, planktonic crustaceans
47	Crustaceans	Miscellaneous marine crustaceans
5	Molluscs	
51	Molluscs	Freshwater molluscs
52	Molluscs	Abalones, winkles, conchs
53	Molluscs	Oysters
54	Molluscs	Mussels
55	Molluscs	Scallops, pectens
56	Molluscs	Clams, cockles, arkshells
57	Molluscs	Squids, cuttlefishes, octopuses
58	Molluscs	Miscellaneous marine molluscs
6	Whales, seals and other aquatic mammals	
61	Whales, seals and other aquatic mammals	Blue-whales, fin-whales
62	Whales, seals and other aquatic mammals	Sperm-whales, pilot-whales
63	Whales, seals and other aquatic mammals	Eared seals, hair seals, walruses
64	Whales, seals and other aquatic mammals	Miscellaneous aquatic mammals
7	Miscellaneous aquatic animals	
71	Miscellaneous aquatic animals	Frogs and other amphibians
72	Miscellaneous aquatic animals	Turtles
73	Miscellaneous aquatic animals	Crocodiles and alligators
74	Miscellaneous aquatic animals	Sea-squirts and other tunicates
75	Miscellaneous aquatic animals	Horseshoe crabs and other arachnoids
76	Miscellaneous aquatic animals	Sea-urchins and other echinoderms
77	Miscellaneous aquatic animals	Miscellaneous aquatic invertebrates
8	Miscellaneous aquatic animal products	
81	Miscellaneous aquatic animal products	Pearls, mother-of-pearl, shells
82	Miscellaneous aquatic animal products	Corals
83	Miscellaneous aquatic animal products	Sponges
9	Aquatic plants	
91	Aquatic plants	Brown seaweeds
92	Aquatic plants	Red seaweeds
93	Aquatic plants	Green seaweeds
94	Aquatic plants	Miscellaneous aquatic plants