

Abschlussbericht: Nachhaltige Fischprodukte im Interesse der Öffentlichkeit

Die Bedenken in Bezug auf die Nachhaltigkeit von Fisch und Meeresfrüchten und die Sicherheit des Konsums dieser Produkte machen es für die Verbraucher schwierig, zu entscheiden, welche Fischarten sie essen sollten. In den letzten Jahren hat sich die öffentliche Aufmerksamkeit verstärkt auf die Verschmutzung der Ozeane durch Substanzen gerichtet, die für die Verbraucher von Fischprodukten schädlich sein können.



Ein Bericht von Leah Gerber

Andererseits wurden die in Fischprodukten enthaltenen Nährstoffe, insbesondere die Omega-3-Fettsäuren und die Docosahexaensäure (DHA), zunehmend als der öffentlichen Gesundheit zuträglich eingestuft. Gleichzeitig haben die Bedenken in Bezug auf gesundheitliche und ökologische Risiken und Vorteile zugenommen, die mit alternativen Proteinquellen wie Rind und Geflügel in Verbindung stehen. So sind beispielsweise in Rindfleisch erhebliche Mengen von Dioxin enthalten, das in Verbindung mit Krebserkrankungen, Immunschwäche sowie Nerven- und Blutkrankheiten gebracht wird.

Ansatz

Die Grundlagenarbeit für die erste Stufe dieser beabsichtigten Forschung wurde vor Beginn dieses Projekts abgeschlossen. Sie gründete sich

auf unsere Datenbank mit über 300 Arten von Fischen und Wirbellosen, die auch Angaben zu Omega-3-Fettsäuren, Quecksilberkonzentration, Zustand der Fischerei und Nachhaltigkeit umfasst. Die vorläufigen Daten zeigten eine bemerkenswerte Übereinstimmung zwischen Nachhaltigkeit und der gesundheitsfördernden Wirkung von Fischprodukten beim Menschen auf, beispielsweise dass Fischprodukte mit relativ geringem Quecksilberanteil gleichzeitig auch nachhaltiger sind. Diese Daten legten die Schlussfolgerung nahe, dass die Entscheidung für Fischprodukte aus „nachhaltiger“ Erzeugung auch gesundheitsfördernd ist und somit einen Vorteil für alle Beteiligten bietet.

Bei der weiteren Analyse der vorläufigen Daten haben wir uns auf die unten aufgeführten Bereiche konzentriert:

1. Durchführung einer quantitativen Analyse

der Zusammenhänge zwischen Nachhaltigkeit und der Einstufung von Fischprodukten als der menschlichen Gesundheit zuträglich; hierzu wurde eine Datenbank für Fischbestände erstellt, in der Informationen zu Omega-3-Fettsäuren, Quecksilberkonzentration, Zustand der Fischerei und Nachhaltigkeit berücksichtigt wurden.

Anfangs lag der Schwerpunkt unserer Datenbank auf den Beständen von Fischen und Wirbellosen in Nordamerika. Wir waren jedoch in der Lage, Daten über polychlorierte Biphenyle (PCB) und andere umweltschädigende Stoffe sowohl für wild lebende als auch für gezüchtete Fischbestände in unserer Datenbank zu erfassen, darunter auch aktuelle Daten über die Schwankungen bei der Quecksilberkonzentration. Nach der Auswertung der Daten konnten wir auch Messwerte für die menschliche Gesundheit hinzufügen und somit ein größeres geographisches Gebiet weltweit erfassen. Dadurch waren wir in der Lage, eine Bestandsaufnahme des für die Gewinnung von verschiedenen Fischprodukten erforderlichen Aufwands an Energie und Material zu erstellen (Details weiter unten).

2. Entwicklung eines Rahmens für die Risikoanalyse zur Bewertung von Vorteilen und Kosten im Zusammenhang mit Fischprodukten; Um dieses Ziel zu erreichen, haben wir den von Astrid Scholtz (Ecotrust) entwickelten Life Cycle Assessment-Ansatz verwendet, mit dem wir die Auswirkungen auf die Umwelt über den gesamten Lebenszyklus von Fischprodukten hinweg bewerten können. Als einen weiteren Schritt haben wir eine umfassende Bestandsaufnahme für den erforderlichen Aufwand an Energie und Material sowie die Umweltbelastungen bei verschiedenen Fischprodukten erstellt. Dadurch konnten wir die potenziellen Auswirkungen auf die Umwelt bewerten, darunter folgende:

- Die für den Aufbau und Betrieb der Fischzucht erforderliche Änderung der Landnutzung
- Die trophische Effizienz (z. B. die Art und die Menge an Futter, die für die Produktion einer messbaren Menge an Fischprodukten des jeweiligen Typs erforderlich ist)
- Den Energiebedarf (z. B. die Art und die Men-

ge an Energie, die für die Produktion einer messbaren Menge an Fischprodukten des jeweiligen Typs erforderlich ist)

- Die mit der Produktion einer messbaren Menge der jeweiligen Proteinquelle verbundenen Umweltschäden
- Vorteile für die Gesundheit sowie Kosten im Zusammenhang mit Fischprodukten aus dem Wildfang und aus der Zucht

Die Verwendung dieser Daten und Informationen gemeinsam mit unserer Datenbank für Fischprodukte hat es uns ermöglicht, die Gesundheitsrisiken (z. B. Quecksilber und PCB) sowie die Vorteile für die Gesundheit (z. B. Omega-Fettsäuren und Protein) zu untersuchen und zu quantifizieren und die Ergebnisse in unsere Datenbank für Fischprodukte zu integrieren. Darüber hinaus konnten wir die Gesundheitsrisiken (Antibiotika, Fett, Cholesterin) sowie die Vorteile (Eisen, Selen) der alternativen Proteinquellen, beispielsweise Rindfleisch, quantifizieren.

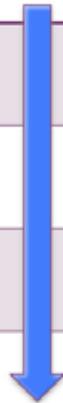
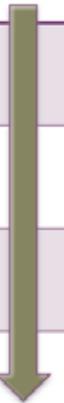
Gemeinsam mit Slow Foods International möchten wir unsere wissenschaftlichen Erkenntnisse an die politischen Entscheidungsträger und Verbraucher weitergeben, um den gesundheitsfördernden und nachhaltigen Konsum von Fischprodukten sowie nachhaltige Fischerei und Aquakulturen zu fördern. Daher haben wir mit unseren umfassenden Ergebnissen zu gesunden und nachhaltigen Fischprodukten einen Beitrag für die Ziele und die Kampagne von SlowFish geleistet. Unser Ziel besteht hierbei darin, wissenschaftliche Erkenntnisse für die Verbraucher von Fischprodukten zugänglich zu machen. Durch diese wissenschaftliche Zusammenarbeit werden die Ziele von Slow Foods International unterstützt, indem ein erhöhtes Bewusstsein für die Probleme im Zusammenhang mit Fischprodukten geschaffen wird und die Verbraucher umfassend über gesundheitliche Risiken und die Vorteile von Fischprodukten aufgeklärt werden.

Erkenntnisse

Wir haben erkannt, dass gefährdete Fischbestände/-arten im Allgemeinen mit hohen Hg-Werten und einer niedrigen Konzentration von Omega-3-Fettsäuren in Verbindung stehen

(obwohl der letztere Zusammenhang statistisch nicht signifikant ist). Im Allgemeinen gilt: Ein hoher (positiver) PC1-Wert deutet auf Arten mit niedrigem B_{relMSY} - (Populationsgröße relativ zu geschätztem Maximum-Sustainable-Yield) oder hohem μ_{relMSY} - (Fischereiliche Sterblichkeit relativ zu geschätztem Maximum-Sustainable-Yield) und hohem Hg-Wert hin und repräsentiert Arten, die gefährdet sind und Risiken für die menschliche Gesundheit darstellen. Beispiele hierfür sind der Rote Thun und andere Thunfischarten

brus), der Rote Thun (*Thunnus thynnus*), die Europäische Sardelle (*Engraulis encrasicolus*), der Pazifische Hering (*Clupea pallasii*) und der Kohlenfisch (*Anoplopoma fimbria*). Da in der Hauptkomponentenanalyse (PCA) die Arten auf der Basis von Nachhaltigkeit (hoch) und Hg (niedrig) der Kategorie „Grün“ zugeordnet wurden, haben wir in einigen wenigen Fällen die Nachhaltigkeit wegen des sehr niedrigen Hg-Werts (z. B. bei der blauen Königskrabbe [*Paralithodes platypus*]) höher eingestuft und in anderen Fällen der Ge-

Species	Source	MBA Rank	Omega -3	Hg	PCB	Protein	Se
 Orange Roughy	Wild	Avoid	0.019	0.554			
 Herring, Pacific	Farmed	Alt.	1.571	0.051			
 Tuna, Skipjack	Wild	Best	0.263	0.123			
 Crab, Snow	Wild	Alt.	0.372	0.157			

Die Vorteile und Risiken für die Gesundheit wurde an 300 Fischbeständen untersucht. Die Artenliste http://www.researchgate.net/publication/235971852_Sustaining_seafood_for_public_health

(*Thunnus* spp.), der Schwertfisch sowie mehrere im Pazifik vorkommende Felsenbarscharten (*Sebastes* spp.). Entsprechend gibt es eine Gruppe mit stark negativen PC1-Werten, die in Bezug auf Gesundheit und Nachhaltigkeit gut für den Verbraucher geeignet ist. Wir haben PC2 als Indikator für Arten verwendet, die im Verhältnis zum Hg-Wert einen hohen Omega-3-Wert aufweisen. Die Bestände mit hohen PC2-Werten haben im Verhältnis zur Hg-Konzentration einen hohen Omega-3-Wert (der Hg-Wert kann bei diesen Beständen dennoch hoch sein).

Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass Bestände mit negativem PC1-Wert und sehr positivem PC2-Wert am besten dazu geeignet sind, für einen maximalen gesundheitlichen Vorteil durch Omega-3-Fettsäuren zu sorgen und gleichzeitig die Risiken sowohl für die Gesundheit der Verbraucher (Hg) als auch für den Bestand zu minimieren. Zu den Arten mit hohen PC2-Werten gehören die Atlantische Makrele (*Scomber scom-*

färderung einen höheren Wert zugeordnet, da in diesen Fällen (z. B. bei der Winterflunder [*Pseudopleuronectes americanus*]) die hohe Befischungsrates den niedrigen Hg-Wert überwiegt.

Die umfassenden Messwerte wurden zum Schluss für einige Arten begrenzt (z. B. für den Pazifischen Hering und den Roten Thun). Daraus folgt, dass ihre PCA-Werte sich ändern können, sobald weitere Daten verfügbar sind. Beispielsweise verhält es sich so, dass obwohl der Pazifische Hering in Anbetracht seiner Life-History-Merkmale als nachhaltig eingestuft werden könnte, unsere Ergebnisse einen gegen Null tendierenden PC1-Wert und widersprüchliche Werte für Hg und Biomasse (beide niedrig) aufzeigen. Darüber hinaus sind die auf den PC1-Werten basierenden Ergebnisse für den Pazifischen Hering sowie für mehrere Arten des Felsenbarschs mit Vorsicht zu behandeln, da die Hg-Werte bei mehreren unterschiedlichen Arten identisch sind.

Wir haben einen deutlichen Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeit und Hg-Konzentration bei allen Messgrößen für die Nachhaltigkeit festgestellt. Arten, die als nicht nachhaltig gelten, haben deutlich höhere Hg-Werte, allerdings keine höhere Konzentration von langkettigen Omega-3-Fettsäuren. Daher werden Verbraucher, die eine geringe Belastung durch Quecksilber anstreben, dazu tendieren, gleichzeitig nachhaltigere Fischprodukte zu kaufen, die jedoch nicht notwendigerweise zu einer höheren Aufnahme von wertvollen Omega-3-Fettsäuren führen. Die Ergebnisse aus der Hauptkomponentenanalyse unter Verwendung von Leistungsindikatoren für die Fischerei (Worm et al., 2009) bestätigen diese einfachen univariaten Analysen und ermöglichen es uns, Gruppen von Fischen in Bezug auf menschliche Gesundheit (z. B. Quecksilber, Omega 3) und Nachhaltigkeit (μrelMSY und BrelMSY) zu kategorisieren.

Unsere erste Hauptkomponente kann dazu verwendet werden, Fischprodukte zu identifizieren, die sowohl ökologisch gefährdet sind als auch Risiken für die menschliche Gesundheit darstellen können (z. B. Roter Thun und Granatbarsch). Hier werden Arten mit niedrigem BrelMSY -Wert, hohem μrelMSY -Wert oder beidem als gefährdet eingestuft. Abgesehen von einigen wenigen Ausnahmen, haben die Arten mit negativen PC1-Werten im Vergleich zu Arten mit positiven PC1-Werten eine geringere Biomasse, höhere Befischungsraten und höhere Quecksilberkonzentrationen, jedoch keine erheblich abweichende Konzentration von Omega-3-Fettsäuren (Abbildung 2). Unsere zweite Hauptkomponente bezieht sich auf Bestände mit widersprüchlichen Konzentrationen von Hg und Omega-3-Fettsäuren. Innerhalb der Gruppe der stark gefährdeten Bestände (angezeigt durch den PC1-Wert) gibt es einen Trend hin zu einer höheren Konzentration von Omega-3-Fettsäuren (angezeigt durch den PC2-Wert), die jedoch fast immer durch hohe Konzentrationen von Quecksilber aufgehoben wird. Die Einbeziehung von Biomasse und fischereilicher Sterblichkeit bietet einen besseren Indikator für die Nachhaltigkeit als die einzelne Betrachtung dieser beiden Werte. So weisen einige Arten zwar eine niedrige Befischungsrate auf (aufgrund von

strengen Regulierungen wegen Überfischung in der Vergangenheit), haben aber dennoch eine geringe gegenwärtige Biomasse (im Verhältnis zum MSY).

Unsere Hauptkomponentenanalyse bietet detaillierte Ergebnisse, die für die Verbraucher aufschlussreich sein können. Zum einen gibt es in unserer Datenbank von den 44 Arten mit quantitativen Messwerten für μrelMSY , BrelMSY , Hg und Omega-3-Fettsäuren eine klar erkennbare

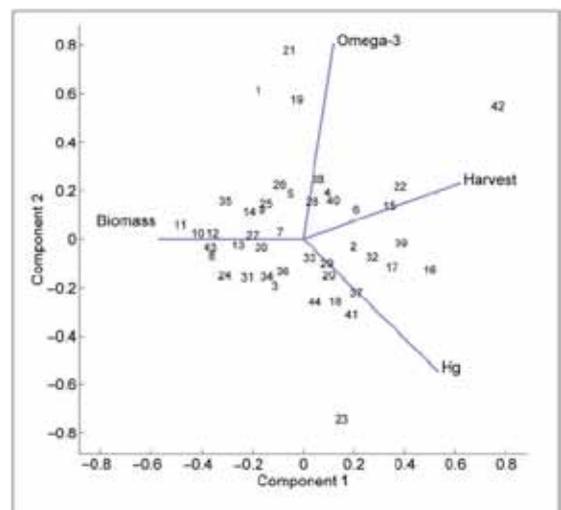


Abbildung 2. Biplot of components 1 and 2 from PCA for four risk metrics (reMSY , BrelMSY , Hg, and omega-3 concentrations). Key of species: (1) European anchovy, (2) Atlantic cod, (3) Pacific cod, (4) blue king crab, (5) red king crab, (6) snow crab, (7) tanner crab, (8) plaice (Alaska), (9) American plaice, (10) Pacific arrowtooth flounder, (11) English sole, (12) flathead sole, (13) Pacific rock sole, (14) yellowfin sole, (15) winter flounder, (16) yellowtail flounder, (17) gag grouper, (18) haddock, (19) Pacific herring, (20) American lobster, (21) Atlantic mackerel, (22) Spanish mackerel, (23) orange roughy, (24) Atlantic ocean perch, (25) Alaska pollock, (26) Atlantic pollock, (27) black rockfish, (28) blue rockfish, (29) bocaccio rockfish, (30) canary rockfish, (31) chilipepper rockfish, (32) cowcod rockfish, (33) darkblotched rockfish, (34) northern rockfish, (35) Pacific ocean perch, (36) widow rockfish, (37) yelloweye rockfish, (38) black cod sablefish, (39) swordfish, (40) albacore tuna, (41) bigeye tuna, (42) bluefin tuna, (43) skipjack tuna, and (44) yellowfin tuna.

Gruppe (mit hohen PC1-Werten), die hinsichtlich ökologischer Nachhaltigkeit und menschlicher Gesundheit keine gute Wahl für die Verbraucher darstellt. Innerhalb dieser Gruppe sind zwei Arten vertreten (Schwertfisch und Granatbarsch; Webtabelle 1), deren Hg-Mittelwerte den von vielen Ländern als zulässigen Maximalwert festgelegten Wert von 0,5 Teilen pro Million (ppm) überschreiten (Burger und Gochfeld, 2011). Sieben

Arten weisen Hg-Mittelwerte auf, die den durch die US Environmental Protection Agency festgelegten Wert von 0,3 ppm überschreiten. Ob der Konsum von Fischprodukten mit erhöhter Quecksilberkonzentration sich auf die Gesundheit auswirkt, hängt von mehreren Faktoren ab, darunter das Körpergewicht und die Menge des Fischkonsums. Darüber hinaus bieten dieselben Arten, insbesondere der Rote Thun, eine in Relation zum Quecksilber hohe Konzentration an Omega-3-Fettsäuren. Diese Fische (mit hohen PC2-Werten) bieten aufgrund der hohen Konzentration von Omega-3-Fettsäuren erhebliche gesundheitliche Vorteile, sind in Bezug auf Quecksilberkonzentration und Nachhaltigkeit jedoch weniger vorteilhaft. Es ist zu beachten, dass mehrere potenziell gut geeignete Produkte (z. B. der Pazifische Lachs) nicht in unserer Datenbank vertreten sind. Diese Arten würden wahrscheinlich geringe PC1-Werte und hohe PC2-Werte aufweisen, wodurch sie, abhängig vom Bestand, gut für die Verbraucher geeignet sind. Daher sind wir zu der Ansicht gelangt, dass menschliche Gesundheit und ökologische Nachhaltigkeit in einem direkten Zusammenhang zueinander stehen; der Konsum von einigen stark gefährdeten Fischarten ist mit gesundheitlichen Risiken verbunden. Diese Aussage ist jedoch nicht allgemeingültig, da der Messwert für die Biomasse einer Population (B_{relMSY}) die breiten Auswirkungen der Fischerei auf das Ökosystem nicht berücksichtigt.

Der Zusammenhang zwischen Hg-Wert und Nachhaltigkeit ist wahrscheinlich, da die Bewertungen durch das Monterey Bay Aquarium (MBA) und das Blue Ocean Institute (BOI) teilweise von Life-History-Merkmalen abgeleitet sind. Diese Messwerte basieren auf den für die jeweilige Fischart spezifischen Charakteristika, die stark mit den Quecksilberkonzentrationen der Fische in Verbindung stehen. Insbesondere große, langlebige Arten mit hoher Trophieebene, die häufig von Überfischung bedroht sind, weisen im Allgemeinen hohe Hg-Konzentrationen auf, was durch die Bioakkumulation und Biomagnifikation innerhalb des Nahrungsnetzes bedingt ist. Die Verbindung zwischen Quecksilbergehalt und Nachhaltigkeit wird durch den hohen PC1-Wert bei den meisten Thunfischarten verdeutlicht.

Jedoch gibt es beim Zusammenhang zwischen Nachhaltigkeit und anderen auf die Gesundheit bezogenen Werten klare Ausnahmen. Die Omega-3-Fettsäuren werden nicht im gleichen Maße bioakkumuliert und biomagnifiziert wie Methylquecksilber (Kainz et al., 2006, 2008), was das Fehlen eines konsequenten Zusammenhangs zwischen Omega-3-Konzentration und den Werten für die Nachhaltigkeit erklären könnte. Unsere Analysen bieten den Verbrauchern von Fischprodukten eine wichtige Entscheidungshilfe bei der Auswahl der Produkte und den Entscheidungsträgern die Möglichkeit, Empfehlungen unter Berücksichtigung mehrerer Faktoren auszusprechen. Die Verbraucher können die Bewertung der Nachhaltigkeit als Hilfestellung bei der Auswahl von umweltfreundlichen und relativ gesunden Fischprodukten verwenden. Da aus unseren Ergebnissen hervorgeht, dass die Verbraucher eine größere Menge an nachhaltigen Alternativen essen sollten, um die Aufnahme von Omega-3-Fettsäuren zu erhöhen (da die Omega-3-Werte bei nachhaltigen Fischprodukten im Durchschnitt etwas geringer sind als bei nicht nachhaltigen Produkten), sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden, ob der steigende Bedarf ohne Abstriche bei der Nachhaltigkeit gedeckt werden kann.

Schlussfolgerung

Fischprodukte, die mit einer größeren Umweltbelastung verbunden sind, können auch größere Gesundheitsrisiken darstellen (wie durch die Konzentration von Quecksilber verdeutlicht) und bringen nicht notwendigerweise größere Vorteile für die Gesundheit mit sich (wie durch die Konzentration von Omega-3-Fettsäuren verdeutlicht). Obwohl es einige wichtige Ausnahmen gibt (z. B. den Blauen Felsenbarsch [*Sebastes mystinus*], der als nicht nachhaltig eingestuft ist, jedoch eine geringe Hg-Konzentration aufweist), werden Verbraucher, die sich für Produkte mit niedriger Quecksilberkonzentration entscheiden, auch mit größerer Wahrscheinlichkeit nachhaltige Fischprodukte wählen. Darüber hinaus können die Verbraucher die empfohlene Menge an Omega-3-Fettsäuren auch durch den Konsum von Omega-3-armen Fischarten erreichen, die als nachhaltig eingestuft sind und eine geringe

Quecksilberkonzentration aufweisen (Mozaffarian und Rimm, 2006). Unsere Analysen legen nahe, dass es viele Fischprodukte gibt, die ökologisch unbedenklich sind und ein geringes Risiko für die Gesundheit darstellen (wenig Quecksilber). Unser Rahmenwerk kann dazu verwendet werden, zusätzliche Faktoren zu berücksichtigen, beispielsweise weitere Nährstoffe und Umweltbelastungen, die für die Verbraucher von Bedeutung sind. Der einfache Zusammenhang zwischen Quecksilberkonzentration und Nachhaltigkeit sollte dabei helfen, die Verbraucher und Entscheidungsträger über geeignete Fischprodukte zu informieren. Die Verbreitung der Aussage, dass nachhaltige Fischprodukte auch weniger Gesundheitsrisiken mit sich bringen, wird es den Menschen ermöglichen, gesunde Fischprodukte zu genießen und gleichzeitig bessere Methoden für die Fischerei und Zucht fördern.

Publikationen und Studienarbeiten

1. Gerber, L.R., R. Karimi und T.P. Fitzgerald, 2012: Sustaining seafood for public health. *Frontiers in Ecology and the Environment*.
2. Noziglia, Andrea: Seafood health and sustainability: Chemical contaminants and evolving environmental education. Honors Thesis, ASU.
3. Burger J and Gochfeld M. 2011. Mercury and selenium levels in 19 species of saltwater fish from New Jersey as a function of species, size, and season. *Sci Total Environ* 409: 1418–29.
4. Geren, Sarah: Quantifying trade-offs in health, environmental, and socioeconomic factors in decisions about protein consumption. Honors Thesis, ASU.
5. Senko, Jesse, Robert Wildermuth und Leah Gerber: In Vorbereitung. From port to plate: Re-evaluating sustainable seafood reports in the context of biophysical impacts.
6. Kainz M, Arts MT, and Mazumder A. 2008. Essential versus potentially toxic dietary substances: a seasonal comparison of essential fatty acids and methyl mercury concentrations in the planktonic food web. *Environ Pollut* 155: 262–70.
7. Kainz M, Telmer K, and Mazumder A. 2006. Bioaccumulation patterns of methyl mercury

and essential fatty acids in lacustrine planktonic food webs and fish. *Sci Total Environ* 368: 271–82.

Weitere Schritte

- Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Wirtschaftssubventionen, nachhaltigen Fischprodukten und menschlicher Gesundheit.
- Ausarbeitung von taxonomischen Modellen für PCB und Brandschutzmittel. Untersuchung der Zusammenhänge bei der Vermischung von Toxinen (z. B. viel Quecksilber, PCB, Brandschutzmittel). Anschließend Vergleich mit den Daten der NOAA zu den Fischmärkten – werden die Verbraucher korrekt informiert?
- Ökologische Faktoren im Zusammenhang mit PCB und Brandschutzmitteln (Aufnahme von Trophieebene, Körpergröße, Wachstumsrate in die Datenbank); Untersuchung in einem multivariaten Rahmen.
- Ausgehend von der gegenwärtig verbreiteten Meinung, dass gezüchtete Fische weitestgehend stärker belastet sind, Klärung der Frage, ob die Belastung bei gefangenen oder gezüchteten Fischen höher ist.

Förderungszeitraum:

seit Januar 2012

Fördersumme 2013:

76.500 US\$

Projektpartner:

Prof. Leah R. Gerber
Arizona State University (SLS)
P.O.Box 871501
Tempe
Arizona 85287-1501
USA