FORSCHUNGS REPORT 1/2015
ERNÄHRUNG / LANDWIRTSCHAFT / VERBRAUCHERSCHUTZ

Fische hoch im Kurs

Forellenzucht in Deutschland

Lokale Betriebe im internationalen Vergleich

Ostseedorsch wieder in der Krise

Gut für die Umwelt ist nicht immer gut für die Fischbestände

Seezunge oder Pangasius

Welcher Fisch kommt auf den Teller?

Dr. Georg Backhaus

Liebe Leserinnen, liebe Leser,

„Fischers Fritze fischt frische Fische…“ so beginnt ein beliebter Kinderreim. Aber wie frisch ist der Fisch, wenn er hinter der Ladentheke liegt und wie erkennt man die Frische? Diesen und anderen Fragen gehen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unseres Forschungsbereiches nach und bieten Lösungen an. Am Max Rubner-Institut werden Methoden entwickelt, um die Frische von Meeresfrüchten als ein Qualitätsmerkmal unter vielen anderen sicher zu bestimmen oder die Fischart eines Filets oder Dosenfischs exakt zu identifizieren.

Der Fisch auf unseren Tellern kommt aus allen Meeren der Erde, aus natürlichen Beständen oder aus Aquakulturen. Nur kann Fisch auch schnell verderben! Viel Energie ist notwendig, um ihn zu kühlen, zu einem haltbaren Produkt zu verarbeiten oder überhaupt über lange Strecken nach Deutschland zu transportieren. Eine sinnvolle Alternative scheinen daher regional produzierte Fische zu sein. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Thünen-Instituts für Fischereiökologie vergleichen deutsche Aquakulturbetriebe mit dänischen und türkischen Betrieben unter ökonomischen Gesichtspunkten. Sind deutsche Aquakulturfarmen im internationalen Vergleich langfristig konkurrenzfähig? Anhand einer Pilotstudie zu Forellenbetrieben versuchen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nachzuvollziehen, wie viel Technik und Kapital, wie viel Arbeitsaufwand und Energie in einer Speiseforelle stecken.

Auch wegen der zunehmenden Überfischung der Meere gewinnen Aquakulturen immer mehr an Bedeutung. Wo aber Fische unter kommerziellen Bedingungen in Aquakulturen produziert werden, bleiben Fischerkrankungen nicht aus. Das Friedrich-Loeffler-Institut untersucht gemeinsam mit europäischen Forschungspartnern Viren, die in Aquakulturen Fischseuchen auslösen. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler suchen länderübergreifend nach den Verbreitungsursachen der viralen Erreger, um Krankheiten vorzubeugen und zu kontrollieren. Dabei werden genetische und epidemiologische Parameter von Ausbruchgeschehen erfasst und in Datenbanken gesammelt. Was die Experten mit diesen Daten anfangen können, lesen Sie ab Seite 16.

Forscherinnen und Forscher des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie begleiten mecklenburgische Produktionsbetriebe, um die steigende Nachfrage nach lokalen Fischereiprodukten zu befriedigen. Der Ostseeschnäpel, in den 1950 er Jahren fast vom Aussterben bedroht, wird in den letzten Jahren erfolgreich in Aquakultur gezüchtet. Welches System ist für den Schwarmfisch das Beste? Welche Haltungsbedingungen verursachen Stress und wie kann dieser gemessen werden? Mit Biomarkern kommen die Forscherinnen und Forscher den Ursachen auf die Spur und versuchen so, die Haltungsbedingungen zu verbessern und eine wirtschaftliche Zucht zu ermöglichen.

Um einen regionalen Fisch geht es auch in unserer Reportage, die ins Thünen-Institut für Ostseefischerei führt. Experten berichten vom Auf und Ab der Ostdorschbestände und den Ursachen dafür. Obwohl die Bedingungen für den Ostdorsch ab 2007 besser wurden, fand die Fischerei ab 2011 die großen von der Wissenschaft berechneten Fischmengen nicht. Außerdem waren viele Dorsche sehr dünn. Sind gute Umweltbedingungen daher immer gleichzusetzen mit guten Bedingungen für den Fischbestand? Die Wissenschaftler erzählen von ihrer Hypothese, die sie durch jüngste Ereignisse bestätigt finden.

Von Fischbeständen und deren Überwachung in den Meeren, über verschiedene Fischarten in Aquakulturen oder als Lebensmittel auf dem Teller bis hin zu Nährstoffeinträgen aus der Landwirtschaft in die Meere; von vielen Seiten und aus unterschiedlichen Perspektiven betrachten die Forscherinnen und Forscher unseres Forschungsbereichs unseren Themenschwerpunkt. Gehen Sie mit uns auf die Reise in die faszinierende Welt des Wassers.

Viel Freude beim Lesen!

Dr. Georg Backhaus
Präsident des Senats der Bundesforschungsinstitute

Inhalt

Seite 20

Seezunge oder Pangasius
Fischereierzeugnisse wie Fisch, Krebstiere oder Muscheln genießen eine hohe Wertschätzung. Global gehandelt ist ein vielfältiges Angebot aus allen Weltmeeren gesichert. Schon in den Herkunftsländern wird der Fisch verarbeitet und ist nicht mehr so leicht zu erkennen. Methoden, um die Fischarten zu identifizieren und Verbraucher vor Täuschung zu schützen, sind daher sehr wichtig.

Seite 24

Forellenzucht in Deutschland
Die Aquakultur boomt. Schon bald wird die künstliche Aufzucht von Fischen die Wildfänge der Fischerei als Quelle der Nahrungsversorgung überholen. Der Trend zur Aquakultur ist geographisch unterschiedlich verteilt. In Deutschland tritt die Aquakultur seit Jahren mehr oder weniger auf der Stelle. Sind deutsche Aquakulturfarmen im internationalen Vergleich langfristig einfach nicht konkurrenzfähig?

Seite 40

Ostseedorsch wieder in der Krise
Der Dorsch ist neben dem Hering die wichtigste kommerziell genutzte Fischart der Ostsee und der „Brotfisch“ der kleinen Küstenfischerei. Für den Ostdorsch, das Sorgenkind, empfahl die Wissenschaft über viele Jahre eine Einstellung der Fischerei. 2007 fand tatsächlich eine Erholung statt und der Bestand galt 2010 als erholt. Inzwischen gibt es neue gravierende Probleme.

Berichte aus der Forschung 4

Ostseeschnäpel aus regionaler Aquakultur 4
Wie kann Haltungsstress aufgedeckt werden?

Zunehmende Beachtung von Fisch als Lebensmittel 8
Weiterentwicklung des Standardwerks für Nährwerttabellen

Mikroplastik 12
Eine Grundlage für die Risikobewertung wird entwickelt

Fischseuchen in der Aquakultur 16
Molekulare Rückverfolgung der Erreger

Welcher Fisch kommt auf den Teller? 20
Ein EU-Projekt als Impulsgeber für die Fischartenidentifizierung

Forellenzucht in Deutschland 24
Haben lokale Betriebe im internationalen Vergleich eine langfristige Perspektive?

Hochwertiger Fisch für den Verbraucher 28
Qualität auf dem Prüfstand

Forensische Hydrologie 32
Dem Wasser auf der Spur

Interview 36

UFOs in der Nordsee 36
Automatisches Monitoring-System zur Überwachung der Fischbestände

Forschung mittendrin 40

Ostseedorsch am Tropf der Nordsee 40
Gut für die Umwelt ist nicht immer gut für die Fischbestände

Portrait 44

Nachhaltige Landwirtschaft für den Meeresschutz 44
Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

Kristina Kappel 46
Auf Umwegen zum Fisch

Auf den Punkt gebracht 48

Ostseeschnäpel aus regionaler Aquakultur

Wie kann Haltungsstress aufgedeckt werden?

Der Ostseeschnäpel, auch Steinlachs oder Blaunase genannt, wurde bereits in den 1920 er und 30 er Jahren als kulinarische Spezialität Norddeutschlands geschätzt. Die starke Nachfrage besiegelte jedoch sein Schicksal: Bis in die 1950 er Jahre gingen die Bestände rapide zurück. Nur umfangreiche Besatzprogramme der letzten Jahre konnten ein Aussterben des Ostseeschnäpels verhindern. Seit fast zehn Jahren entwickeln ausgewählte Fischproduktionsbetriebe in Mecklenburg-Vorpommern erfolgreich ein Konzept für die Zucht des Ostseeschnäpels, um die steigende Nachfrage nach lokalen Fischereiprodukten befriedigen zu können. Forscher des Leibniz-Instituts für Nutztierbiologie (FBN) begleiten das Projekt.

Wie die Regenbogenforelle (*Oncorhynchus mykiss*) und der Atlantische Lachs (*Salmo salar*) zählt der Ostseeschnäpel (*Coregonus maraena*) zu den Lachsfischen. Er kommt aber im Gegensatz zu seinen „Schwesterarten" nicht überall auf der Welt, sondern nur im Ostseeraum vor. Da der Bestand des Ostseeschnäpels trotz wiederholter Besatzmaßnahmen stark gefährdet ist, wird er auf der Roten Liste bedrohter Tierarten geführt. Ursache für die Bedrohung sind vor allem negative gewässerbauliche Maßnahmen. Hinzu kommt die starke regionale Nachfrage nach dieser schmackhaften Fischart. Einen Ausweg bieten deshalb die Schaffung einer robusten Zuchtlinie des Schnäpel und deren Haltung in der Aquakultur. In einem Pilotversuch nehmen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Abteilung Fisch-

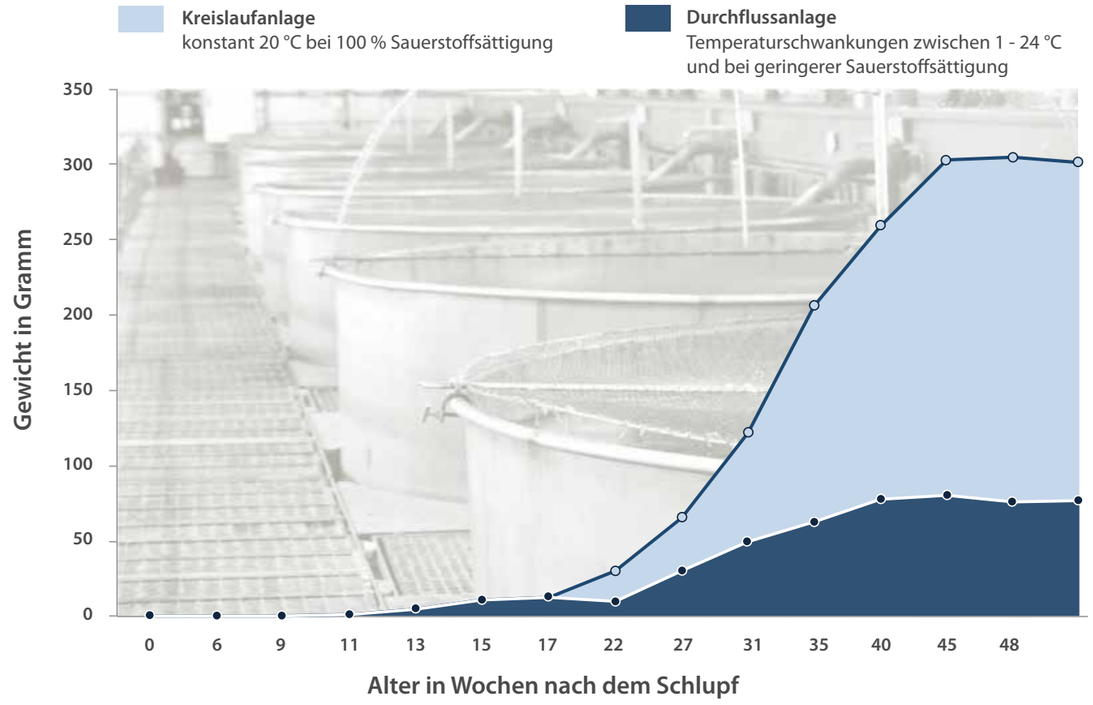


Abbildung 1: Wachstumsleistung von Schnäpeln in den unterschiedlichen Aquakultursystemen; im Hintergrund Durchflussanlage in Born

genetik am FBN in Dummerstorf zusammen mit ihren Kolleginnen und Kollegen der Landesforschungsanstalt Mecklenburg-Vopommern (LFA-MV) eine erste Einschätzung geeigneter Haltungsbedingungen vor. In einem langfristigen Versuch wurde die Aufzucht von Ostseeschnäpeln in zwei Anlagen miteinander verglichen, indem produktionsrelevante Leistungsparameter der Fische bestimmt wurden. Parallel dazu simulierten die Forscher in mehrwöchigen Versuchen praxisnah Stress durch definierte Temperaturveränderungen oder veränderten Besatz, um dessen Auswirkungen auf molekularer Ebene zu bestimmen. Diese Analysen werden am Ende des Projekts zusammengeführt und liefern wesentliche Hinweise, um das Stressadaptationspotenzial des Schnäpels in Aquakultur bewerten zu können.

Am Standort Born in der Vorpommerschen Boddenlandschaft wurden fast ein Jahr lang Größe und Gewicht von Ostseeschnäpeln gemessen. Sie wurden bei gleichem Futteraufwand in zwei verschiedenen Systemen aufgezogen. Beide Systeme werden mit Brackwasser aus dem Bodden gespeist, es gibt jedoch entscheidende Unterschiede: Eines der Systeme ist eine Kreislaufanlage, in der definierte Wasserparameter vorherrschen; das andere ist eine Durchflussanlage, in der Temperatur, pH-Wert und Sauerstoffgehalt des Wassers jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Schnäpel, die in der Durchflussanlage aufgezogen wurden, erreichten zum Ende des Erfassungszeitraums etwa nur zwei Drittel der Länge und sogar nur ein Viertel des Gewichts ihrer Artgenossen aus der Kreislaufanlage (Abb. 1). Diese unterschiedlichen Zuwachsleistungen veranschaulichen, wie entscheidend optimale Haltungsbedingungen für eine ökonomische Produktion sind. Aus den Daten lässt sich ableiten, dass der Ostseeschnäpel empfindlich auf Umweltstress reagiert und viel Energie für dessen Verarbeitung aufwenden muss, was deutliche Wachstumsdefizite nach sich zieht. Bislang gibt es jedoch vergleichsweise wenige tiefergehende Analysen zur Stressphysiologie der Fische und insbesondere der Schnäpel. Beispielsweise fehlen molekulare Analysen zu Kandidatengenen, die bei Stress im Schnäpel aktiviert werden und Einfluss auf ökonomisch relevante Leistungsmerkmale haben. Im Hinblick auf eine wirtschaftliche Zucht von Ostseeschnäpeln könnte der Nachweis dieser Kandidatengene, die nur bei Stress auftreten, ungeeignete Haltungsbedingungen anzeigen und somit dazu beitragen, diese zu verbessern. Darum ist die Identifizierung solcher Gene ein wesentliches Ziel des Projektes.

„Gestresste“ Gene als Frühwarnsystem

Die FBN-Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben langjährige molekularbiologische und immunologische Erfahrungen mit Lachsfischen gesammelt. Welche Bedingungen in Aquakultursystemen physiologische Stressreaktionen hervorrufen, war eine zentrale Fragestellung der letzten Jahre (ForschungsReport spezial 2013). Simulierte Belastungssituationen, die typischerweise in der Aquakultur auftreten können, aktivierten charakteristische Gene, die auch als diagnostische „Biomarker“ bezeichnet werden. Sowohl in der Forelle als auch im Ostseeschnäpel wird z. B. bei hohen Wassertemperaturen hauptsächlich eine Reihe von Hitzeschock-Gen aktiviert.

Im Gegensatz dazu sind metabolische Marker wie der Blutzuckerspiegel einfacher zu bestimmen. Zahlreiche Untersuchungen an Nutztierarten und auch am Menschen konnten belegen, dass Stress den Blutzuckerspiegel erhöht. Die verfügbare Konzentration des Zuckermoleküls Glukose im Blutplasma wird aber nicht durch nur ein Gen, sondern durch eine Vielzahl von Genen gesteuert. Auch in Lachsfischen lässt sich unter Stressbedingungen – etwa bei hohen Besatzdichten – eine signifikant erhöhte Glukose-Konzentration im Blut messen. Um die Gene zu identifizieren, die an der Mobilisierung der Glukose im Fisch beteiligt sind, nutzen die Forscher eine als „Transkriptomanalyse“ bezeichnete Technik. Sie basiert auf Biochips, die annähernd alle Gene des Erbguts repräsentieren und ist eine sehr effiziente Methode, um mögliche Indikatorgene zu identifizieren. Während die humane Biomarker-Forschung seit Jahren verlässliche Indikatoren für Krankheiten oder Umweltbelastungen generiert, sind für Fische relativ wenige Biomarker bekannt. Dabei bieten sie die Möglichkeit, schnell und zuverlässig den Zustand eines Individuums abzuschätzen.

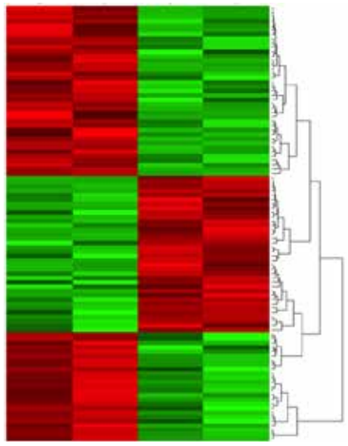
Biomarker für Besatzdichtestress

Wie die Forelle ist auch der Schnäpel ein Schwarmfisch. Zu geringe Besatzdichten bedeuten für die Tiere Stress, der sich durch aggressives Verhalten äußert. Zu hohe Besatzdichten ziehen hingegen unter anderem eine sich schnell verschlechternde Wasserqualität nach sich. Basierend auf Erfahrungen aus der Forellenzucht, wurden Ostseeschnäpel in Kreislaufsystemen in moderaten oder hohen Besatzdichten gehalten. Aus den Schnäpeln wurden Gewebeproben entnommen und einer Transkriptomanalyse unterzogen (Abb. 2). In Fischen aus Aquarien mit hoher Besatzdichte war ein

Stressexperiment

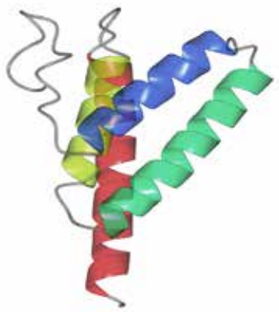
Aus Gewebeproben gestresster Fische werden Nukleinsäuren isoliert und mit Hilfe eines Biochips untersucht

Transkriptomanalyse



Diese Transskriptomanalyse zeigt auf, welche Gene bei Stress an- (rot) oder ausgeschaltet (grün) werden

Serumamyloid A



Eines dieser angeschaltenen Gene ist Serumamyloid A, dessen Struktur Rückschlüsse auf seine Funktion erlaubt

Abbildung 2: Übersicht der Etappen auf dem Weg zu einem potenziellen Biomarker

Gen stark aktiviert, das als Serumamyloid-A-Gen in einer ähnlichen Variante auch im Menschen bekannt ist. Es kodiert für ein Apolipoprotein, eine wichtige Komponente der sogenannten „Akute-Phase-Reaktion“. Diese begleitet primär die frühe Abwehr von Keimen, aber prinzipiell spielt sie dann eine Rolle, wenn physiologische Mechanismen aus dem Gleichgewicht geraten sind. Serumamyloid-A wird dementsprechend als diagnostischer Marker für Leberkarzinome, Lungensklerose, Blinddarmentzündung oder Adipositas in der Humanmedizin geschätzt.

Aufgrund dieser ersten Beobachtungen und der Bedeutung in der Humanmedizin ist Serumamyloid-A ein interessanter Kandidat, um Besatzdichtestress beim Ostseeschnäpel anzuzeigen. Tiefergehende Untersuchungen müssen dies aber erst noch bestätigen.

Eine wesentliche Voraussetzung für die Charakterisierung von potenziellen Biomarker-Genen ist zunächst die Entschlüsselung ihres genetischen Codes. Das Ostseeschnäpel-Erbgut wird aktuell am FBN analysiert. Dafür wurden sowohl Fischlarven als auch verschiedene Gewebe juveniler Schnäpel einem Verfahren unterzogen, das als „next generation sequencing“ (NGS) bezeichnet und im ForschungsReport 2/2014 („Ein Virus wird entdeckt“) detailliert erläutert wurde. Die resultierenden Datensätze enthalten eine Fülle an Informationen, unter anderem über die Baupläne aller Proteine, die im Schnäpel synthetisiert werden. Diese Baupläne unterscheiden sich mehr oder weniger in allen Organismen, auch zwischen Schnäpel, Forelle und Lachs. Die strukturellen Informationen, die die NGS-Technologie zum Serumamyloid-A-Gen des Schnäpels lieferte, wurden auf ein räumliches Modell des resultierenden Proteins übertragen (Abb. 2). Dieses Serumamyloid-A-Modell weist eine überzeugende Ähnlichkeit zu seinem Pendant im Menschen auf und erlaubt Rückschlüsse auf gemeinsame Funktionen. Vielfach haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am FBN ähnliche Strukturdaten genutzt und interessante Gene in einem Zellmodell aktiviert, um Aspekte ihres Funktionsspektrums zu ergründen. Diese Studien auf zellulärer Ebene werden zukünftige Experimente zu Stressbewältigungsstrategien im Schnäpel begleiten und ergänzen, um die Belastbarkeit von Serumamyloid-A und anderen potenziellen Biomarkern im Schnäpel auszuloten. Die vielfältigen Möglichkeiten, die die Molekularbiologie bietet, sollen die Etablierung einer Ostseeschnäpel-Aquakultur beglei-

Abbildung 3: Dr. Alexander Rebl, Mareen Nipkow, PD Dr. Tom Goldammer

ten, um letztendlich einen stabilen, reproduzierbaren Produktionszyklus zu gewährleisten. Das Pilotprojekt bestätigte, dass der Ostseeschnäpel grundsätzlich in Aquakultursystemen gehalten werden kann, auch wenn – abhängig vom Aufbau einer solchen Anlage – signifikante Unterschiede hinsichtlich der Zuwachsleistung bestehen. Die Produktion neuer Besatzfische für die Aufstockung der Wildpopulation ist ein weiterer wichtiger Erfolg des Projekts zur Schnäpelzucht in Mecklenburg-Vorpommern.

LEIBNIZ-INSTITUT FÜR NUTZTIERBIOLOGIE

Dr. Alexander Rebl[1], Mareen Nipkow[1], PD Dr. Tom Goldammer[1], Carsten Kühn[2]
[1]Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN),
[2]Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei, Mecklenburg-Vorpommern

E-Mail: rebl@fbn-dummerstorf.de

Zunehmende Beachtung von Fisch als Lebensmittel

Weiterentwicklung des Standardwerks für Nährwerttabellen

Nährwert- und Energieangaben sind heute von keiner Lebensmittelverpackung mehr wegzudenken. Themen wie ausgewogene Ernährung und Kaloriengehalte von Lebensmitteln sind in aller Munde. Der Griff zur Nährwerttabelle, egal ob in Buch- oder Online-Version, ist Routine. Die damit verbundenen Naturwissenschaften Lebensmittelchemie und Ernährungswissenschaften sind jung und entwickelten sich erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts. Von Beginn an war die Zusammensetzung von Lebensmitteln ein zentraler Aspekt dieser Forschungsbereiche.

Im 20. Jahrhundert kam es zu bahnbrechenden Erkenntnissen im Bereich der Lebenswissenschaften. Neue Untersuchungsmethoden ermöglichten u. a. die Entdeckung der Vitamine sowie die Spezifizierung von Amino- und Fettsäuren. Diesem neuen Wissensstand sollte und wollte man Rechnung tragen. Darum erteilte das Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten im Jahr 1962 der Deutschen Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA) den Auftrag, eine Sammlung und Auswertung von Analysenmaterial über die wichtigsten Lebensmittel zusammenzuführen und in tabellarischen Übersichten zu veröffentlichen. Der damalige Leiter der DFA, Prof. Dr. Walter Souci, übernahm zusammen mit seinen Kollegen Prof. Dr. Heinrich Kraut und Dr. Walter Fachmann diese Aufgabe. Es entstand das Tabellenwerk des *Souci-Fachmann-Kraut*, zuerst als Loseblattsammlung und ab 1981 auch in Buchform. Der *Souci-Fachmann-Kraut* entwickelte sich rasch zu einem Standardwerk im Bereich Nährwerttabellen. Neben dem für Fachkräfte konzipierten Großen *Souci-Fachmann-Kraut* in Buchform gibt es seit 2000 auch eine Online-Version. Für interessierte Laien wird seit 1987 auch der Kleine *Souci-Fachmann-Kraut* in Form eines handlichen Nachschlagewerkes herausgegeben, inzwischen schon in der 5. Auflage (Abb. 1).

Die Daten des *Souci-Fachmann-Kraut* werden an der DFA heute unter der Leitung des Direktors Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle, kontinuierlich aktualisiert und erweitert. Es werden sowohl neue Lebensmittel aufgenommen als auch die Inhaltsstoffe bereits in den Tabellen enthaltener Lebensmittel ergänzt. Die Daten werden teils durch Literaturrecherche unter Verwendung repräsentativer wissenschaftlicher Publikationen, seit neuestem auch verstärkt durch institutsinterne Analysen ermittelt. Damit möchte man den geänderten Anforderungen an eine moderne Ernährung gerecht werden: Nahrung soll nicht nur sättigen, sondern auch den Erhalt der Gesundheit fördern. So finden sich im Souci-Fachmann-Kraut neben Daten für die Grundnährstoffe, Vitamine, Mineralstoffe, Ballaststoffe u. a. auch Angaben zu sekundären Pflanzenstoffen.

Neue Angaben bei Fisch

Für die demnächst erscheinende Neuauflage des *Souci-Fachmann-Kraut* wurden u. a. die Fettsäuregehalte von Fischen und Fischprodukten umfassend erweitert und ergänzt. Viele der recherchierten Daten, die mit Gaschromatographie-Massenspektrometrie ermittelt wurden, stammen von Fischen aus Aquakulturen, die heute einen wichtigen Beitrag zur Deckung des Bedarfs am Nahrungsmittel Fisch leisten. Bei der Auswertung der Daten fiel auf, dass es tendenzielle Unterschiede der Gehalte an Fett und Fettsäuren in Wild- und Zuchtform der gleichen Fischart gibt. Verantwortlich hierfür ist wahrscheinlich die unterschiedliche Zusammensetzung des jeweiligen Futters, da die Fettdepots bei Fischen aus den in der Nahrung enthaltenen Fetten stammen. So beziehen Wildfische die ernährungsphysiologisch wertvollen omega-3-Fettsäuren aus dem Verzehr des Phytoplanktons, Zuchtfische dagegen aus Fischöl.

Abbildung 1: Der Kleine *Souci-Fachmann-Kraut*

Fettgehalte von Dorade, Lachs und Forelle

Bei der Dorade royale (Goldbrasse; *Sparus aurata*), die im Mittelmeer beheimatet ist und sich als Speisefisch großer Beliebtheit erfreut, zeigte sich ein leicht erhöhter Fettgehalt in der Zuchtform im Vergleich zur Wildform. Auch der Gehalt an Ölsäure war in der Zuchtform deutlich höher als in der Wildform. Demgegenüber waren alle Gehalte der berücksichtigten omega-3-Fettsäuren in der Zuchtform niedriger (Abb. 2).

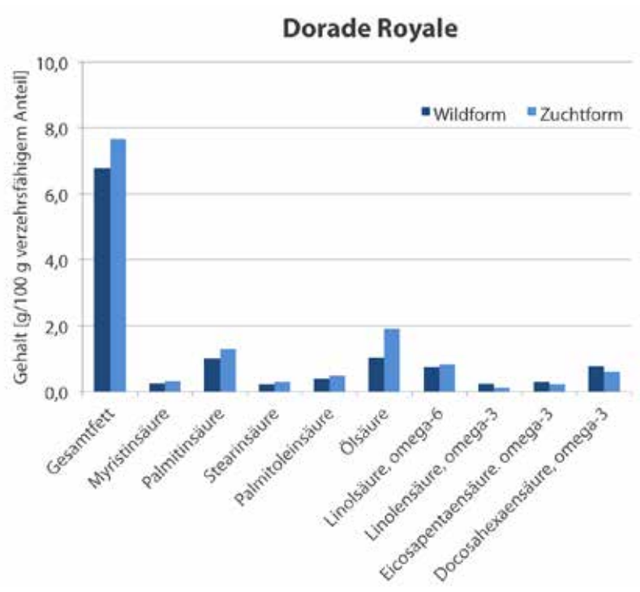


Abbildung 2: Vergleich des Gesamtfettgehaltes und Fettsäuregehalte der ernährungsphysiologisch wichtigsten Fettsäuren in Zucht- und Wildfisch bei der Dorade royale.

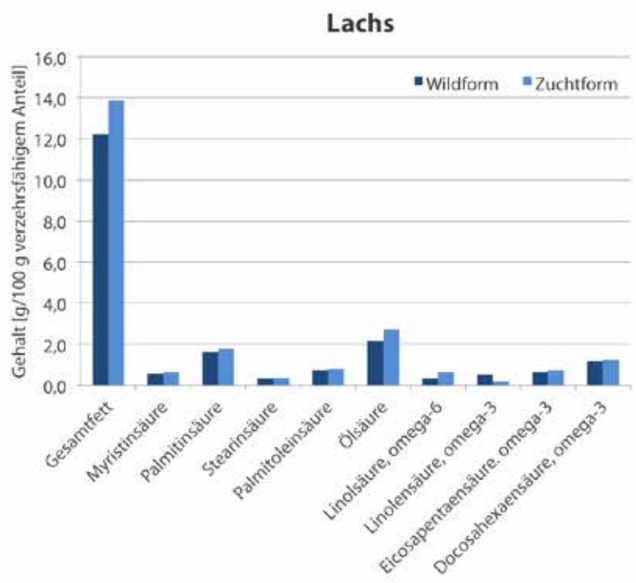


Abbildung 3: Vergleich des Gesamtfettgehaltes und Fettsäuregehalte der ernährungsphysiologisch wichtigsten Fettsäuren in Zucht- und Wildfisch des Lachses.

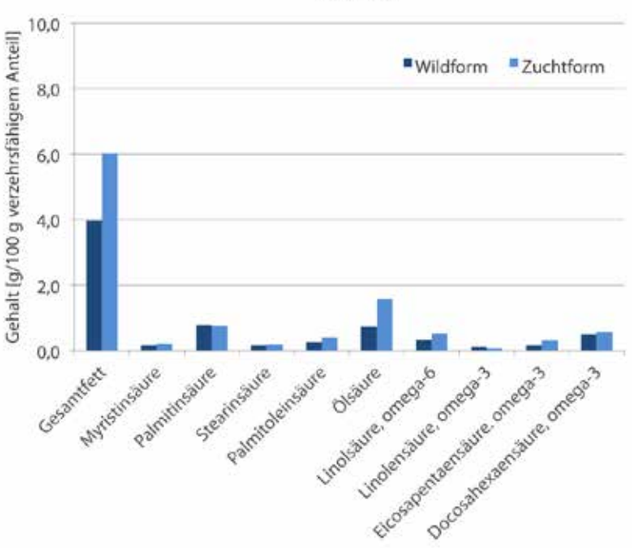


Abbildung 4: Vergleich des Gesamtfettgehaltes und Fettsäuregehalte der ernährungsphysiologisch wichtigsten Fettsäuren in Zucht- und Wildfisch der Forelle.

Der atlantische Lachs (*Salmo salar*) gehört zur Familie der Lachsfische (*Salmonidae*). Er gilt als Wanderfisch, da er von seinem Geburtsort im Süßwasser in den atlantischen Ozean wandert, dort den größten Teil seiner Lebenszeit verbringt und zum Laichen wieder in sein Geburtsgewässer zurückkehrt. Allerdings verlieren die Fische während der Wanderung vom Meer in die Heimatgewässer zum Ablaichen bis zu 40 Prozent ihres Gewichts.

Der Lachs ist schon seit der Antike ein sehr beliebter Speisefisch, der sich durch orange-rosa bis dunkelrot gefärbtes Fleisch auszeichnet und wegen seines relativ hohen Fettgehalts zu den Fettfischen zählt. Seine Popularität beim Konsumenten hat, auch bedingt durch den Ausbau der Aquakulturen, beträchtlich zugenommen.

Hinsichtlich des Fettgehaltes zeigte sich – wie schon bei der Dorade royale – ein leicht erhöhter Gehalt in der Zuchtform des Lachses verglichen mit der Wildform.

Auch lag der Ölsäuregehalt der Zuchtform leicht über dem der Wildform. Ein verringerter Gehalt an omega-3-Fettsäuren in der Zuchtform zeigte sich jedoch nur im Fall der dreifach ungesättigten Linolensäure (Abb. 3).

Die Forelle (*Salmo trutta*) ist die bedeutendste Fischart der deutschen Binnenfischerei. Forellen gehören zur Familie der Lachsfische und können sowohl im Süßwasser als auch im Salzwasser leben. Reine Süßwasserfische sind die Bachforelle und die Regenbogenforelle, beide die am häufigsten verzehrten Forellenarten. Während die Bachforelle nur ca. 20 Zentimeter lang wird, erreichen die Regenbogenforellen eine Länge von bis zu 70 Zentimetern und ein Gewicht von bis zu sieben Kilogramm.

Wie schon im Fall der Dorade royale und des Lachses wiesen die Süßwasser-Forellen aus der Aquakultur einen erhöhten Fettgehalt im Vergleich zu den Wildfischen auf. Auch der Ölsäuregehalt lag deutlich über dem des Wildfisches. Der Gehalt an Linolensäure lag in der Wildform wie beim Lachs über dem der Zuchtform (Abb. 4).

Abbildung 5 und 6: Fisch sorgt für eine ausgewogene und gesunde Ernährung

Wild- und Zuchtfisch – beide für eine ausgewogene Ernährung wertvoll

Insgesamt ließ sich bei allen drei Fischarten feststellen, dass der durchschnittliche Fettgehalt der Zuchtformen höher ist als derjenige der Wildformen. Dies ist vermutlich die Folge einer regelmäßigen und mengenmäßig adäquaten Fütterung bei Zuchtfischen, während bei Wildfischen ein – je nach Lebensraum und Jahreszeit – schwankendes Nahrungsangebot zur Verfügung steht. Zudem verfügen die Zuchtfische nicht über den großen Bewegungsraum von Wildfischen, was zu einer Erhöhung des Anteils an Fettgewebe führen kann.

Ebenso ließ sich bei allen drei Fischarten feststellen, dass die Schwankungsbreite innerhalb der Werte für den durchschnittlichen Gesamtfettgehalt und den Gehalt an Fettsäuren bei den Wildformen größer ist. So schwankt der Fettgehalt der Wildform der Dorade royale von 0,57 bis 12,4 Gramm pro 100 Gramm verzehrsfähigem Anteil, während die Fettwerte bei der Zuchtform zwischen 4,8 Gramm und 10,1 Gramm pro 100 Gramm verzehrsfähigem Anteil liegen. Auch dies kann eine Folge des unterschiedlichen Nahrungsangebots und der größeren Bewegungsfreiheit sein. Wildfische können zum Zeitpunkt ihres Fangs viel größere Schwankungen in den Körperdaten aufweisen, während bei Zuchtfischen der Zeitpunkt des Fangs genau auf ein bestimmtes Entwicklungsstadium abgestimmt ist.

Während der Gehalt an gesättigten Fettsäuren und auch an einfach- und mehrfach ungesättigten Fettsäuren bei den Zuchtfischen – vermutlich als Folge des höheren Gesamtfettgehalts – höher ist als bei den Wildformen, gilt das nicht für den Gehalt an Linolensäure. Die Wildform der betrachteten Fischarten enthält jeweils mehr Linolensäure als die Zuchtform. Eine ernährungsphysiologische Bedeutung für den Menschen hat dies allerdings nicht.

Bei Betrachtung des Fettgehaltes und der Fettsäurezusammensetzung von Wild- und Zuchtform derselben Fischart lassen sich zwar tendenzielle Unterschiede feststellen, allerdings ist davon auszugehen, dass es aus ernährungsphysiologischer Sicht nebensächlich ist, ob die Zucht- oder die Wildform verzehrt wird.

Im Sinne der von der Deutschen Gesellschaft für Ernährung empfohlenen ein bis zwei Fischmahlzeiten pro Woche sind sowohl Wild- als auch Zuchtform hinsichtlich des Fettgehaltes und der Fettsäurezusammensetzung für eine ausgewogene Ernährung geeignet.

Dr. Gaby Andersen, Heike Köhler
Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie,
Leibniz-Institut, Freising

E-Mail: gaby.andersen@lrz.tu-muenchen.de

Mikroplastik

Eine Grundlage für die Risikobewertung wird entwickelt

Kunststoffe sind derzeit nicht aus unserem Alltag wegzudenken. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil unserer Lebensumwelt und werden im häuslichen, gewerblichen und industriellen Bereich eingesetzt. Die Kontamination unserer Umwelt mit Plastik wurde bereits in den 1970 er Jahren eingehend beschrieben. Systematisch wurde die Verbreitung kleinerer Plastikpartikel und -fasern in den Weltmeeren zum ersten Mal von Professor R. C. Thompson, einem Wissenschaftler der Universität Plymouth (UK) untersucht. Sein Forschungsbericht wurde 2004 in der renommierten wissenschaftlichen Zeitschrift „Science“ veröffentlicht.

Allein in Deutschland wurden im Jahr 2011 ungefähr zehn Millionen Tonnen Kunststoffe in Form verschiedenster Produkte neu in den Markt abgegeben, gemäß einer Veröffentlichung des Umweltbundesamtes. Dementsprechend hoch ist auch der Prozentsatz an anfallendem Plastikmüll. Trotz guter und umfassender Gesetzgebung in Deutschland werden davon laut Umweltbundesamt ca. 29 Prozent nicht recycelt und können daher direkt oder indirekt in die Umwelt eingetragen werden. Mittlerweile können winzige Kunststofffasern und -partikel mit einer Größe von maximal fünf Millimetern, sogenannte Mikroplastikpartikel (Mikrokunststoffpartikel und Mikrokunststoffasern), nicht nur in Ozeanen, Flussläufen, Binnengewässern und Kläranlagen, sondern überall in der Umwelt, insbesondere auch in Bodenproben nachgewiesen werden. Im Zooplankton, in verschiedenen Schalentieren und in Seevögeln wurden ebenfalls Mikroplastikpartikel gefunden. Es besteht die potenzielle Gefahr, dass sich Mikroplastikpartikel in der Nahrungskette ansammeln. Verunreinigungen von Lebensmitteln mit winzigen Plastikpartikeln sind daher möglich.

Abbildung 1 und 2: Mikroplastik in kosmetischen Mitteln

Der Weg von Mikroplastik

Mikroplastik kommt inzwischen überall in der Umwelt vor. Es wird über verschiedene Wege in die Umwelt eingebracht: zum einen durch den gezielten Einsatz in kosmetischen Mitteln (Abb. 1) wie Zahnpasta, Peeling Cremes, und Duschgelen, zum anderen können auch Waschmittel Mikrokunststoffpartikel enthalten, die über das Abwasser in die Umwelt gelangen. In Laborversuchen konnte die Bildung von Mikroplastik als Abrieb von verschiedenen Kunststofftextilien im Waschwasser nachgewiesen werden. Ungeklärt bleibt, welchen Beitrag der Abrieb aus Waschwasser zur generellen Umweltkontamination mit Mikroplastik leistet.

Mikroplastikpartikel können über die Abwässer in Flüsse und Meere gelangen und einen signifikanten Beitrag zu der dort beschriebenen Akkumulation darstellen. Weiterhin können Zersetzungsprozesse oder physikalische Zerkleinerung größerer Plastikpartikel, die sich bereits in der Umwelt befinden, zur Entstehung sekundären Mikroplastiks in der Umwelt beitragen. Hierzu zählt vor allem nicht sachgemäß entsorgter bzw. weggeworfener Plastikmüll, der in der Umwelt zu mikrofeinen Partikeln zerrieben wird. Diese könnten über das Wasser, aber auch über die Luft verbreitet und in den Böden abgelagert werden. Durch die fortschreitende Zersetzung von größeren Plastikteilchen zu Mikroplastik ist zu erwarten, dass sich in Zukunft die in der Umwelt angereicherte Mikroplastikmenge erheblich vergrößern wird.

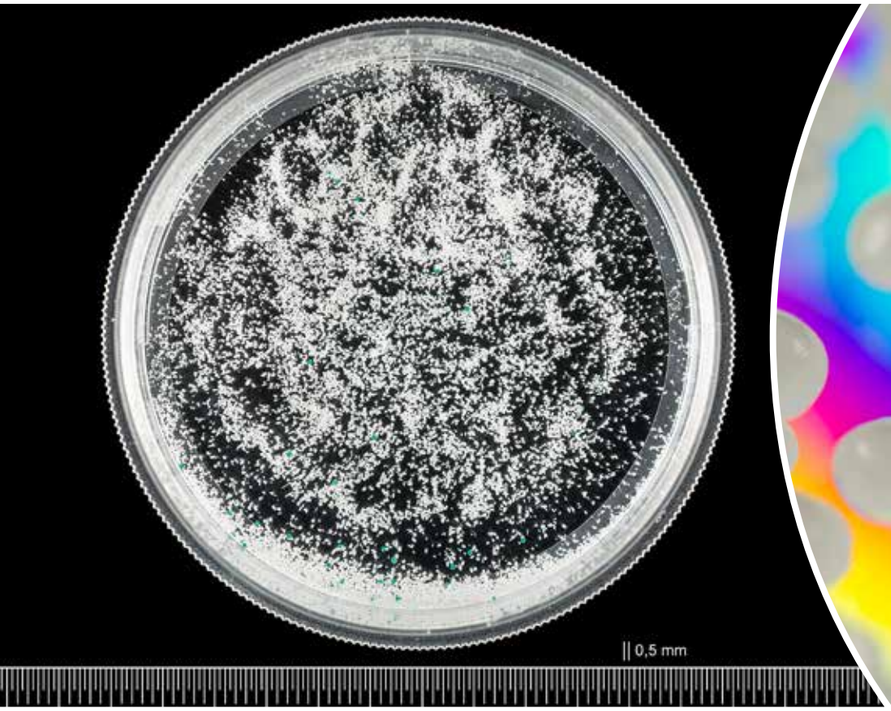
Über Pflanzen, Zooplankton, Muscheln und Fische können die so entstandenen Mikroplastikpartikel wieder in die Nahrungskette und möglicherweise auch auf unsere Teller gelangen.

Wissenschaftliche Bewertungen denkbarer gesundheitlicher Risiken und von Risiken für die Umwelt sind derzeit mit großen Unsicherheiten behaftet. Ungeklärt ist bislang, ob sich an Mikroplastikpartikeln Stoffe wie langlebige organische Substanzen oder Nanopartikel anlagern können (Carrier-Funktion), die Verbraucher dann über die Nahrung aufnehmen. Derzeit ist auch nicht bekannt, wie häufig Verbraucher mit Mikroplastik in Kontakt kommen und wie viel sie davon in den Körper aufnehmen. Es wird angenommen, dass Mikrokunststoffpartikel aus Polyamid, Polyester, Polypropylen und Polyethylen am häufigsten vorkommen. Aus ihnen könnten beispielsweise Zusätze wie Weichmacher freigesetzt werden.

Analytische Methoden als Grundlage für die Bewertung

Wichtig für das weitere Vorgehen ist deshalb, die Fragestellungen zu spezifizieren und die Forschung zu verstärken, um eine bessere Datengrundlage für die Risikobewertung zu schaffen.

Bislang liegen wenige Daten und Erkenntnisse zu Konzentrationen und Eintragsquellen von Mikroplastikpartikeln sowie über die mögliche Bildung von Sekundärplastikpartikeln vor. Geeignete analytische Nachweismethoden fehlen, um sowohl über die Herkunft der Plastikpartikel, als auch über eventuelle toxikologische Effekte von Mikroplastik exakte wissenschaftliche Aussagen treffen zu können.



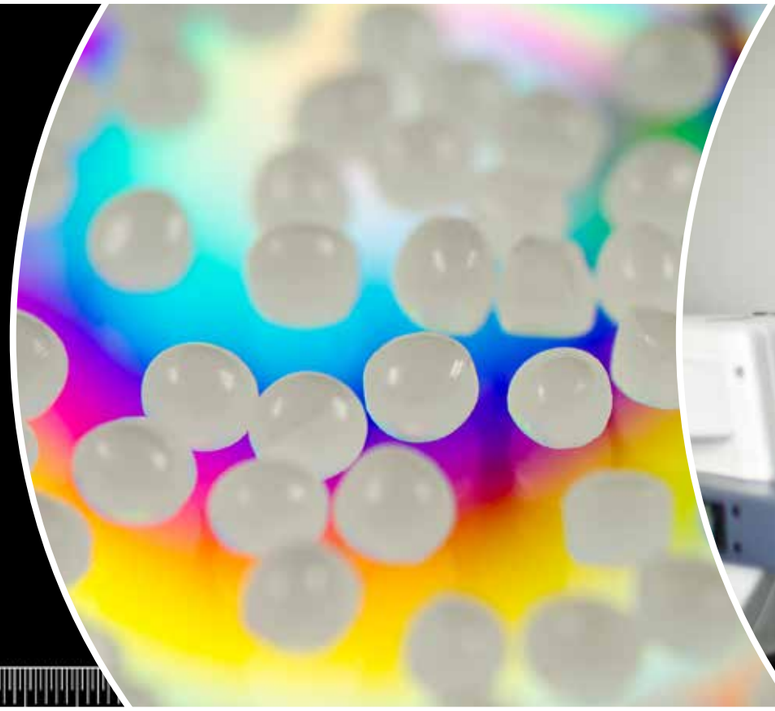


Abbildung 3: Aus Duschgel isolierte Mikroplastikpartikel; Abbildung 4: Plastikpelletpartikel werden für eine Vielzahl von Anwendungen in der Industrie eingesetzt

Abbildung 5: Messung mit dem Fourier-Transform-Infrarot-Spektrometer

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) entwickeln deshalb mit Nachdruck validierte analytische Nachweismethoden für die verschiedenen Matrices wie Wasser, Boden, Luft oder Lebensmittel, in denen Mikroplastik vorkommen kann. Derzeit wird Mikroplastik mit sehr unterschiedlichen Methoden nachgewiesen. Ein direkter Vergleich der Daten ist somit nicht möglich. Eine einheitliche Analytik ist jedoch Voraussetzung für weitere Untersuchungen und für Monitoring-Programme zur qualitativen und quantitativen Verbreitung von Mikroplastik in Lebensmitteln und dem Ökosystem.

Hierzu werden am BfR insbesondere die Fourier-Transform-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) sowie die Pyrolyse-Gaschromatographie-Massenspektrometrie eingesetzt. Die FTIR ist eine spektroskopische „Fingerprint"-Methode, die in der chemischen Analytik Anwendung findet. Hierbei werden durch Infrarot- oder Wärmestrahlung Schwingungen und Rotationen der Moleküle bzw. Molekülgruppen im Plastikpolymer angeregt. Für jeden Kunststoff entsteht ein charakteristisches IR-Spektrum, der sogenannte „Fingerprint". Anhand eines solchen Fingerabdrucks erfolgt dann die Identifizierung des jeweiligen Kunststoffes (Polyethylen, Polypropylen etc.). Kunststoffpolymere bestehen jedoch nicht nur aus dem entsprechenden Polymer, sondern beinhalten zusätzliche Stoffe wie Stabilisatoren als UV-Schutz oder Weichmacher, die z. B. im PVC die Elastizität gewährleisten. Diese Zusatzstoffe tragen in signifikanter Weise zum FTIR-Fingerabdruck bei. Da für die Produktion von Polymerverbindungen eine sehr große Vielfalt von Stabilisatoren und Weichmachern verwendet wird und diese in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen eingesetzt werden, ergeben sich charakteristische Fingerabdrücke für jede einzelne Kombination. Die zu entwickelnde Methode soll zur Rückverfolgung der Polymerverbindungen herangezogen werden und die Frage beantworten, ob und wenn ja in welchem Umfang Mikroplastikpartikel von kosmetischen Produkten, Spielzeugartikeln, Verbrauchs- oder anderen Bedarfsgegenständen stammen.

Die FTIR kann auch als bildgebende Analysentechnik angewandt werden. Hierbei wird ein pixelaufgelöstes Bild erzeugt, bei dem zu jedem Einzelpixel das zugehörige IR-Spektrum hinterlegt ist. Dieses Spektrum beinhaltet somit eine ortsaufgelöste chemische Zusammensetzung mithilfe derer sich einzelne Mikroplastikpartikel identifizieren lassen.

Als weitere Analysenmethode wird am BfR die Pyrolyse-Gaschromatographie gekoppelt mit Massenspektrometrie (Py-GC-MS), zur Identifizierung von Mikroplastikpartikeln eingesetzt. Hierbei handelt es sich um eine Methode, bei der die Plastikpolymerverbindungen in einer sogenannten „Pyrolysekammer" bei sehr hohen Temperaturen (über 500 Grad Celsius) zersetzt werden. Die entstehenden flüchtigen Verbindungen werden dann zunächst in einem Gaschromatographen aufgetrennt und schließlich im Massenspektrometer vermessen. Hierzu wird jede Einzelverbindung in kleinere, geladene Bruchstücke aufgespalten, die in der Summe ein spezifisches Massenspektrum für jede chemische Verbindung ergeben und so deren Identifizierung ermöglichen. Auch die auf diese Weise gewonnenen Daten, ein für jedes Polymer spezifisches Gaschromatogramm in Kombination mit massenspektrometrischen Daten, ergeben einen charakteristischen Fingerabdruck. Allerdings ist diese Methode wesentlich empfindlicher als die FTIR, selbst Spurenverunreinigungen im Nanogrammbereich lassen sich nachweisen. Die Methode hat jedoch den Nachteil, dass keine räumliche Auftrennung der Mikroplastikpartikel, wie im Falle der bildgebenden FTIR, möglich ist.

Derzeit laufen am BfR Untersuchungen zur Charakterisierung von Mikroplastikpartikeln unterschiedlicher Herkunft sowie Versuche zum Abbau von Plastikpartikeln unter umweltrelevanten Bedingungen (z. B. in Meerwasser). Die oben genannten Methoden sollen es künftig ermöglichen, Mikroplastikpartikel zu identifizieren und zu charakterisieren. Zusätzlich sollen Daten zur tatsächlichen Herkunft von Mikroplastikpartikeln erzeugt werden; Informationen die bis heute weitgehend fehlen.

BfR
Bundesinstitut für Risikobewertung

Dr. Harald Jungnickel, Dr. Peter Laux,
Prof. Dr. Dr. Andreas Luch
Bundesinstitut für Risikobewertung, Berlin

E-Mail: andreas.luch@bfr.bund.de

Fischseuchen in der Aquakultur

Molekulare Rückverfolgung der Erreger

In Deutschland beträgt der jährliche Pro-Kopf-Konsum von Fisch und Fischereierzeugnissen durchschnittlich etwa 14 Kilogramm Fanggewicht. Nur zu einem Viertel wird der Bedarf aus eigener Produktion gedeckt. Aufgrund der zunehmenden Überfischung der Meere gewinnt die Aquakultur, d. h. die kontrollierte Aufzucht von Karpfen, Forellen und zahlreichen anderen Arten wie Muscheln verstärkt an Bedeutung. Damit verbunden sind leider auch Erkrankungen der Fische, die zu ökonomischen Verlusten in der Aquakultur führen. Das Friedrich-Loeffler-Institut (FLI) untersucht virale Erreger anzeigepflichtiger Fischseuchen.

In Deutschland handelt es sich bei den Fischhaltungsbetrieben vorrangig um kleinere bis mittlere Betriebe, die teilweise im Nebenerwerb bewirtschaftet werden. 2013 wurden insgesamt 6.119 Aquakulturbetriebe mit einer Gesamtproduktion von ca. 25.500 Tonnen registriert. Dabei dominieren Betriebe mit Produktion und Aufzucht von Karpfen und Regenbogenforellen. Laut einer EU-Datenerhebung wurden 2013 in Deutschland 5.324 Teichwirtschaften mit der Haltung von Lachsartigen (Salmoniden) gemeldet; der überwiegende Teil davon produziert Forellen. In 15 Anlagen wurden Lachse und in ca. 1.200 Aquakulturbetrieben andere Salmoniden, meist Saiblinge, gehalten. Die Regenbogenforelle ist mit ca. 8.300 Tonnen die ertragsstärkste Art, gefolgt vom Gemeinen Karpfen mit ca. 5.700 Tonnen (Abb. 1).

Virale Fischseuchen, die durch kontaminierte Fischeier und/oder Fische verschleppt werden, führen zu erheblichen Verlusten in der Aquakultur. Zum Erhalt einer gesunden Aquakultur wurden gesetzliche Rahmenbedingungen auf nationaler und internationaler Ebene geschaffen:

In Aquakultur erzeugte Mengen in Tonnen

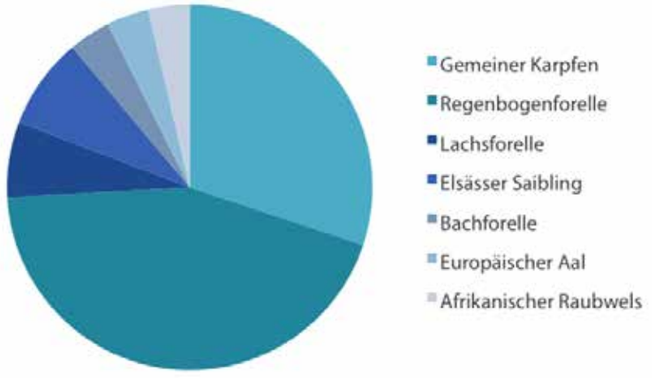


Abbildung 1: In deutscher Aquakultur erzeugte Menge Fisch in Tonnen

Tiergesundheitsgesetz, Fischseuchenverordnung, Richtlinie 2006/88 EG und deren Verordnungen. Eine Maßnahme ist die Melde- und Anzeigepflicht hochansteckender viraler Erkrankungen wie die Virale Hämorrhagische Septikämie (VHS), die Infektiöse Hämatopoetische Nekrose (IHN) und die Koi-Herpesvirus Infektion (KHV-I).

Bundesregierung fördert Forschungsvorhaben

Um das Wissen über die Verbreitung der viralen Erreger zu erhöhen und Möglichkeiten der Prävention und Kontrolle zu definieren, wird von der EU und dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft ein Verbundprojekt zur molekularen Rückverfolgbarkeit viraler Krankheitserreger in der Aquakultur gefördert. Sieben Forschungsgruppen aus Dänemark, Norwegen, Frankreich und Deutschland analysieren fünf verschiedene virale Erreger aus unterschiedlichen Ausbruchsgeschehen innerhalb Europas. In einer europäischen Datenbank werden sowohl die genetischen als auch die epidemiologischen Parameter erfasst. Basierend auf genetischen Merkmalen sollen sowohl die Phylogenese (Verwandtschaft) der Erreger als auch deren Evolution (Veränderung) untersucht werden. Die genetischen und epidemiologischen Daten werden in Simulationsmodellen eingefügt, um deren Einfluss auf verschiedene Kontrollstrategien zu beurteilen. Das FLI beschäftigt sich im Rahmen dieses Projektes vorrangig mit der Analyse der Erreger der IHN und VHS.

Fischseuchen IHN und VHS

Die VHS, durch das erstmalige Auftreten in dem dänischen Dorf Egtved auch Egtved-Erkrankung genannt, ist eine meist akut verlaufende Virus-Infektion in den Fischzuchtanlagen Europas. Seit 1937 trat die Erkrankung seuchenhaft in Forellenfarmen in Deutschland, Polen, Frankreich, Dänemark und der Schweiz auf. Bisher wurde dieser Erreger in fast allen europäischen Ländern mit Forellenzucht nachgewiesen, er kommt aber auch in Nordamerika, Japan und Südkorea vor. Es gibt Hinweise, dass die VHS ursprünglich eine marine Fischseuche war und erst durch die Verfütterung von marinen Fischprodukten auf Süßwasserfischanlagen übertragen wurde.

Der Erreger der IHN wurde erstmals 1957 in Lachsen entlang der pazifischen Küste Nordamerikas nachgewiesen. Der Erreger breitete sich weiter in Kanada und den Vereinigten Staaten aus. Mit der Intensivierung der Aquakultur verursachte der Erreger inzwischen auch erhebliche Verluste in Populationen der Süßwasserfische. 1976 wurde das Virus erstmals in Japan isoliert. Wenige Jahre später erschienen Berichte über das Auftreten der IHN in weiteren asiatischen (Taiwan, China und Korea) als auch europäischen Staaten (Frankreich, Italien, Schweiz und Belgien). Das IHN-Virus wurde 1992 erstmals in Deutschland nachgewiesen.

IHN- und VHS-Viren gehören zur Familie der *Rhabdoviridae*. Aufgrund klinischer und pathologisch-anatomischer Symptomatik lassen sich VHS und IHN nicht unterscheiden. Die auffälligsten Symptome der IHN und VHS sind:

- die Absonderung der Fische vom Schwarm,
- Lethargie und sporadische Hyperaktivität,
- Dunkelfärbung der Haut,
- das Hervortreten des Augapfels aus der Augenhöhle,
- Blutarmut,
- Auftreiben des Leibes,
- Blutungen vorrangig an den Flossenansätzen aber auch in Organen wie Milz und Niere,
- Entzündung der Darmschleimhaut sowie
- lange weißliche aus dem Rektum heraushängende Auswürfe.

Die klinischen Symptome werden unter natürlichen Bedingungen bei Wassertemperaturen von 4 bis 15 Grad Celsius ausgebildet. Die Inkubationszeit beträgt ein bis zwei Wochen und ist abhängig vom Alter der Fische, der Wassertemperatur, der Infektionsdosis und der Virulenz des Erregers.

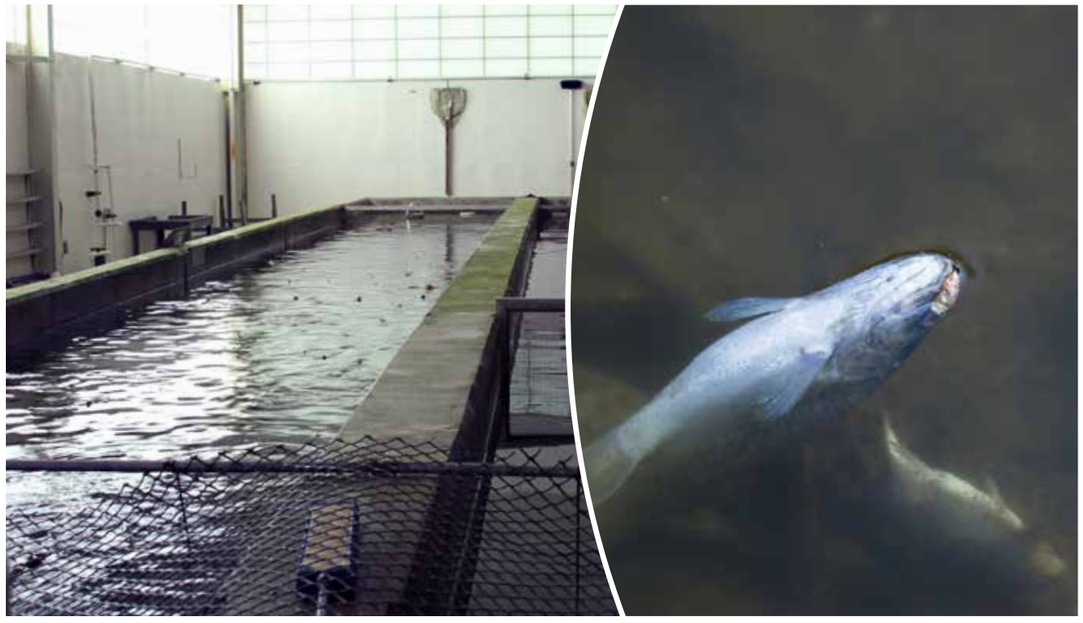


Abbildung 2 und 3: Fischseuchen treten auch in kleineren Zuchtbetrieben auf

Das Virus der VHS wurde inzwischen aus mehr als 80 Fischarten des Süß- und Salzwassers isoliert. Betroffen sind verschiedene Arten, insbesondere die Lachsartigen aber auch der Hecht, Hering, Dorsch und Plattfisch.

Das Spektrum IHN-Virus empfänglicher Arten umfasst hauptsächlich Pazifische Lachse, Atlantische Lachse sowie Regenbogenforellen.

Jährlich werden immer wieder Neuausbrüche von IHN und VHS gemeldet. Die Verbreitung der Viren in Deutschland erfolgt in den meisten Fällen durch den Handel mit infizierten Fischen. Neuausbrüche anzeige- und meldepflichtiger Tierseuchen werden in den Tierseuchen-Nachrichten (TSN) erfasst. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Zahl der IHN und VHS Neu-Feststellungen in Deutschland der letzten zehn Jahre.

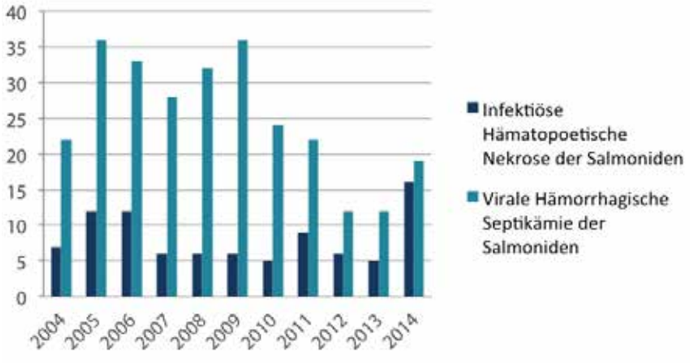


Abbildung 4: Jahresstatistik Infektiöse Hämatopoetische Nekrose und Virale Hämorrhagische Septikämie in Deutschland von 2004 bis 2014 (Quelle: Tierseuchennachrichtensystem Deutschland)

Molekulare Rückverfolgung von Virusisolaten

In Deutschland isolierte IHN- und VHS-Erreger sind der jeweiligen europäischen Genogruppe (M für IHN-Virus und Ia für VHS-Virus) zuzuordnen. Zur genetischen Charakterisierung wird die Sequenz des vollständigen Glykoprotein-Gens der Erreger ermittelt und mit vorhandenen Daten aus der internationalen und nationalen Datenbank verglichen. Die genetischen und epidemiologischen Parameter eines Ausbruchgeschehens werden gesammelt. Die VHS-Virus-Datenbank des FLI umfasst derzeit etwa 400 Einträge aus öffentlichen Datenbanken und 400 Isolate, die am FLI charakterisiert wurden. Enthalten sind Informationen von Erregern, die weltweit zwischen 1962 und 2014 isoliert wurden. In der IHN-Virus-Datenbank

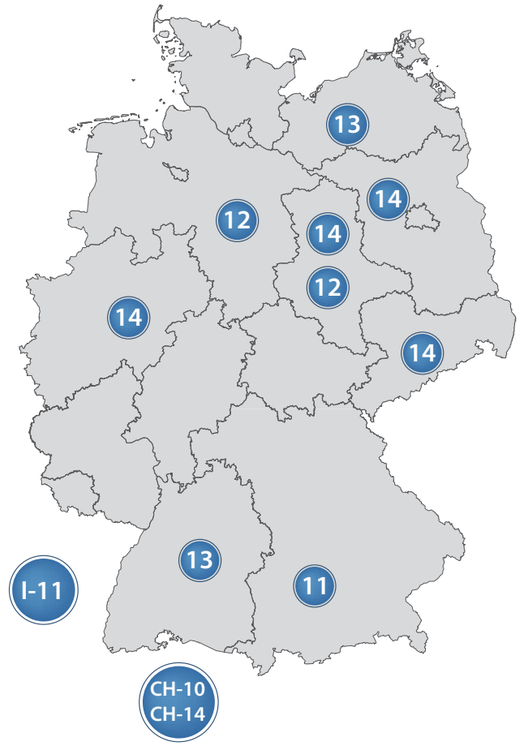


Abbildung 5: Verbreitung von genetisch eng verwandten Viralen Hämorrhagischen Septikämie-Isolaten in Deutschland, Italien und der Schweiz zwischen 2010 und 2014.

des FLI sind insgesamt ca. 250 Einträge gespeichert. Der Datensatz besteht aus etwa 130 öffentlich verfügbaren und 120 am FLI untersuchten Isolaten. Erfasst wurden IHN-Erreger, die zwischen 1987 und 2014 in Europa isoliert wurden, sowie Referenzviren aus Amerika und Asien. Die Datenbanken des FLI zeigen einen umfassenden Überblick zur Situation der IHN bzw. VHS in Deutschland, der Schweiz und den Niederlanden.

Phylogenetische Berechnungen veranschaulichen die zum Teil sehr enge Verwandtschaft von Erregern innerhalb Europas. Ebenso verdeutlichen die Analysen die Entwicklung deutscher IHN- bzw. VHS-Isolate innerhalb der entsprechenden Genogruppe. Aktuelle VHS-Isolate lassen sich im Wesentlichen in drei genetischen Untergruppen zusammenfassen. Erreger dieser Untergruppen werden seit 1999, 2004 und 2009 immer wieder in Deutschland isoliert. VHS-Isolate anderer genetischer Untergruppen wurden seit 1999, 2002 bzw. 2011 nicht mehr in Deutschland nachgewiesen und bestätigen in diesen Fällen eine erfolgreiche Bekämpfung.

Die genetischen Analysen der IHN- und VHS-Isolate verdeutlichen eine Verbreitung der Erreger innerhalb eines Bundeslandes, innerhalb Deutschlands und über die Ländergrenze hinaus (Abb. 5). So verursachen z. B. seit 2005 genetisch eng verwandte Erreger IHN-Ausbrüche in Baden-Württemberg. Im Jahr 2013 kam es zur Einschleppung eines IHN-Erregers nach Deutschland, der im selben und darauffolgenden Jahr aus Regenbogenforellen in Aquakulturbeständen Sachsen-Anhalts, Sachsens, Baden-Württembergs, Niedersachsens und Nordrhein-Westfalens isoliert wurde. Die Ergebnisse bestätigten in diesen Fällen die entsprechenden epidemiologischen Zusammenhänge.

Seit den letzten Jahren ist eine Zunahme von IHN- und VHS-Isolaten unbekannter Herkunft zu verzeichnen. Für die Entwicklung in Deutschland gelten besondere Bedingungen, da der innereuropäische Handel mit Fischen von Nord nach Süd und von Ost nach West durch Deutschland führt.

So wurden z. B. 2014 in Brandenburg zwei IHN-Geschehen gemeldet, die von unterschiedlichen Erregern unbekannter Herkunft verursacht wurden. Ungeklärt ist auch die Herkunft von IHN-Virus- und VHS-Virus-Isolaten, die im letzten Jahr für verschiedene Ausbrüche in Baden-Württemberg verantwortlich sind.

Die genetische Charakterisierung ist eine hilfreiche Methode, Isolate eindeutig zu identifizieren, Veränderungen dieser Virusstämme zu verfolgen und im Zusammenhang mit den räumlich-zeitlichen Informationen Rückschlüsse auf die Herkunft des Erregers zu ziehen. Die genetischen Analysen unterstützen somit die epidemiologischen Nachforschungen zur Abklärung von Seuchengeschehen.

FRIEDRICH-LOEFFLER-INSTITUT
FLI
Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit
Federal Research Institute for Animal Health

Dr. Heike Schütze, Dr. Michael Cieslak
Friedrich-Loeffler-Institut,
Institut für Infektionsmedizin,
Greifswald – Insel Riems

E-Mail: heike.schuetze@fli.bund.de

Welcher Fisch kommt auf den Teller?

Ein EU-Projekt als Impulsgeber für die Fischartenidentifizierung

Fischereierzeugnisse wie Fisch, Krebstiere oder Muscheln sind Lebensmittel, die eine hohe Wertschätzung innerhalb der Bevölkerung in Deutschland genießen. Bei einem jährlichen Pro-Kopf-Verzehr von ca. 14 Kilogramm Fanggewicht bevorzugen die Deutschen verarbeitete Fischereierzeugnisse wie Tiefkühlfisch, Konserven und Marinaden. Fisch wird global gehandelt und sichert uns ein vielfältiges Angebot aus allen Weltmeeren und Ländern. Deutschland deckt seinen Bedarf an Fischereierzeugnissen zu 88 Prozent durch Importe, wobei der überwiegende Anteil aus Drittländern außerhalb der EU eingeführt wird.

Häufig werden die Fischereierzeugnisse bereits in den exportierenden Ländern aufgrund der dort niedrigeren Lohnkosten be- oder verarbeitet, sodass die morphologischen Charakteristika eines Fisches, wie Körperform, Färbung der Haut oder Flossen verloren gehen. Eine lückenlose Kennzeichnung vom Fang bis zum Konsumenten ist daher unerlässlich. Die Angaben müssen analytisch überprüfbar sein, um den Verbraucher vor Täuschung und Gesundheitsrisiken zu bewahren.

Kennzeichnungsmängel und Verbrauchertäuschung

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Instituts für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch des Max Rubner-Instituts (MRI) beschäftigen sich mit der Fischartenidentifizierung, um der Lebensmittelkontrolle zuverlässige Methoden zur Verfügung zu stellen. Bei unseren Forschungen setzen wir den Fokus darauf, Problemfälle

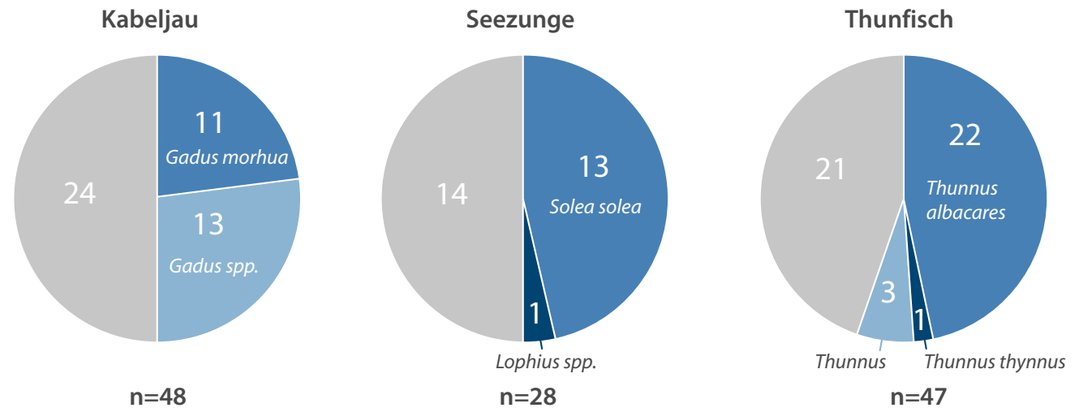


Abbildung 1: Kennzeichnung von Frischfisch mit wissenschaftlichen Namen im Handel

zu erkennen, Lücken zu schließen und neue Entwicklungen voranzutreiben. In dem EU-Projekt „Labelfish" wurden diese Aspekte zwischen 2013 und April 2015 gemeinsam mit Partnern aus Spanien, Portugal, Frankreich, Irland und Großbritannien verfolgt.

In den ersten Monaten führten wir eine Marktanalyse durch und kauften frische oder tiefgefrorene Kabeljau- und Thunfischfilets sowie Thunfischkonserven. Als hochwertige und teure Fischart wählten wir außerdem die Seezunge, da nach unseren Erfahrungen gerade hochpreisige Fischereierzeugnisse durch günstigere ersetzt und falsch gekennzeichnet werden. Im Gegensatz zu Lebensmittelkontrolleuren traten wir als Verbraucher auf und kauften den Fisch in Fischläden, Supermärkten, Feinkostläden, im Großhandel und auf Wochenmärkten oder beim Lieferservice. Darüber hinaus bestellten wir als Gäste in Imbissen und Restaurants Gerichte mit Kabeljau oder Seezunge.

Bei unseren Einkäufen achteten wir darauf, ob die Fische ausreichend gekennzeichnet waren. Die Gesetzgebung fordert detaillierte Angaben für Fischereierzeugnisse: Beispielsweise muss zur Identität eines frischen oder tiefgefrorenen Fischfilets neben der deutschen Handelsbezeichnung der wissenschaftliche Name der Fischart angegeben werden. Bei frischem Fisch stellten wir jedoch große Abweichungen zu den gesetzlichen Anforderungen fest. Ungefähr die Hälfte wurde nicht mit dem wissenschaftlichen Namen gekennzeichnet (Abb. 1). Dies ist insbesondere bei Fischarten problematisch, die einen gemeinsamen Handelsnamen tragen und auch nicht durch die Herkunftsangabe zu unterscheiden sind. Sensorisch gibt es durchaus Qualitätsunterschiede bei manchen Fischarten einer Gattung. Außerdem darf als wissenschaftlicher Name nicht nur der Gattungsname, wie beim Kabeljau, *Gadus spp.* angegeben werden. Unter der Handelsbezeichnung Thunfisch dürfen in Deutschland sieben verschiedene Thunfischarten und der Echte Bonito (*Katsuwonus pelamis*) geführt werden. Umso wichtiger ist es für den Verbraucher, zu erkennen, dass unterschiedliche Arten existieren und er entsprechend der detaillierten Kennzeichnung seine Wahl treffen kann. Für die Seezunge gibt es nur eine eindeutige Handelsbezeichnung: ausschließlich die *Solea solea* darf als „Seezunge" verkauft werden. Die in einem Fall falsche Kennzeichnung mit *Lophius spp.* - Gattungsname für den Seeteufel- ist ein weiteres Indiz für mangelnde Sorgfalt bei der Kennzeichnung der Fischprodukte. Insgesamt besteht großer Handlungsbedarf seitens der Lebensmittelkontrolle.

Im Rahmen der Labelfish-Marktstudie haben wir 245 Proben genommen und im Labor analysiert. Das Ergebnis unserer Untersuchungen hat uns dann doch überrascht: Während es bei den frischen und tiefgefrorenen Filets von Kabeljau und Thunfisch sowie bei frischer Seezunge im Fischhandel keine auffälligen Substitutionen gab, wurde in jeder zweiten Restaurantprobe ein anderer Fisch als die Seezunge nachgewiesen. Insbesondere, wenn das Gericht Seezungenfilet enthielt. Als Ersatz zur Seezunge wurde häufig Pangasius- oder Tropenzungenfilet verwendet. Dieser scheinbar verbreiteten Verbrauchertäuschung in Restaurants sollte dringend von den Behörden nachgegangen werden.

Methoden der Laboruntersuchungen

Zur Fischartenidentifizierung der frischen und tiefgefrorenen Proben von Kabeljau und Seezunge wählten wir zunächst die isoelektrische Fokussierung (IEF) als Screening-Methode. Sie erlaubt eine schnelle und kostengünstige Untersuchung der genannten Fischarten, um einen Überblick über eventuelle Fälschungen zu erhalten. Ein „falsches Seezungenfilet“ kann mit der IEF schnell identifiziert werden (Abb. 2).

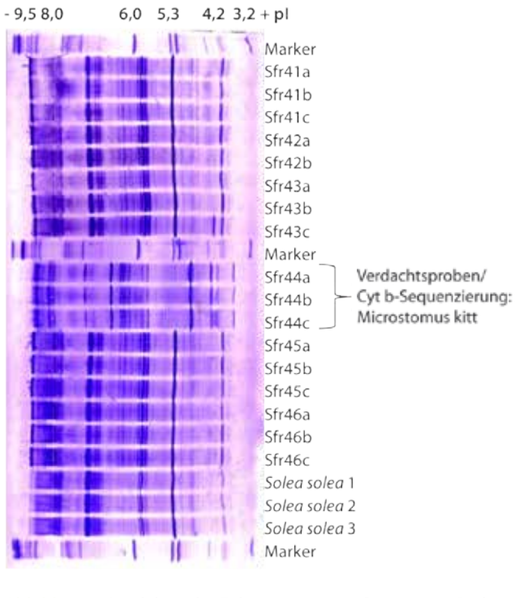


Abbildung 2: Isoelektrische Fokussierung von Seezungen-Proben

Die Analytik der IEF basiert auf der Trennung und anschließendem Anfärben wasserlöslicher Muskelproteine. Durch die spezifischen Muster der getrennten Proteinbanden kann jeweils eine Fischart zugeordnet werden. Jedoch können nur rohe, tiefgefrorene und zum Teil nicht zu stark erhitzte Fischerzeugnisse untersucht werden.

Hingegen ermöglicht die Analyse der Erbinformation (Desoxyribonukleinsäure, DNA), dass nahezu jeder Fisch, ob geräuchert, paniert, mariniert oder in der Dose sterilisiert, einer Fischart zugeordnet werden kann. Im Labor werden ausgewählte kurze Abschnitte der extrahierten DNA, die bei jeder Tierart spezifische Unterschiede in der Reihenfolge der Grundbausteine (Basen) aufweist, mit Hilfe der Polymerasekettenreaktion (PCR) vervielfältigt. Anschließend wird die tierartspezifische Basenreihenfolge bestimmt (DNA-Sequenzierung). Im letzten Schritt dieser Untersuchung wird mit der erhaltenen Basen-Sequenz (Abb. 3) ein Sequenzabgleich mit einer öffentlich zugänglichen Datenbank wie der GenBank des National Center for Biotechnology Information (NCBI) durchgeführt. Bei einer Übereinstimmung der ermittelten Sequenz mit einer in der Datenbank hinterlegten Referenzsequenz von 98 bis 100 Prozent kann das untersuchte Fischfilet der Fischart in der Regel zugeordnet werden.

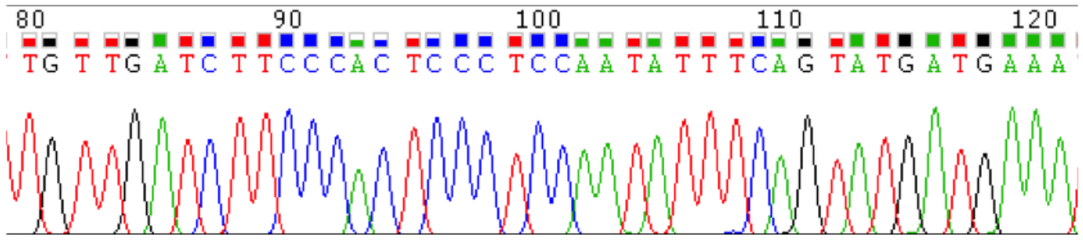


Abbildung 3: Ausschnitt einer DNA-Sequenz (Basenabfolge)

Nicht immer reicht ein spezifischer Abschnitt eines Gens aus, um bei der Vielfalt von Fischereierzeugnissen eindeutige Nachweise zur Speziesidentifizierung zu erbringen. Aus diesem Grund haben wir im Rahmen von Labelfish zusammen mit unseren Partnern einen internationalen Ringversuch zur Standardisierung der PCR-Sequenzierungsmethode mit einem weiteren Marker, der Cytochrom Oxidase I (COI), durchgeführt. Dieser hat sich als gute Alternative bewährt. Zudem hat die Fish Barcode of Life Initiative (FishBOL) eigens für diesen Marker eine Datenbank für weltweit alle Fischarten aufgebaut. Bei der Verwendung von COI steht dem Anwender somit eine zweite öffentliche Datenbank, BOLD (Barcode of Life Database), zur Verfügung, die zur Verifizierung der Fischart herangezogen werden kann.

Neuentwicklungen von Methoden zur Fischartenidentifizierung

Projekte wie Labelfish dienen auch als Initialzünder für Neuentwicklungen von Methoden für bestimmte Probleme. Nachdem wir festgestellt haben, dass die Seezunge als verarbeitetes Filet in Restaurants oft ersetzt wird, haben wir uns entschlossen, ein spezifisches Echtzeit-PCR-System

Abbildung 4: Das Projekt Labelfish befasst sich mit der Entwicklung und Standardisierung von Methoden zur Überprüfung der Fischarten-Kennzeichnung.

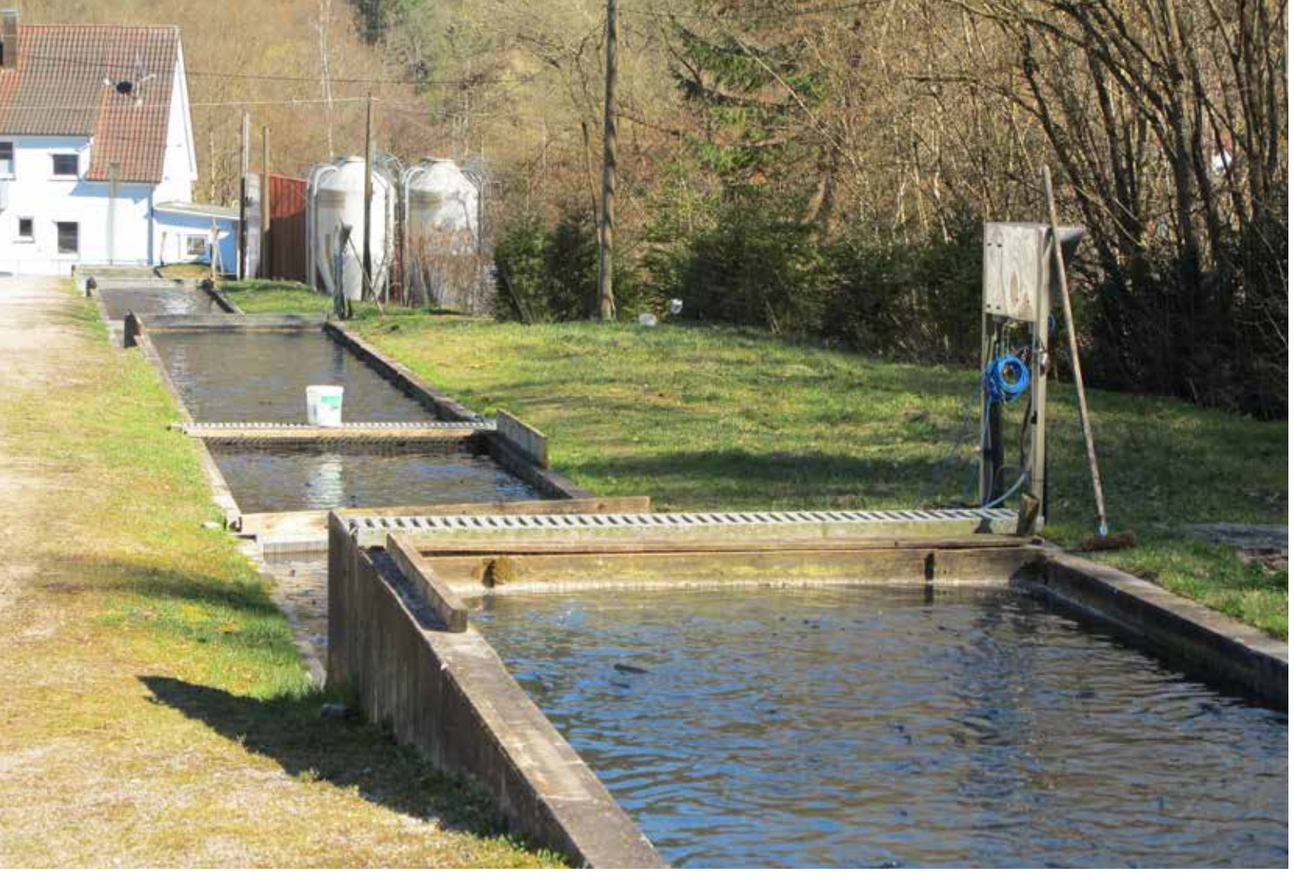
(real-time PCR) für die Fischart zu entwickeln. Der Vorteil dieser Methode besteht darin, dass eine große Anzahl von Proben direkt nach der Isolierung und Aufreinigung der DNA dem PCR-System zugeführt und direkt gemessen werden kann. Handelt es sich bei der Probe um eine Seezunge, so entstehen bei der Vervielfältigung der DNA messbare Fluoreszenzsignale.

Eine ebenfalls spannende Entwicklung ist die Anwendung der Next-Generation-Sequencing (NGS)-Methode für den Nachweis einzelner Fischarten in einer Mischung. Im Gegensatz zu einer normalen PCR und anschließender DNA-Sequenzierung kann mit der NGS-Methode eine sehr große Anzahl DNA-Sequenzen mehrerer Fischarten parallel in einem Lauf generiert und isoliert werden. Während der Labelfish Marktstudie untersuchten wir Thunfischkonserven auf die richtige Kennzeichnung der Fischart. In einigen Fällen fanden wir konkrete Hinweise darauf, dass nicht nur eine Thunfischart, wie angegeben, verarbeitet wurde. Mit Hilfe der Projektmittel von Labelfish hatten wir die Möglichkeit, mit der NGS-Methode nach neuen Lösungsansätzen zur Bestimmung mehrerer Thunfischarten in einer Mischung zu suchen. Die ersten Ergebnisse sind vielversprechend.

Das EU-Projekt endete im April 2015, nicht aber unsere Begeisterung für neue Entwicklungen auf dem Gebiet der Fischartenidentifizierung. Während dieser Zeit führten wir viele Gespräche mit Kontrollbehörden und stellten insbesondere den Bedarf an leicht zu handhabenden Schnelltests fest. Wir werden im MRI deshalb in den nächsten Monaten an der Entwicklung eines sogenannten DNA-Microarrays (DNA-Chip) arbeiten, mit dem eine Fischartenidentifizierung vor Ort möglich ist. Auf das Resultat dürfen wir gespannt sein.

Ute Schröder, Dr. Kristina Kappel
Max Rubner-Institut,
Institut für Sicherheit bei Milch und Fisch, Hamburg

E-Mail: ute.schroeder@mri.bund.de



Forellenzucht in Deutschland

Haben lokale Betriebe im internationalen Vergleich eine langfristige Perspektive?

Die Aquakultur boomt. Schon bald wird die künstliche Aufzucht von Fischen und Meeresfrüchten die Wildfänge der Fischerei als Quelle der Nahrungsversorgung überholen. Der Trend zur Aquakultur ist geographisch jedoch unterschiedlich verteilt. Während in Asien und Südamerika die Fischzucht stetig zu expandieren scheint, verläuft der Ausbau des Sektors in Europa eher verhalten. Auch in Deutschland tritt die Aquakultur seit Jahren mehr oder weniger auf der Stelle. Länder wie die Türkei konnten hingegen ihre Produktion in den letzten zehn Jahren mehr als verdreifachen. Dabei hat die deutsche Aquakultur kräftigen politischen Rückenwind. Sind deutsche Aquakulturfarmen im internationalen Vergleich langfristig einfach nicht konkurrenzfähig?

Mit *agri benchmark* gehen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Thünen-Instituts solchen Fragen auf den Grund. *agri benchmark* ist ein Netzwerk von Forschern, Beratern, Landwirten sowie Zulieferern, das vom Thünen-Institut koordiniert wird. Hier tauschen sich Experten aus Wissenschaft und Praxis aus, um landwirtschaftliche Produktionsprozesse zu verstehen und international miteinander zu vergleichen. Es setzt da an, wo volkswirtschaftliche Statistiken zur Produktion aufhören und rückt den landwirtschaftlichen Betrieb in den Fokus. Im *agri benchmark* Netzwerk wurden bisher vor allem Rinder- und Schafhaltung, Ackerlandwirtschaft, Milchvieh-, Schweine- und Geflügelhaltung, Gartenbau sowie ökologischer Landbau untersucht.

Nun hat *agri benchmark* die Fischwirtschaft für sich entdeckt. Anhand einer Pilotstudie zu Forellenbetrieben in Deutschland, Dänemark und der Türkei wollen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Thünen-Instituts nachvollziehen, wie viel Technik und welches Kapital Forellenfarmen einsetzen, wie viel Arbeitsaufwand und welche Energiebilanz hinter einer Speiseforelle stecken. Ziel ist es, einen Eindruck von den jeweiligen Produktionsbedingungen und Wettbewerbsaussichten zu bekommen.

Der typische Betrieb

Um Aussagen über Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit auf einzelbetrieblicher Basis zu treffen, müssen die In- und Outputmengen eines Betriebes erfasst werden. Alles, was eine Farm an Arbeit, Technik, Futter etc. in die Produktion steckt und alles, was Fischwirte bei ihren Kunden an Erlösen erzielen, muss in Menge und Wert ermittelt werden. Teiche, Sauerstoffeinströmer, Futterautomaten, Gesellenlöhne, Stromverbrauch – die Liste an Variablen für eine Farm ist lang. So lang, dass klassische Umfragen fast aussichtslos erscheinen. Zu sensibel sind ökonomische Daten, zu zeitintensiv ist die Befragung, zu aufwendig und zu teuer das Unterfangen, als dass ein einzelnes Forschungsinstitut die Herausforderung meistern könnte. Deshalb bedienen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Thünen-Instituts einer Denkfigur, die es erlaubt, mit vertretbarem Aufwand gewünschte Daten in hoher Detaildichte zu erhalten: der Ansatz des typischen Betriebes (*typical farm approach*). Es ist ein virtueller Datensatz zu Kosten, Preisen und Mengengerüsten, die als typisch für die zu betrachtende Region gelten können.

Was typisch ist und was nicht, wird in strukturierten Interviews und Gruppendiskussionen (Fokusgruppen) mit Fischwirten, Beratern und Forschern aus der lokalen Aquakulturszene definiert. Die Datenerhebung wird immer wieder kritisch beleuchtet und endet erst dann, wenn alle Widersprüche innerhalb der Datensätze plausibel ausgeräumt werden können. Auf diese Weise werden pro Land zwei bis vier typische Betriebe modelliert. Die Betriebe sind statistisch nicht repräsentativ, bilden aber höchst kleinteilige und valide Orientierungen.

Durch den intensiven Austausch mit Fischwirten und Beratern bleiben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler mit ihren Modellfarmen nah an der Realität. Die einmal modellierten Betriebe lassen sich mit wenig Aufwand aktualisieren. Es sind nicht nur retrospektive Bewertungen möglich, sondern auch Projektionen für künftige Szenarien. Ändern sich zum Beispiel Umweltauflagen, lassen sich die betriebswirtschaftlichen Folgen direkt abbilden. Solche Informationen sind vor allem für die Politikberatung von Bedeutung.

Was ist schon typisch?

In vielen Ländern ist die Fischwirtschaft kleinstrukturiert, die Produktionspraktiken sehr unterschiedlich. Das erschwert die Übertragung des *typical farm approach*. Die Forelle, in Deutschland ein beliebter Speisefisch, wurde zunächst als Pilotstudie gewählt. Während die Forellenwirtschaft in Dänemark und der Türkei mehrheitlich in vergleichbaren Betriebstypen abläuft – es daher leicht ist, „typische" Betriebe zu charakterisieren – fällt dies für Deutschland schwerer. Dänemark produzierte 2013 etwa 32.000 Tonnen, vor allem in der Region Jütland. Die Türkei erzeugte im gleichen Jahr etwa 123.000 Tonnen, wobei Elazığ, Muğla, Burdur und Antalya wichtige Erzeugerregionen sind (Abb. 1).

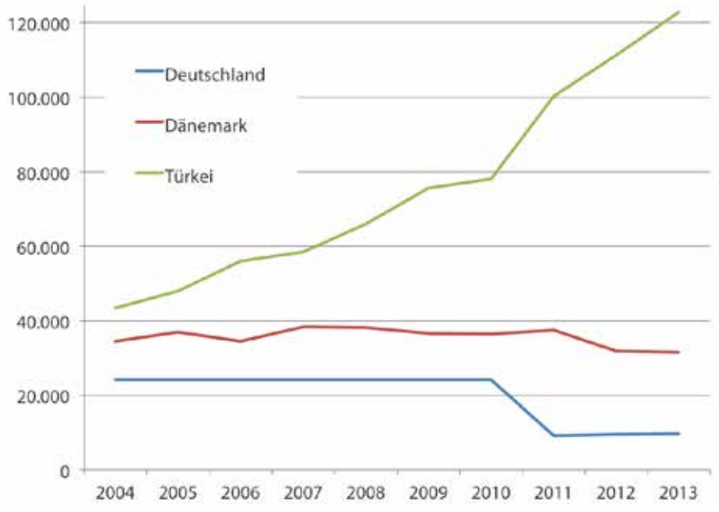


Abbildung 1: Produktion von Regenbogenforellen (inkl. „Lachsforellen") in Deutschland, Dänemark und der Türkei 2004-2013 in Tonnen; Quellen: Danmarks Statistiks, Destatis, Turkstat jeweils 2015 sowie FEAP 2014

In beiden Ländern haben sich die Betriebe auf die Erzeugung von Regenbogenforellen in unterschiedlichen Größen spezialisiert und sind exportorientiert. Deutschland hingegen ist ein wichtiger Markt für Forellenprodukte innerhalb der EU. Die Produktion belief sich nach offiziellen Statistiken 2013 auf knapp 10.000 Tonnen.

Die Mehrzahl der deutschen Betriebe ist klein und wird oft nur im Nebenerwerb bewirtschaftet. Die meisten Kleinbetriebe liegen in Bayern, während in Baden-Württemberg wenige große Betriebe den Löwenanteil der nationalen Forellenproduktion stellen.

Um die Vielfalt innerhalb der Forellenwirtschaft gebührend zu berücksichtigen, hat sich das Thünen-Team entschieden, möglichst diverse Betriebe in die Fallauswahl aufzunehmen, die sowohl konventionelle als auch unkonventionelle – aber für die Zukunft als bedeutsam erscheinende – Merkmale besitzen. Beispielsweise arbeiten die meisten dänischen Betriebe noch mit Erdteichen, durch die das Wasser durchfließt. Seit einer Reform der Umweltauflagen ist jedoch ein Trend zu Investitionen in Betriebstypen erkennbar, die Forellen in hochtechnisierten Farmen mästen, in denen das Produktionswasser aufbereitet und rezirkuliert wird.

Länderübergreifender Vergleich

Letztlich wurden neun Betriebstypen aus fünf Regionen Europas und Asiens definiert. Jeder Fall ist nach einer Länderkennung und der Produktion codiert (z. B. DE_10 = deutsche Forellenzucht mit einer Produktion von 10 Tonnen pro Jahr) (Tab. 1).

Tabelle 1: Ausgewählte typische Betriebe und ihre Regenbogenforellen-Mast 2013

	DE_10[1]	DE_100	DE_500	TR_100	TR_500	DK_55	DK_150	DK_270	DK_700
Region	Bayern	Baden-Württemb.	Baden-Württemb.	Antalya	Muğla	Jütland	Jütland	Jütland	Jütland
Klima	humid kontinental	humid kontinental	humid kontinental	mediterran	mediterran	humid ozeanisch	humid ozeanisch	humid ozeanisch	humid ozeanisch
Eigenheit	Öko[2]	Top[3], RAS[5]	Top[3]			Öko[4]		RAS[5]	RAS[5]
System	Teich	Fließkanal	Fließkanal	Netzgehege	Teich	Teich	Teich	Fließkanal	Fließkanal
Zuwachs Mast	235 g	302 g	365 g	280 g	280 g	295 g	295 g	295 g	295 g
°C Wasser	10,0 °C	8,0 °C	10,0 °C	14,4 °C	13,0 °C	9,0 °C	8,9 °C	8,9 °C	8,5 °C
Mastdauer	519 Tage	240 Tage	244 Tage	220 Tage	125 Tage	361 Tage	351 Tage	258 Tage	259 Tage
Futter-quotient	1	1	0,89	1,2	1,1	1	0,94	0,94	0,94

[1] Länderkennung und Produktion in Tonnen/Jahr; [2] ökologisch zertifiziert nach Naturland Richtlinien; [3] deutlich höhere Produktivität und Farmgröße als der statistische Mittelwert; [4] ökologisch zertifiziert nach EU-Bio Richtlinien; [5] RAS = Rezirkulierendes Aquakultur-System; das Produktionswasser wird im Kreis-lauf geführt und wiederverwendet

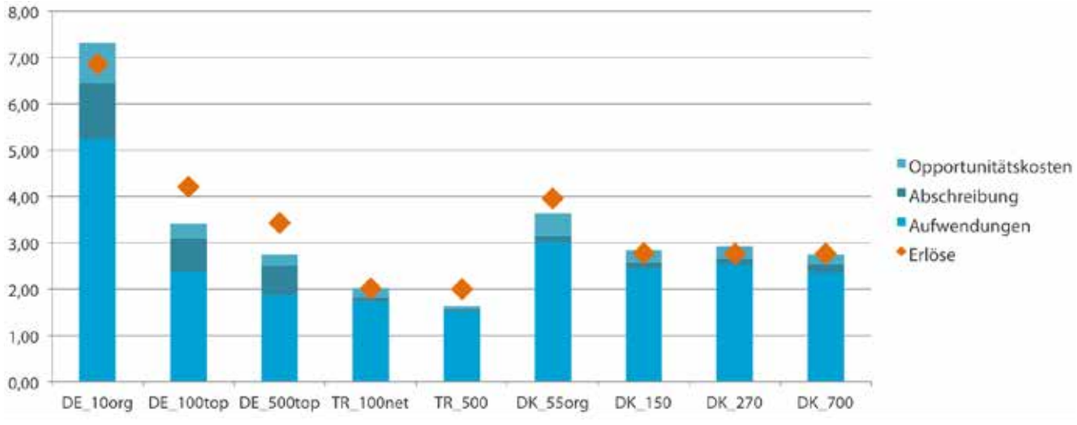


Abbildung 2: Kosten, Erlöse und Profitabilität in der Forellenmast - EUR per kg Lebendgewicht Regenbogenforelle; Zuwachs in ausgewählten Betrieben 2013 (org = ökologisch; net = Netzgehege; top = Top-Farmen)

Einige Farmen erbrüten ihre Nachzucht selbst, verarbeiten ihre Fische und verkaufen diese direkt an die Verbraucher. Für andere Farmen ist es typisch, sich lediglich auf die Mast zu konzentrieren und die Fische an den Großhandel zu veräußern. Trotz dieser Unterschiede betreiben beide Varianten Fischmast. Deshalb wurde das Produktionssystem Mast und in ihm die Regenbogenforelle als Fischart rechnerisch isoliert, um die Datensätze vergleichbar zu machen. Interessant ist dabei die Gegenüberstellung von Kosten mit den gemittelten Erlösen, die am Markt erzielt werden können.

Kosten werden bei *agri benchmark* als Aufwendungen, Abschreibungen und Opportunitätskosten zusammengefasst. Aufwendungen (*cash costs*) bezeichnen alle direkten und gemeinen Kosten, die für das laufende System anfallen. Abschreibungen sind jene Kosten, die für die (Re-)Investition in Maschinen, Gebäuden und Haltungssystemen entstehen. Opportunitätskosten wiederum stellen Kosten dar, die für die eigenen Produktionsfaktoren Arbeit, Kapital und Boden anfallen. Dahinter verbirgt sich auch der Lohn, den sich ein Betriebseigentümer selbst auszahlen könnte. Umso höher die Differenz zwischen Erlösen und Kosten ist, desto wirtschaftlicher arbeitet ein System. Können alle drei Kostenklassen gedeckt werden, ist das Produktionssystem langfristig wirtschaftlich. Es wird sich unter gleichen Bedingungen auch noch in 15 Jahren rechnen, in dieser Weise zu produzieren.

Türkische Farmen haben gegenüber den deutschen und dänischen EU-Farmen deutliche Kostenvorteile. Gründe sind vor allem gute Standortfaktoren, das mediterrane Klima und die gute Wasserversorgung, die sich positiv auf die Mastleistung auswirken, aber auch geringe Lohnkosten. Zudem ist erkennbar, dass alle Forellenmasten mittelfristig wirtschaftlich sind (Abb. 2). Das betriebswirtschaftliche Überleben der Unternehmungen ist also auch ohne staatliche Direktzahlungen, wie es in der EU-Landwirtschaft üblich ist, gesichert. Die besten deutschen Farmen mit einer Produktion von 100 und 500 Tonnen pro Jahr stehen im Vergleich sehr gut da; eine langfristige Wirtschaftlichkeit ist gegeben. Tatsächlich bestehen die empirischen Vorbilder dieser Farmmodelle bereits seit mehreren Generationen.

Sicherlich sind die hier gewählten deutschen Top-Farmen nicht repräsentativ. Sie lassen aber zumindest den Schluss zu, dass es möglich ist, eine im internationalen Vergleich wirtschaftliche Forellenmast in Deutschland zu betreiben. Der Grund für die zögerliche Entwicklung der deutschen Forellenmast bei guter Nachfrage liegt also mitnichten in der fehlenden Profitabilität größerer deutscher Betriebe. Eher sind es nach Angaben der Fischwirte ungünstige Rahmenbedingungen - allen voran fehlende Genehmigungen für Wasserentnahmen.

Abbildung 3: Haltungssysteme aus Beton sind typisch für Muğla, eine der wichtigsten Forellenregionen in der Türkei

Benchmarking noch am Anfang

Die wissenschaftliche Reise, die betriebswirtschaftliche Situation von typischen Betrieben in der Fischwirtschaft zu erkunden, hat gerade erst begonnen. Die Thünen-Pilotstudie zeigt, dass der aus der Agrarökonomie stammende *typical farm approach* auch in der Fischwirtschaft sinnhaft angewendet werden kann. Richtig spannend wird es in den kommenden Jahren. Dann werden die Farmmodelle periodisch aktualisiert, wodurch Zeitreihenanalysen möglich werden.

Das *agri benchmark*-Netzwerk beabsichtigt, die Datensätze um andere wichtige Fischarten (auch solche aus Wildfang), Länder und ökologische Indikatoren zu erweitern. All dies soll die wissenschaftliche Informationsbasis für eine nachhaltige Gestaltung der „blauen Revolution“ schaffen.

Dr. Tobias Lasner
Thünen-Institut für Fischereiökologie, Hamburg

E-Mail: tobias.lasner@ti.bund.de

Hochwertiger Fisch für den Verbraucher

Qualität auf den Prüfstand

Was bedeutet Qualität bei Lebensmitteln? Der Qualitätsbegriff kann unter verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden. Grundsätzlich beschreibt Qualität die Beschaffenheit und Eigenschaften von Lebensmitteln, ohne sie zu bewerten. Dabei ist Qualität nichts Absolutes. Unabhängig von Qualität, soll ein Lebensmittel sensorisch ansprechend, mikrobiologisch unbedenklich, frisch und ernährungsphysiologisch wertvoll sein. Genusswert, Nährwert und Gesundheitswert sollen optimal ausgeprägt sein. Zugleich soll das Lebensmittel leicht verfügbar, bezahlbar, möglichst nachhaltig erzeugt und bequem zuzubereiten sein.

Fisch und Meeresfrüchte gelten als Bestandteile einer gesunden Ernährung. Der jährliche Verbrauch in Deutschland sinkt zwar leicht und macht derzeit knapp 14 Kilogramm pro Jahr und Kopf aus, doch die Wertschätzung für diese Produkte ist weiterhin groß. Zu den am häufigsten verzehrten Fischarten gehören Meeresfische wie Alaska-Seelachs, Hering, Thunfische und Echter Bonito sowie Süßwasserfische wie Lachs und Forelle. Am häufigsten wird Fisch als tiefgefrorene Ware gekauft, gefolgt von Konserven und Marinaden. Aber auch Krebs- und Weichtiere und Erzeugnisse wie Räucherfische gehören zu beliebten Fischprodukten. Dabei erwartet der Verbraucher ein qualitativ hochwertiges Lebensmittel.

Die Qualität von Fisch ist abhängig von vielen Faktoren. So ist Fisch kein standardisiertes Lebensmittel. Jede Fischart besitzt artspezifische, ernährungsphysiologische Eigenschaften. Diese hängen ab von der Zusammensetzung des Futters, dem Biozyklus und dem damit zusammenhängenden Nährstoffgehalt. Der Fang bzw. die Ernte und die Art der Aufzucht entscheiden ebenfalls über ihre Beschaffenheit. Weiterhin maßgebend für die Qualität ist die Einhaltung einer einwandfreien Hygiene.

Tabelle 1: Schwankungen der Fettgehalte und omega-3-Fettsäuren Eikosapentaensäure und Dokosahexaensäure in Fischfilets

Fischart	Fettgehalte in %	Summe EPA+DHA in g/100 g Filet
Meeresfische		
Makrele	1,0 – 28	0,2 – 5,4
Hering	3,1 – 21	0,1 – 4,2
Aquakulturfische		
Atlantischer Lachs	5,7 – 20,4	1,5 – 2,9
Regenbogenforelle	2,0 – 11,5	0,5 – 1,5
Pangasius	1,6 – 8	< 0,1 – 0,2

Frische von Fischen

Für den Verbraucher ist die Frische bei Fischen und Fischereierzeugnissen das wohl wichtigste Qualitätsmerkmal. Fisch ist ein leicht verderbliches Lebensmittel, es verändert sich während der Lagerung schnell nachteilig in Geruch und Geschmack. Frische lässt sich nur schwer messen. Viele Verfahren zur Frischebestimmung beruhen auf der Messung von Abbauprodukten. Hinweise auf Frische geben eine niedrige Gesamtkeimzahl, die elektrische Leitfähigkeit und eine einwandfreie sensorische Bewertung.

Direkt nach dem Fang beginnt der Verderb, der durch Erhitzen, Kühlung, Tiefgefrieren, Salzen oder Trocknung verzögert werden kann. Der Lagerung kommt eine große Bedeutung für die Qualität von Fischereierzeugnissen zu. Bei zu hohen Lagertemperaturen findet der Abbau der Inhaltsstoffe sehr schnell statt. Mechanische Belastung bei Lagerung und Verarbeitung führen zu schlechterer Qualität. Licht, Luft und vor allem eine nicht ausreichende Kühlung sind oft für Veränderungen verantwortlich. Aber selbst einwandfreie Frische ist noch keine Garantie für gute Qualität, da auch ganz frischer Fisch durch Schadstoffe, Parasiten oder Toxine verunreinigt sein kann.

Was macht den Fisch so wertvoll?

Um Qualität wissenschaftlich zu untersuchen, kommen zahlreiche chemische, biochemische, physikalische, mikrobiologische und sensorische Verfahren zur Anwendung. Zur Ermittlung der ernährungsphysiologischen Qualität muss man die Zusammensetzung des Fischfilets kennen. Als maßgebende Parameter werden die Gehalte der Inhaltsstoffe Fett, Proteine und Asche untersucht.

Fische gleicher Art aus Wildfang oder aus Aquakultur unterscheiden sich oft in ihren Fettanteilen. Durch das unterschiedliche Nahrungsangebot besitzen Fische aus der Zucht höhere Fettgehalte. Doraden aus Aquakultur zum Beispiel enthalten Fettgehalte von neun Prozent, aus Wildfang dagegen nur drei. Bei Lachsen ist diese Spanne noch größer, Fettgehalte von zehn bis zwölf Prozent im Mittel stehen neben zwei bis vier Prozent.

Bei Fettfischen unterliegt der Fettgehalt im Laufe eines Jahres starken Schwankungen. Auch die Art und die Anteile der langkettigen omega-3-Fettsäuren variieren (Tab. 1). Diese Fettsäuren gelten als besonders wertvoll, da ihnen vor allem bei Herzkreislauferkrankungen positive Auswirkungen durch den Verzehr zugeschrieben werden. Die langkettigen omega-3-Fettsäuren wie DHA (Dokosahexaensäure) und EPA (Eikosapentaensäure) kommen fast ausschließlich in Meeresfischen vor. Das Futter von Aquakulturfischen enthält Anteile von Meeresfischen, doch tendenziell werden die pflanzlichen Bestandteile erhöht, so dass die Gehalte an diesen omega-3-Fettsäuren in den Tieren niedriger liegen. Doch durch den insgeamt höheren Fettgehalt der gefarmten Fische kann mit einer Fischmahlzeit eine größere Menge dieser wichtigen Fettsäuren aufgenommen werden.

Das Protein von Fischen ist leicht verdaulich. Der Proteingehalt in Wildfischen variiert recht stark. In Aquakulturfischen liegt er meist zwischen 15 und 20 Prozent und bleibt nahezu konstant. Bei Veränderungen besteht der Verdacht, dass manipuliert wurde. Ein Beispiel ist Pangasius, dessen Filets häufig mit rechtlich zulässigen, aber nicht immer ausreichend gekennzeichneten wasserbindenden Mitteln versetzt werden. Der Proteinanteil sinkt mit zunehmendem Wasseranteil. Um Auftauverluste auszugleichen, kann dies bis zu einem gewissen Grad vorteilhaft sein. Wird jedoch zu viel zugesetzt, kauft der Verbraucher ein verändertes Produkt mit hohem Wasseranteil.

Abbildung 1 und 2: Frischer Fisch direkt vom Kutter

Weitere wertgebende positive Inhaltsstoffe sind die wichtigen Spurenelemente Jod und Selen. Diese finden sich vor allem in Meeresfischen. Ein Inhaltsstoff mit ebenfalls positiven Eigenschaften ist das Taurin, das in Fischfleisch in beträchtlichen Mengen zu finden ist. Höhere Gehalte erhöhen die ernährungsphysiologische Wertigkeit.

Die mikrobiologische Untersuchung erfasst den hygienischen Zustand eines Lebensmittels. Fischmuskel ist nach dem Fang keimfrei. Durch Verarbeitung und Lagerung gelangen Bakterien in das Fischfleisch, die den Verderb verursachen, der oft gut zu riechen ist. Mit den mikrobiologischen Verfahren können neben der Feststellung der Qualität und der verbleibenden Haltbarkeit unter Umständen auch Keime im Fisch nachgewiesen werden, die beim Verzehr ein Gesundheitsrisiko darstellen können.

Der Mensch als Messinstrument

Ein besonders wichtiges Instrument zur Beurteilung von Qualität ist die sensorische Untersuchung. Diese wissenschaftliche Methode bewertet Produkteigenschaften mit Hilfe der menschlichen Sinne Sehen, Riechen, Schmecken und Fühlen. Bewertet werden die innere und äußere Beschaffenheit, die Farbe, der Geruch, der Geschmack und die Konsistenz. Je nach Fragestellung werden einzelne Parameter bewertet, Unterschiedstests überprüfen Abweichungen und Beschreibungen liefern wichtige Hinweise auf den Zustand der Qualität. Die Prüfungen erfolgen zumeist mit einem trainierten Team von Sachverständigen, können aber auch mit Konsumenten durchgeführt werden. Ein chemisch und mikrobiologisch reiner, frischer Fisch nützt nichts, wenn er nicht schmeckt.

Die sensorische Wahrnehmung wird durch die Inhaltsstoffe beeinflusst. So hat besonders der Fettgehalt einen großen Einfluss, da er für Textur und Mundgefühl sowie die Erfassung fettlöslicher Stoffe verantwortlich ist. Einflüsse der Lagerung machen sich durch Abweichungen der sensorisch wahrnehmbaren Inhaltsstoffe bemerkbar. Manche Eindrücke verschwinden, der Eindruck geruchsintensiver Abbauprodukte wird verstärkt. Diese Veränderungen durch Verderb werden schon früh bemerkt. Die Tester können Abbauprodukte in ihrer Gesamtheit beurteilen und reagieren oft empfindlicher als Instrumente.

Beispiele für unterschiedliche sensorische Qualitäten lassen sich für verschiedene Arten finden. So dürfen unter dem Namen Seeteufel verschiedene Seeteufelspezies (z. B. *Lophius piscatorius*) verkauft werden. Bei der sensorischen Untersuchung fallen große Unterschiede

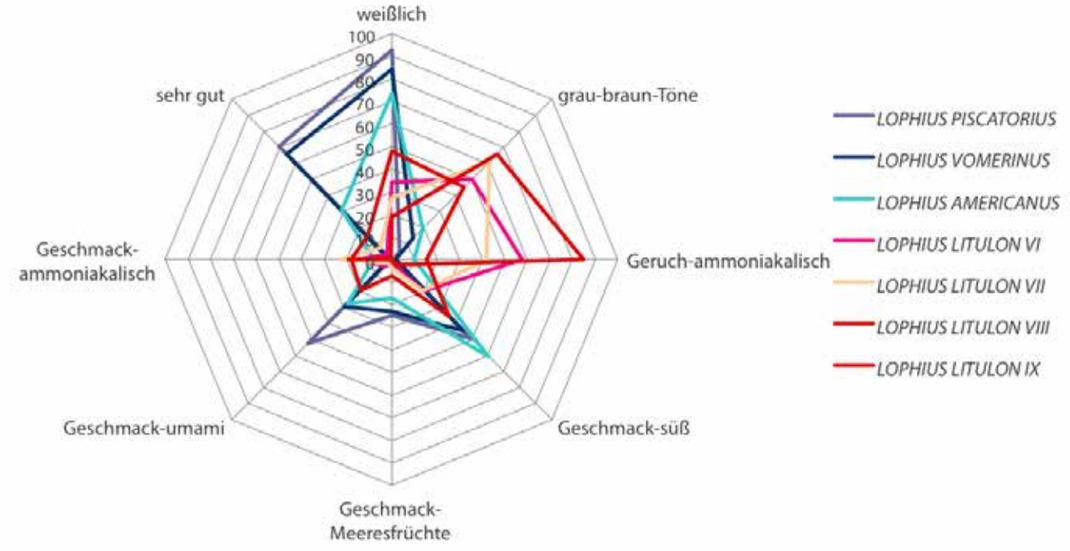


Abbildung 3: Sensorik verschiedener Seeteufelarten

zwischen den Spezies auf (Abb. 3). Für den Verbraucher ist es schwer bis unmöglich beim Kauf die gewünschte Qualität und Art zu beurteilen. Der erwähnte, mit wasserbindenden Mitteln behandelte, Pangasius unterscheidet sich deutlich von nicht behandelter Ware. Die Filets sehen vor und nach dem Garen glasig aus. Die wasserbindenden Mittel müssen aber keinen negativen Einfluss auf die sensorische Qualität haben. Oft wirken diese Filets sehr saftig.

Ob ein Fisch eine gute Qualität hat, kann man ihm nicht immer von außen ansehen. Die Frische lässt sich bei einem ganzen Tier an Augen, Haut und Kiemen bestimmen. Bei einem Filet ist es schwieriger,

Abbildung 4: Fangfrischer Seeteufel auf Eis

hier können eine matt glänzende und nicht verfärbte Oberfläche auf Frische hinweisen. Ein unangenehmer Geruch weist auf abnehmende Frische hin. Auch sollte der Verkaufsort genau betrachtet werden, da falsche oder richtige Lagerung über die Qualität entscheiden (Abb. 4). Die wertgebenden Inhaltsstoffe lassen sich erst nach einer chemischen Untersuchung bestimmen. Da sie natürlichen Schwankungen unterliegen, können die Gehalte nicht vorhergesagt werden. Die Gehalte an Schadstoffen liegen so gut wie immer unter den gesetzlich festgelegten Grenzwerten und stellen somit keine ernste Gefahr dar. Es gibt eine riesige Auswahl an verschiedenen Fischarten und Fischprodukten– was man letztendlich auswählt, hängt vom Geschmack jedes Einzelnen ab.

Ines Lehmann
Max Rubner-Institut,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch,
Hamburg

E-Mail: ines.lehmann@mri.bund.de

Forensische Hydrologie

Dem Wasser auf der Spur

Wer war es, und wie hat er (oder sie) es getan? Die Beantwortung dieser Frage zieht allabendlich Millionen von Lesern und Fernsehzuschauern in ihren Bann. Faszinierend, wie sich gewiefte Ermittler geduldig von Detail zu Detail voranarbeiten, um zum Schluss aus den winzigen Puzzlestücken den Tathergang zu rekonstruieren. Forensische Untersuchungen sind aber nicht nur in der Kriminalistik, sondern auch im Institut für Landschaftswasserhaushalt des Leibniz-Zentrums für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. Gegenstand langwieriger und mitunter mühsamer Recherchen. Im Mittelpunkt der Forschung stehen Fragen wie: Ist der Klimawandel schuld an den sinkenden Seewasserständen oder wird ihm von einem Wasserwerk das Wasser abgegraben? Wer ist schuld an der Verschlechterung der Wasserqualität?

Genau wie in guten Krimis erfordert es ausgefeilte Methoden und gewissenhafte Kleinarbeit. Nicht selten verhält es sich beim genaueren Hinsehen ganz anders als erwartet. So werden zum Beispiel in vielen Regionen Brandenburgs seit dreißig Jahren sinkende Grundwasserspiegel beobachtet. Mit dem Grundwasser verbundene Seen und Feuchtgebiete trocknen aus. Das entspricht den Auswirkungen des Klimawandels, so dass die Schuldfrage geklärt zu sein scheint. Allerdings ändert sich nicht nur das Klima, sondern gleichzeitig auch noch viele andere potenzielle Einflussgrößen. Mit aufwändigen mathematischen Modellen wurden verschiedene Optionen durchgespielt und deren Auswirkungen auf überwiegend bewaldete Bereiche der Schorfheide, ca. 50 Kilometer nördlich von Berlin, überprüft. Demnach war der beobachtete Rückgang der Grund- und Seewasserspiegel von 1958 bis 2007 tatsächlich zu 44 Prozent durch einen leichten

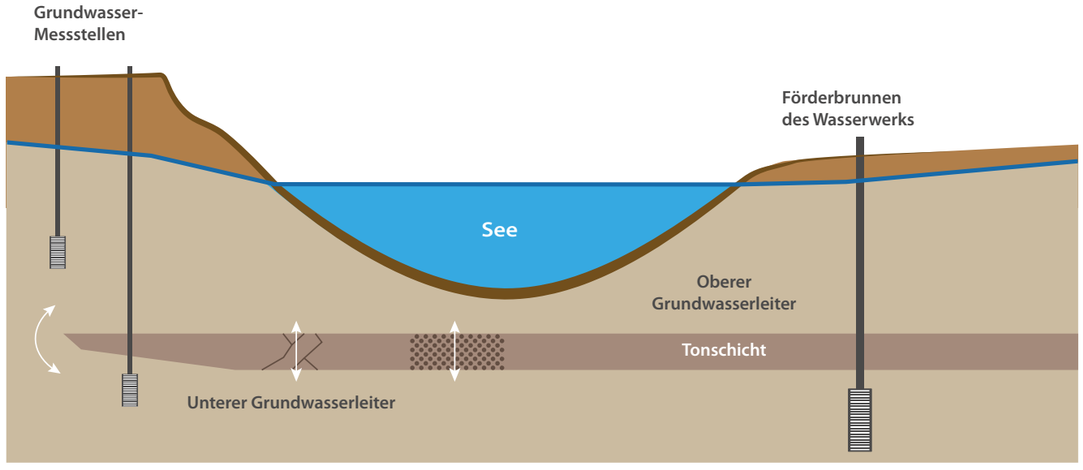


Abbildung 1: Möglicher hydraulischer Kontakt zwischen See und Wasserwerk

Rückgang der Niederschläge bedingt. Weitere neun Prozent machte der Anstieg der Transpiration der Bäume in den zunehmend wärmeren Sommern aus. Die restlichen 47 Prozent hatten aber ganz andere Ursachen. Nach dem zweiten Weltkrieg wurden große Teile der Schorfheide neu aufgeforstet. Diese Kiefernbestände sind inzwischen um die 60 Jahre alt. Mit zunehmendem Alter steigt aber der Wasserverbrauch der Kiefern, wodurch sich 18 Prozent der beobachteten Rückgänge der Grund- und Seewasserspiegel in dieser Region erklären lassen. Die restlichen 29 Prozent sind darauf zurückzuführen, dass unter den Kiefern verstärkt Gräser wachsen, die zusätzlich Wasser verbrauchen. Sie konnten sich nur deshalb ausbreiten, weil die ursprünglich sehr nährstoffarmen, vorwiegend sandigen Böden seit Mitte des letzten Jahrhunderts zunehmend mit Stickstoff aus den Abgasen von Verbrennungsmotoren, Heizungs- und Fabrikanlagen sowie aus der Landwirtschaft gedüngt werden.

Daten, Modelle, Wasserstände

Solch eine Modellierung ist mit einem hohen Aufwand verbunden und kann deshalb nur in Einzelfällen durchgeführt werden. Aber ähnlich wie der Täter im Krimi, hinterlassen auch Prozesse in der Natur ihre charakteristischen Spuren. In einer am ZALF durchgeführten Studie war zu klären, ob die Grundwasserförderung in einem Wasserwerk direkte Auswirkungen auf den nahegelegenen See hat. Eine Vielzahl von Bohrungen in der Umgebung des Wasserwerks zeigten, dass die tieferen Schichten des Grundwasserleiters, aus der das Wasserwerk Grundwasser fördert, durch eine dicke Tonschicht vom oberflächennahen Grundwasserleiter und damit vom See getrennt wird (Abb. 1). Allerdings können die Bohrungen keinen Hinweis darauf geben, ob diese Tonschicht tatsächlich durchgängig dicht ist oder doch partiell ein Wasseraustausch zwischen See und den Förderbrunnen des Wasserwerks möglich ist. Für solche Fragestellungen entwickelten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des ZALF einen neuen Ansatz. Er beruht auf einer Auswertung der Daten der Grund- und Seewasserstände, die an zahlreichen Messstellen in dem Gebiet kontinuierlich bestimmt wurden. Diese Daten zeigen einerseits den Einfluss stärkerer Niederschläge, die den Grundwasserspiegel ansteigen lassen. Andererseits werden sie aber auch durch Schwankungen der Förderraten des Wasserwerks beeinflusst. Mit einem modernen statistischen Verfahren gelang es nicht nur, zwischen den beiden Einflussgrößen zu unterscheiden, sondern auch eine quantitative Abschätzung der Stärke der Effekte an den einzelnen Messstellen vorzunehmen. Damit ließ sich zeigen, dass die trennende Tonschicht im Bereich des Wasserwerkes tatsächlich dicht, im Bereich des Sees aber durchlässig war und somit von einem Einfluss des Wasserwerks auf den See ausgegangen werden muss.

Fingerabdruck des Wassers

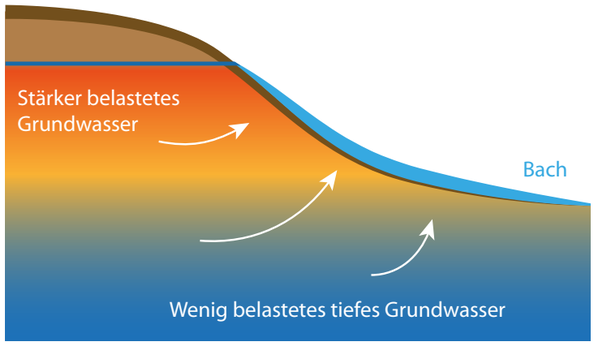
Grund- und Bachwasser trägt aber auch noch ganz andere Spuren. Die im Wasser gelösten Stoffe verraten viel über die Herkunft des Wassers und über die wichtigsten dafür maßgeblichen geochemischen und biologischen Prozesse. Dabei sind es weniger einzelne Stoffe, die die entscheidenden Hinweise

Abbildung 2: Dem Grundwasser auf der Spur: Beprobung einer Grundwassermessstelle; Abbildung 3: Hier fließt nichts mehr - trockengefallener Graben am Behlensee

geben, sondern vielmehr die typischen Muster der Konzentrationsverhältnisse verschiedener Stoffe. So erhöht die Düngung in der Landwirtschaft nicht nur die Stickstoff- und Kaliumgehalte im Grundwasser, sondern in der Regel auch die Konzentrationen von Kalzium, Magnesium, Chlorid und weiteren Stoffen. Höhere Chloridkonzentrationen können durch Abwaschungen des Streusalzes von den Straßen bedingt sein. Dann sind allerdings auch die Natriumgehalte deutlich erhöht. Aus größeren Tiefen aufsteigende stark versalzte Grundwasser weisen dagegen nicht nur höhere Chlorid- und Natriumgehalte, sondern in der Regel auch hohe Sulfatkonzentrationen auf. Hohe Sulfatgehalte können wiederum die Folge mikrobieller Prozesse sein, die bei Sauerstoffarmut im Grund- oder Seewasser ablaufen und gleichzeitig zu einer Verringerung der Nitratgehalte führen. So hinterlässt jeder Prozess typische Spuren in den Konzentrationsmustern. Mit modernen statistischen Methoden lassen sich die verschiedenen Effekte unterscheiden und die Stärke ihres jeweiligen Einflusses an den einzelnen Messstellen bestimmen.

In der Uckermark werden vom Institut für Landschaftswasserhaushalt seit mehr als 15 Jahren regelmäßig Oberflächengewässer und das Grundwasser beprobt und auf verschiedene Inhaltsstoffe analysiert. Der umfangreiche Datensatz wurde im Rahmen einer Diplomarbeit mit einer nichtlinearen Variante der Hauptkomponentenanalyse untersucht. Mit diesem Verfahren ist es möglich, anhand der jeweils typischen Konzentrationsmuster den Einfluss verschiedener Effekte zu bestimmen. Wie erwartet, fand sich an allen Messstellen, wenn auch in jeweils unterschiedlich starker Ausprägung, ein Einfluss der intensiven Landwirtschaft auf die Stoffkonzentrationen. Unerwartet war aber, dass die Stärke dieser Effekte in den Bächen des Gebietes eng an die Höhe der Grundwasserstände gekoppelt war (Abb. 4). Aufgrund einer Folge relativ trockener Jahre mit heißen Sommern sanken die Grundwasserstände in dieser Region bis Mitte der 2000 er Jahre. Als Folge dessen fielen die Oberläufe vieler Bäche in den Sommermonaten trocken, so dass aus diesen Teilen der Einzugsgebiete kein Wasser zufließen konnte. Die weiterhin Wasser führenden Unterläufe der Bäche wurden überwiegend von Grundwasser aus tieferen Schichten

Hohe Grundwasserstände:



Niedrige Grundwasserstände:

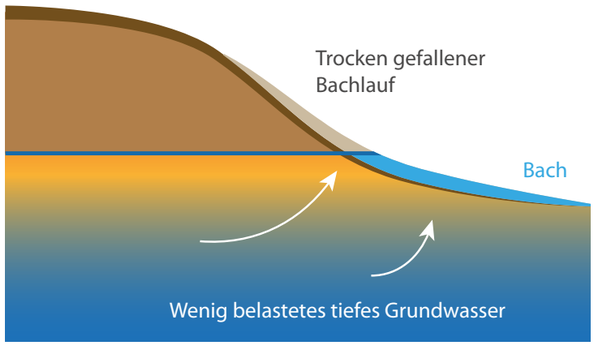


Abbildung 4: Zusammenhang zwischen Rückgang der Grundwasserstände und Verbesserung der Wasserqualität in den Bächen (schematischer Längsschnitt).

gespeist, das weniger stark durch die Stoffausträge aus der Landwirtschaft geprägt war. In der zweiten Hälfte des Jahrzehntes stiegen die Grundwasserstände wieder an und in den Bächen wurde der Einfluss der Landwirtschaft wieder deutlicher sichtbar.

Rückstände aus Abwasser

Um eine ganz andere Belastung geht es in den ehemaligen Rieselfeldern in Hobrechtsfelde, am nördlichen Stadtrand von Berlin. Hier wurden über mehr als hundert Jahre hinweg Abwässer aus der Stadt Berlin nach einer einfachen mechanischen Vorreinigung auf den Feldern verteilt. Dadurch war auf den eigentlich sehr trockenen und armen Sandböden ein intensiver Gemüseanbau möglich. Hier wird aktuell im Rahmen des Projektes „ELaN“ untersucht, ob man nicht die nach dem aktuellen Stand der Technik in modernen Klärwerken gereinigten Abwässer zur Bewässerung dieser Flächen nutzen kann, statt sie wie sonst üblich in die Spree oder Havel einzuleiten. Sorge bereiten hier vor allem moderne Chemikalien wie Arzneimittel und ihre Rückstände, die in Klärwerken nur unzureichend entfernt werden, aber bereits in sehr niedrigen Konzentrationen schädliche Auswirkungen auf empfindliche Wasserorganismen haben. Würden diese gereinigten Abwässer jedoch auf den Boden ausgebracht, könnte man das natürliche Reinigungsvermögen des Bodens für eine Nachreinigung ausnutzen. Allerdings muss sichergestellt werden, dass keine Gefahr für das Grundwasser ausgeht. Deshalb werden in dem Projekt regelmäßig zahlreiche Messstellen im Grundwasser und in den Oberflächengewässern beprobt und mit aufwändigen chemischen Verfahren auf eine Vielzahl von Spurenschadstoffen untersucht. Die Auswertung der Daten steht dann aber vor dem Problem, zwischen einer, durch die Versuche bedingten, neuen Kontamination oder eine aus dem damaligen Rieselfeldbetrieb herrührenden alten Belastung zu unterscheiden. Mit der Hauptkomponentenanalyse ließen sich sogar die Spätfolgen einer geplatzten Abwasserleitung außerhalb des eigentlichen Untersuchungsgebietes noch Jahre später nachweisen. Dazu waren nicht nur ein gut ausgestattetes Labor, sondern auch moderne wissenschaftliche Verfahren nötig, um in dem Dickicht der Daten die entscheidenden Spuren zu finden.

Prof. Dr. Gunnar Lischeid
Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V.,
Institut für Landschaftswasserhaushalt, Müncheberg

E-Mail: lischeid@zalf.de

Prof. Dr. Joachim Gröger

Interdisziplinäres Studium der Biologie, Informatik, Statistik und Ökonometrie in Kiel; Habilitation in Zoologie in Rostock und in Fischereibiologie in Kiel; war u. a. Wissenschaftler beim Institut für Ostseefischerei in Rostock und Privatdozent für Zoologie an der Universität Rostock, Professor für Fischereiozeanographie an der University of Massachusetts in den USA, heute wissenschaftlicher Direktor und Leitung des Bereichs Lebende Meeresressourcen am Thünen-Institut für Seefischerei in Hamburg sowie Professur für Fischereibiologie an der Universität Rostock; Arbeitsgebiete sind Biometrie und Ökonometrie, statistische Ökologie, Populationsdynamik, Management von Wildfischbeständen

UFOs in der Nordsee

Automatisches Monitoring-System zur Überwachung der Fischbestände

FoRep: Herr Gröger, Sie sind Fischereibiologe am Institut für Seefischerei des Thünen-Instituts. Gemeinsam mit Partnern aus Forschung und Industrie haben Sie ein neues Monitoring-System entwickelt, um den Zustand der Meeresökosysteme besser zu erfassen. Es ist ein UFO geworden …

Prof. Dr. Joachim Gröger: Ja, ein automatisches, nicht-invasives Unterwasser-Fisch-Observatorium, das wir mit UFO abkürzen. Es kombiniert die akustische Erfassung von Fischen und anderen Meerestieren wie z. B. Schweinswalen und Robben mit einer stereo-optischen Instrumentierung. Zudem werden bestimmte Umweltgrößen synchron gemessen. Die Akustik erzeugt sogenannte Echogramme und erfasst dabei die Anzahl der Organismen sowie weitere Kenngrößen: Länge der Tiere, die Entfernung der Tiere, Schwimmcharakteristika wie die Schwimmgeschwindigkeit oder -richtung. Die Stereo-Optik erzeugt Bildsequenzen in hoher Auflösung und kann dabei die Tierart, deren Flächen (u. a. Länge und Höhe) und deren Entfernung erfassen. Beide Informationen werden miteinander verbunden, so dass sich am Ende die Anzahl der Individuen einer Art (Abundanz) und die Biomasse der erfassten Tiere automatisiert berechnen lassen. Setzt man mehrere miteinander verbundene UFOs in wichtigen Schlüsselgebieten ein, lassen sich diese Informationen für Bestandsberechnungen verwenden. Diese Art der Erfassung ermöglicht die Berechnung auf der Grundlage internationaler Standards. Solche Schlüsselgebiete sind z. B. Windparks oder Schutzgebiete wie das Wattenmeer, in die man nicht mit Forschungsschiffen hinein darf oder kann.

FoRep: Woher kam die Idee dazu?

Prof. Dr. Joachim Gröger: Die Idee dazu ist mir in den USA gekommen, und zwar zu einer Zeit als ich noch Professor für Fischerei-Ozeanographie an der University of Massachusetts war. In den USA hat man von Seiten der Universitäten nur wenige Möglichkeiten, mit Forschungsschiffen aufs Meer zu fahren, da eigene Forschungsschiffe für einzelne Universitäten viel zu teuer sind. Die Zusammenarbeit mit anderen Forschungsinstituten ist begrenzt, da die Konkurrenz um Forschungsgelder untereinander viel größer ist als in Deutschland. Wir mussten also Fischkutter chartern, was zwar gut für den persönlichen Austausch mit den Fischern ist, aber auch Probleme bei der standardisierten Datenerhebung mit sich bringt.

Aus diesem Grunde habe ich mir darüber Gedanken gemacht, wie das Ganze automatisiert werden könnte.

Zurück in Deutschland habe ich gezielt nach Experten für die einzelnen technologischen Bereiche Akustik, Optik, Kommunikation, Hardware-Integration und Logistik gesucht. So bin ich auf die Fachhochschule Kiel und die Firma MBT in Kiel als Projektpartner gestoßen. Für die Auswahl der Geräte sowie das Rahmendesign haben wir uns viel Zeit genommen und die Einzel-Komponenten auf Eignung geprüft. Beispielsweise werden elektronische Fisch-„Tags“ eingesetzt, die an Fischen befestigt werden und eine Art Kfz-Kennzeichen für Fische an einen Empfänger abgeben, der sich am UFO befindet. Auf diese Weise können wir den sogenannten Riff-Effekt korrigieren, wenn der gleiche Fisch sich mehrfach in der Nähe des UFOs aufhält.

„Wir können alle größeren schwimmenden Organismen, die eine andere Dichte haben als Wasser, messen.“

FoRep: Was genau messen Sie mit dem Unterwasser-Fisch-Observatorium?

Prof. Dr. Joachim Gröger: Im Prinzip können wir alle größeren schwimmenden Organismen, die eine andere Dichte als Wasser haben, messen. Dazu zählen Fische, Schweinswale, Delphine, Robben, Seehunde, Tintenfische, ja selbst Quallen, die zu 99 Prozent aus Wasser bestehen. Tiere, die direkt auf dem oder im Meeresboden leben, können damit jedoch nicht erfasst werden.

Zur gleichen Zeit werden Umweltfaktoren wie Temperatur, Salzgehalt, Sauerstoff oder Strömungsgeschwindigkeit gemessen. Diese Faktoren spielen möglicherweise eine Rolle im Leben der Tiere und beeinflussen damit deren Abundanz und Vorkommen. Auf diese Weise ließe sich der Ökosystemansatz der EU umsetzen, der die Einbeziehung solcher Größen in das Bestandsmanagement verlangt. Die Art und Weise der Messung ist komplett nicht-invasiv sowie synchron und gleicht bildlich gesprochen der Aufnahme eines Videos. Ganz im Gegensatz zur derzeit üblichen Aufnahme von „Schnappschüssen“ mit Hilfe von Forschungsschiffen.

FoRep: Wann soll das UFO in Betrieb gehen?

Prof. Dr. Joachim Gröger: Die Vorstufe eines Prototyps ist derzeit für den Testbetrieb - etwa 70 Kilometer nordwestlich von Sylt in der Nordsee - ausgesetzt worden. Dort ist er an der Windpark-Forschungsplattform FINO3 angeschlossen. Aufgrund eines extrem hohen Datenaufkommens während des Testbetriebs werden die Daten auf sehr großen Festplatten von Spezialrechnern gespeichert, die alle 14 Tage ausgetauscht werden müssen.

Der Prä-Prototyp ist vor kurzem geborgen worden, um ihn zu warten und zu überholen und dann in einem besser kontrollierbaren Testbetrieb in der Kieler Förde in der Nähe der FH Kiel bis auf weiteres zu betreiben. Hier sollen dann die komplizierten akustischen und optischen Mustererkennungs-Algorithmen weitertrainiert und optimiert werden. Der Zugang und entsprechend der Zugriff auf die Daten sowie die Wartung sind hier wesentlich einfacher zu handhaben.

Die bisherigen Ergebnisse sind erstaunlich und unerwartet positiv, da wir extrem klare Aufnahmen so ziemlich aller schwimmenden Organismen bei FINO3 machen konnten. Die Akustik erlaubt dabei erstaunliche Einblicke und bisher kaum dagewesene Verhaltensstudien z. B. über Fischschwärme oder das Räuberverhalten von Schweinswalen oder Robben. Außerdem sehen wir tendenziell mehr Fisch mit dem UFO, als mit parallel durchgeführten Forschungsfängen auf der Grundlage von Forschungsschiffen. Möglicherweise unterschätzen wir die Netzvermeidungsstrategien der Fische, möglicherweise ist auch der Riffeffekt recht groß. Das herauszufinden, bedarf jedoch weiterer Forschung.

FoRep: Kann das UFO beim Schweinswal-Monitoring eingesetzt werden?

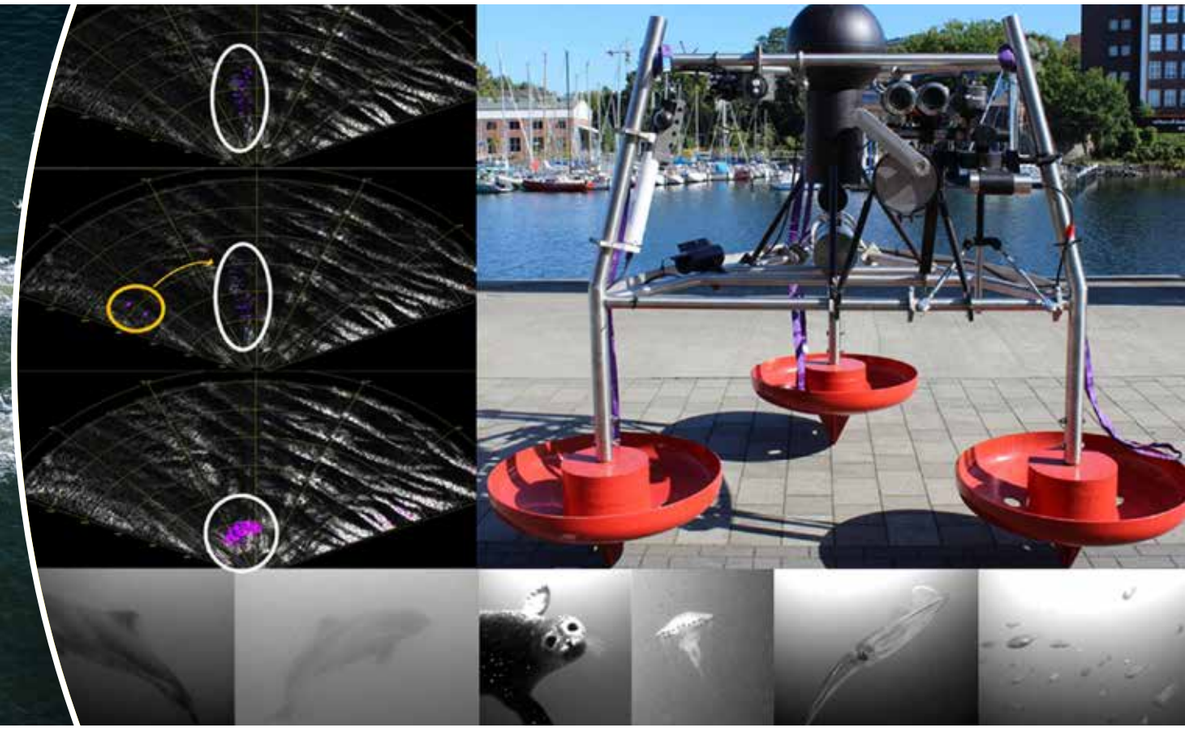
Prof. Dr. Joachim Gröger: Ja, dazu müssen jedoch einige Anpassungen am UFO vorgenommen werden. So müssen sowohl die optischen als auch die akustischen Geräte auf die neue Zielart angepasst und technisch optimal eingestellt werden. Darüber hinaus müssen die Mustererkennungsalgorithmen neu trainiert und weitere Sensoren ergänzt werden.

„Die hochaufgelösten Daten über die Dynamik der beobachteten Fischbestände und ihrer parallel gemessenen Umweltbedingungen ließen sich direkt für ein besseres Bestandsmanagement nutzen.“

Interessanterweise bin ich exakt aus diesem Grunde vom schleswig-holsteinischen Umweltminister Dr. Robert Habeck gebeten worden, eine Projektskizze für ein Schweinswal-Monitoring in der westlichen Ostsee zu entwickeln. Er wurde u. a. durch TV-Reportagen auf UFO aufmerksam.

Der Einsatz soll in zwei Schlüsselgebieten erfolgen: der „Flensburger Förde“ und dem „Fehmarner Schweinswal-Aufwuchsgebiet“ – jeweils mit einem WalOMaten (ein Wal-UFO) als Beobachtungs- und Vorhersageplattform. Während in der Flensburger Förde aufgrund des hohen ganzjährigen Schweinswalaufkommens der Schwerpunkt vor allem auf dem „Trainieren der Mustererkennungsalgorithmen“ (Individualerkennung) liegt, stellt sich die Ausgangssituation im „Fehmarner Schweinswal-Aufwuchsgebiet“ wie folgt dar: Es gibt für dieses Gebiet eine freiwillige Vereinbarung der schleswig-holsteinischen Fischer mit dem Land Schleswig-Holstein, nicht zu fischen bzw. eine Reduktion der Stellnetzanzahl und –länge vorzunehmen, sobald hier Schweinswale im Frühjahr gesichtet werden. Das Problem dabei ist, dass Meldungen offenbar zu spät kommen bzw. die Fischer zu spät oder überhaupt nicht reagieren, weil sie nach ihrer Aussage nicht rechtzeitig informiert werden. Der Konflikt ist, dass Schweinswale ihren Beutetieren folgen, sich dabei in den Stellnetzen verfangen, die von Fischern in der Regel küstennah in Flachwassergebieten aufgestellt werden, und dann ertrinken. Denn Schweinswale sind Säugetiere, die auf Luftsauerstoff angewiesen sind und deshalb immer wieder an die Wasseroberfläche zum Atmen zurückkehren müssen. Durch das zu entwickelnde System sollen Beifänge dieser bedrohten Säugetierart in Stellnetzen an der schleswig-holsteinischen Ostseeküste signifikant reduziert und im Idealfall sogar komplett verhindert werden. Das Beifang-Problem trifft häufig unerfahrene Jungtiere, da sich die Stellnetze durch die Wale kaum bzw. gar nicht orten lassen.

„Durch das zu entwickelnde System sollen Beifänge bedrohter Schweinswale in Stellnetzen ... reduziert werden.“



Bislang eingesetzte Systeme haben sich als technisch unzureichend erwiesen, da sie keine Frühwarnung erlauben. Der WalOMat ist hingegen so konzipiert, dass er das Ostsee-Informations-Zentrum in Eckernförde, bei dem die Informationen zusammenlaufen sollen, in Echtzeit informieren würde.

FoRep: Können Sie mit den Ergebnissen des UFOs gezieltere Beratung im Fischereimanagement anbieten? Wenn ja, wie könnte das aussehen?

Prof. Dr. Joachim Gröger: Setzt man mehrere miteinander verbundene UFOs in wichtigen Schlüsselgebieten ein, lassen sich diese Informationen für ökologisch basierte Mehrarten-Bestandsberechnungen verwenden. Es ist das weltweit erste System, dass diese komplexen Informationen über Artengefüge und Umwelt kontinuierlich, nicht-invasiv, synchron sowie einheitlich „abgreift“ und in einem einzigen System integriert. Die bisherige Vorgehensweise, Bilder zu erzeugen, wird mit Hilfe von UFO durch die Erstellung von Videosequenzen abgelöst.

Die hochaufgelösten Daten über die Dynamik der beobachteten Fischbestände und ihrer parallel gemessenen Umweltbedingungen ließen sich direkt für ein besseres Bestands-Management nutzen. Das unterstützt gleichzeitig eine gezieltere Beratung des Fischereimanagements.

Die statischen UFO-Systeme können allerdings nur in Schlüsselgebieten ohne Fischerei eingesetzt werden, da sie sonst durch das dort eingesetzte Fanggeschirr zerstört würden. Daher liegen auch schon Pläne für ein mobiles UFO in meiner Schublade, das einem Torpedo gleicht und solchen „Bedrohungen“ ausweichen kann. Die Zukunft sehe ich in einem Mix aus statischen und mobilen UFO-Systemen, die alle untereinander kommunizieren können und ihre Daten z. B. via Satellit an ein entsprechendes „Entscheidungshilfesystem“ senden.

Vielen Dank für das Gespräch!

Das Interview für den ForschungsReport führte Monique Luckas.

Ostseedorsch am Tropf der Nordsee

Gut für die Umwelt ist nicht immer gut für die Fischbestände

Der Dorsch ist neben dem Hering die wichtigste kommerziell genutzte Fischart der Ostsee und der „Brotfisch" der kleinen Küstenfischerei. In der Ostsee werden zwei Bestände getrennt, die sich vor allem im Zeitpunkt der Nachwuchsproduktion unterscheiden. Der Westdorsch, der kleinere der beiden Bestände, wird schon seit vielen Jahren zu intensiv genutzt, sowohl von der Berufs- als auch von der Angelfischerei. Das eigentliche Sorgenkind ist aber der Ostdorsch: Für diesen Bestand empfahl die Wissenschaft über viele Jahre eine Einstellung der Fischerei, wenn er sich schnell und sicher erholen sollte. Ab 2007 fand diese Erholung dann tatsächlich statt und der Bestand galt 2010 wieder vollständig erholt. Inzwischen gibt es neue gravierende Probleme.

„Ende der 1970 er Jahre haben vorteilhafte Umweltbedingungen für ein ungewöhnlich starkes Anwachsen des Ostdorschbestandes gesorgt. Bis zu 800.000 Tonnen erwachsene Dorsche schwammen Mitte der 1980 er im Gebiet zwischen der dänischen Insel Bornholm im Südwesten und Finnland im Nordosten", schwärmt Dr. Christopher Zimmermann, Leiter des Thünen-Instituts für Ostseefischerei in Rostock. „Die Fischerei nahm schnell zu und landete zur besten Zeit fast 400.000 Tonnen jährlich an. Aber schon nach wenigen Jahren ließ die Nachwuchsproduktion nach. Da die Fangmengen nicht rechtzeitig reduziert wurden, schrumpfte der Bestand schnell und geriet in den roten Bereich." In den folgenden fast 20 Jahren wurden die Fangmengen regelmäßig – abweichend von der wissenschaftlichen Empfehlung – zu hoch festgesetzt.

Zusätzlich wurden jedes Jahr bis 45 Prozent Fisch illegal vor allem von der polnischen Fischerei entnommen. Der Nachwuchs fehlte, nicht nur weil nicht mehr genügend Elterntiere vorhanden waren, sondern vor allem wegen der anhaltend schlechten Umweltbedingungen. „Die Ostsee ist ein Meer mit nach Norden stark abnehmendem Salzgehalt und der Dorsch lebt hier als Meeresfisch nahe an seiner physiologischen Grenze.", berichtet uns der Meeresbiologe. „Das wird besonders deutlich bei der Nachwuchsproduktion: Die Eier des Dorschs entwickeln sich nur dann, wenn ausreichend Sauerstoff und Salz im Wasser sind. Beides gelangt nur durch Einströme frischen Nordseewassers in die Ostsee. Durch die hohe Nährstofffracht der in die Ostsee mündenden Flüsse sind weite Teile der tiefen Becken unterhalb 80 Meter Wassertiefe sauerstoffarm." Diese „Belüftung" aus der Nordsee fand seit Anfang der 1990 er Jahre immer seltener statt: Die letzten großen Einströme traten 1993 und 2003 auf. Infolge dieser als Stagnation bezeichneten Periode wurde das Wasser am Boden der tiefen Becken sauerstoffarm. In manchen Jahren war die für eine erfolgreiche Aufzucht der Jungtiere geeignete Wasserschicht in der Bornholmsee nur noch einen Meter dick. Die sauerstofffreien Zonen am Boden der Ostsee breiteten sich weiter aus, der eigentlich bodenlebende Dorsch wurde in die freie Wassersäule vertrieben. Dort fand er aber wenigstens ausreichend Nahrung in Form von Heringen und Sprotten.

Unerwartete Erholung und neue Probleme

„Diese Situation änderte sich 2007 grundlegend", erläutert Christopher Zimmermann. „Der Bestand produzierte einen etwas stärkeren Nachwuchsjahrgang und in den Gewässern der EU wurde ein Langfrist-Managementplan eingeführt. Der setzte nachhaltige Fangmengen fest und bewirkte die Dämpfung starker Quotensteigerungen. Fast gleichzeitig beschloss die neue polnische Regierung, die illegale Fischerei zu beenden." Diese drei Faktoren führten innerhalb weniger Jahre zu einer Vervierfachung des Bestandes – die Presse sprach vom „Dorschwunder". Die wesentlichen deutschen, dänischen und schwedischen Fischereien wurden sogar nach dem anspruchsvollen Nachhaltigkeitsstandard des Marine Stewardship Council (MSC) zertifiziert. Der Bestand galt 2010 als erholt! Obwohl die Nachwuchsproduktion des Bestandes ständig besser wurde, beklagte sich die Fischerei ab 2011, dass sie die großen von der Wissenschaft berechneten Mengen Dorsch nicht mehr fänden. Gleichzeitig fiel auf, dass ein zunehmender Anteil der Dorsche sehr dünn war. Bis 30 Prozent des Fangs aus der Bornholmsee eigneten sich nicht einmal mehr zur Vermarktung, so abgemagert waren die Fische.

Abbildung 1: Entnahme von Gehörsteinen an Bord eines Forschungsschiffes

„Die erste Vermutung zur Ursache war: viele Räuber, wenig Beute", erklärt Christopher Zimmermann. „Mit anderen Worten, der Bestand ist so schnell angewachsen, dass die Dorsche nun an Nahrungsmangel litten. Aber die Berechnungsmodelle zeigten keine deutliche Abnahme der Populationen von Sprotte und Hering im Bornholmbecken, dem Haupt-Verbreitungsgebiet. Die Widersprüche wurden unübersehbar, als der für die jährliche Begutachtung des Bestandes zuständige Internationale Rat für Meeresforschung (ICES) 2014 feststellte, dass die bisher verwendeten Modelle keine verlässlichen Ergebnisse mehr lieferten. Insbesondere die Altersbestimmung anhand der Gehörsteinchen (Otolithen), neben den Fang- und Nachwuchsdaten die wichtigste Zutat der wissenschaftlichen Modellierung, waren widersprüchlich. „Für 2015 konnte der ICES daher keine Berechnung und nur eine sehr vage, eher konservative Fangempfehlung abgeben, für die wir Wissenschaftler verständlicherweise viel Kritik einstecken mussten", so Christopher Zimmermann, der für Deutschland die ICES-Empfehlung verantwortet.

Ursachenforschung

In den vergangenen Monaten forschten die Ostseeanrainer fieberhaft an den Ursachen. Neben der gründlichen Analyse aller vorhandenen Daten wurden Forschungsprogramme initiiert, die die Alters- und Wachstumsdaten der Fische verifizieren sollen. Das Thünen-Institut hat ein Programm gestartet, in dessen Rahmen in den nächsten Jahren tausende junger Dorsche vorsichtig gefangen und markiert werden: Außen mit einer dünnen Plastikmarke und innen mit einer chemischen Lösung. Sie hinterlässt in den zur Altersbestimmung verwendeten Gehörsteinchen eine eindeutige dünne Marke. Sobald die Fische wieder gefangen werden, lässt sich dann die Altersdifferenz taggenau und damit auch das Wachstum präzise bestimmen.

Auch wenn es noch viele Monate dauern wird, bis wenigstens die methodischen Probleme beseitigt sind, so gibt es inzwischen weitgehend Klarheit über die möglichen Ursachen und Mechanismen für die derzeitige Situation. Dr. Uwe Krumme, Dorschexperte am Institut, fügte die vielen Puzzlesteinchen zu einer schlüssigen Hypothese zusammen. „Der während der Stagnationsphase über Jahre gesunkene Sauerstoffgehalt in der östlichen Ostsee ist der maßgebliche Parameter“, veranschaulicht uns Uwe Krumme an einem Poster. „Experimente haben gezeigt, dass der Dorsch bei chronisch verringertem Sauerstoffgehalt, wie sie im Bornholmbecken über Jahre herrschten, mehr körpereigene Reserven verbraucht und trotz Fütterung weniger Nahrung

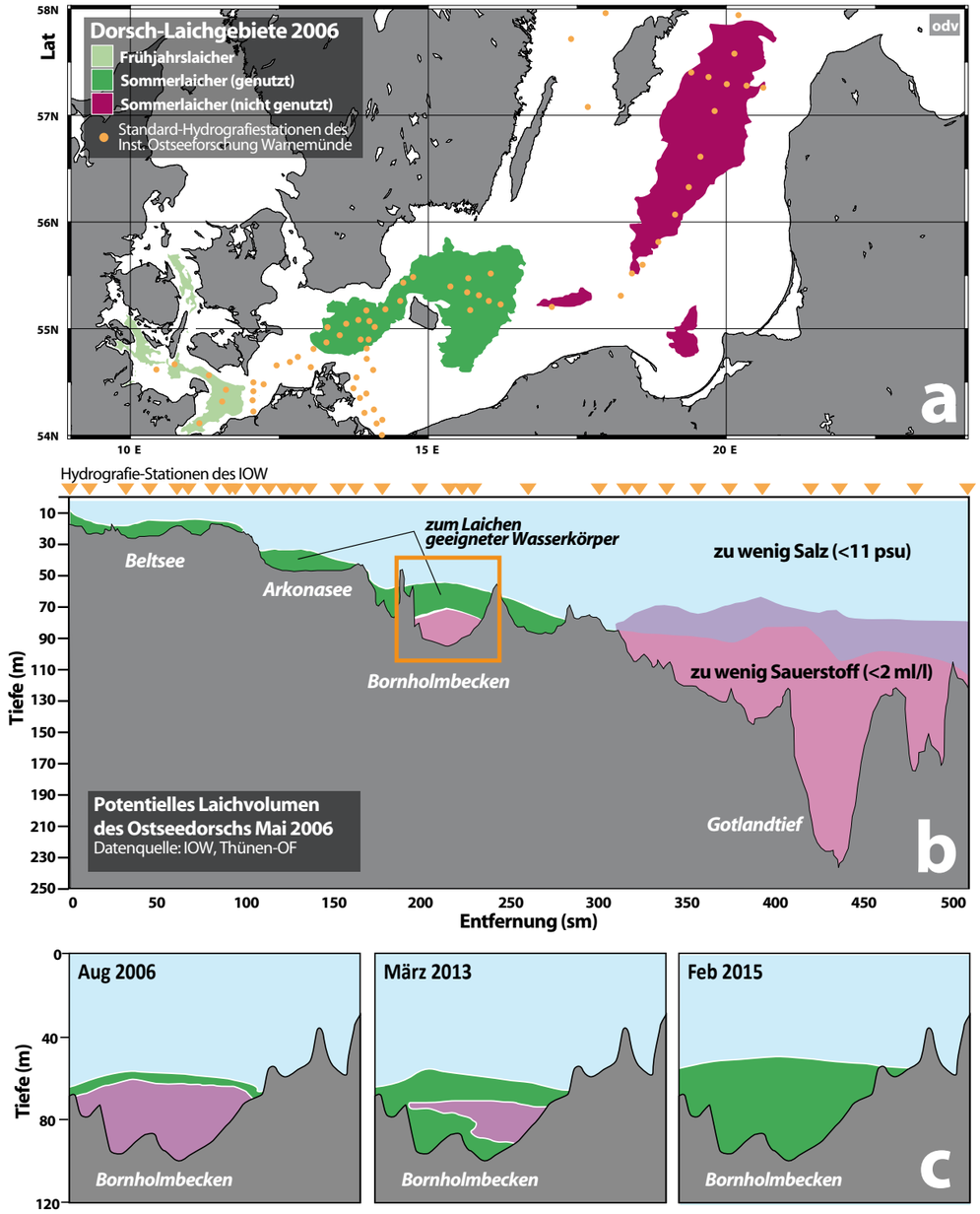


Abbildung 2: Laichgebiete des Dorschs und Querschnitt durch die Ostsee mit Sauerstoffverhältnissen 2006, 2013, und 2015

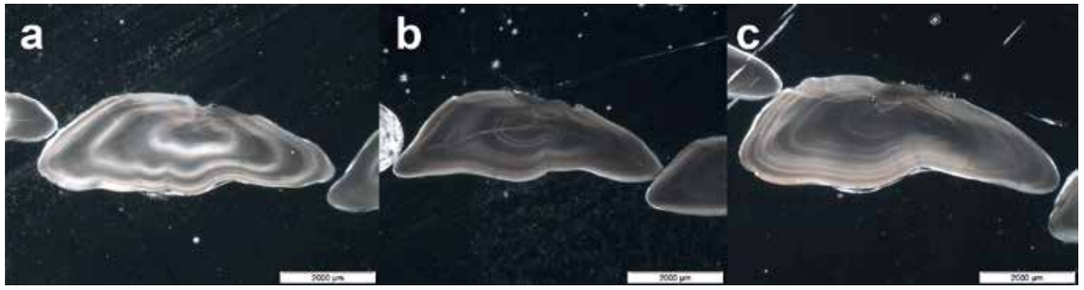


Abbildung 3: Dorschotolithen im Querschnitt mit leicht (a) und schwer (b, c) interpretierbaren Jahresringen

aufnimmt. Folglich werden die Dorsche bei Sauerstoffmangel mit der Zeit immer dünner. Die in manchen Monaten guten Nahrungsbedingungen in der freien Wassersäule konnten teilweise darüber hinwegtäuschen.“

Unübersehbar wurde der Effekt erst in den letzten Jahren: Ab 2010 gab es offenbar eine Reihe kleinerer Salzwassereinströme aus der Nordsee, die im Winter und Frühjahr den Sauerstoffgehalt am Boden der Bornholmsee verbesserten. Der Dorsch kehrte nach fast 20 Jahren zu seiner ursprünglichen Lebensweise am Boden zurück, wie Fangberichte der Fischerei belegen. „Unsere Messungen zeigen, dass sich das schwere, salz- und sauerstoffreichere Wasser unter das sauerstoffarme, alte Wasser geschoben hat und dieses eine Art Deckel über dem neuen Wasser bildet.“, erklärt Uwe Krumme weiter. „Allerdings fanden sie nach 20 Jahren Sauerstofffreiheit kaum Bodenlebewesen als Nahrung. Die reichlich vorhandenen Heringe und Sprotten einige Dutzend Meter darüber waren für sie durch die Sperrschicht im Mittelwasser kaum erreichbar. Am Boden herrschte also Nahrungsmangel.“ Am Ende führt dies offenbar innerhalb kurzer Zeit zum Tod vieler Dorsche, insbesondere der größeren, nach dem Laichgeschäft besonders ausgemergelten Tiere. Dies erklärt auch die massive Abnahme größerer Dorsche in den Fängen sowohl der Fischerei wie der Forschung.

Auch das Versagen der Altersbestimmungen der Wissenschaft erklärt sich: In den Otolithen wird nicht nur für jedes Jahr, sondern auch für jeden Wechsel in einen Wasserkörper mit anderem Salzgehalt ein Ring angelegt. Durch den Wechsel zwischen salzarmem Oberflächenwasser und salzreichem Bodenwasser wurden nun viele „falsche“ Ringe angelegt. Diese Otolithen sind damit für die Altersbestimmung nicht mehr verwendbar. Der ICES verwendet zur Ableitung des Bestandszustandes nun vorübergehend Dichte-Daten aus den Forschungsfängen. Danach ist der Bestand seit 2010 um ungefähr 50 Prozent geschrumpft.

Auswirkungen auf den Ertrag

Die Verbesserung des Sauerstoffgehaltes am Boden der Ostsee ist eine positive Entwicklung und erklärtes Ziel zur Erreichung des „guten Umweltzustandes“, wie ihn die europäische Gesetzgebung für die kommenden Jahre fordert. In diesem Fall bedeutete die auf den Boden beschränkte Verbesserung eine deutliche Verschlechterung für den Dorsch, einer wichtigen kommerziellen Fischart. Ein kaum zu lösender Konflikt. „Im Interesse der Fischerei und der Fischliebhaber bleibt zu hoffen, dass sich die Situation in die eine oder in die andere Richtung entwickelt: Entweder zurück zur Stagnation, während der die Dorsche von der Sauerstoffarmut in die Heringsschwärme vertrieben wurden, oder zu einer grundlegenden Verbesserung der Umweltbedingungen“, fasst Christopher Zimmermann zusammen. „Hoffnung gibt der stärkste Salzwassereinstrom in die Ostsee seit über 60 Jahren, der die Forscher vor Weihnachten 2014 überraschte. Wenige Wochen später war die Bornholmsee bis zum Grund sauerstoffreich und das frische Wasser aus der Nordsee ist weiter auf dem Vormarsch nach Norden. Bis der Lebensraum am Boden wieder von so vielen Organismen besiedelt ist, dass sich einige hunderttausend Tonnen Dorsch davon ernähren können, wird es einige Jahre dauern. Zu lang für den Dorsch, wenn es nicht wieder zu häufigeren, größeren Einströmen kommt.

Für den ForschungsReport unterwegs waren Dr. Antje Töpfer und Dr. Michaela Nürnberg.

Dr. Christopher Zimmermann, Dr. Uwe Krumme
Thünen-Institut für Ostseefischerei, Rostock

E-Mail: christopher.zimmermann@ti.bund.de

Nachhaltige Landwirtschaft für den Meeresschutz

Die Meeresstrategie-Rahmenrichtlinie

Aus der landwirtschaftlichen Produktion resultierende Nährstoffeinträge und die damit verbundene Eutrophierung, d. h. ein Überangebot an Nährstoffen, haben erhebliche Auswirkungen auf die Qualität von Gewässern. Dabei ist die Landwirtschaft selbst größter Verbraucher sauberen Wassers: 70 Prozent des menschlichen Wasserverbrauchs wird für den Feldbau genutzt. Die Erzeugung von einem Kilogramm Getreide benötigt 1.500 Liter Wasser, ein Kilogramm Rindfleisch sogar 15.000 Liter! Dieses Wasser gelangt als Süßwasser über Regen oder Beregnung in die Landwirtschaft, über kurz oder lang aber mit Nähr- und Schadstoffen befrachtet in die Meere.

Bedenklich ist der gegenwärtige Zustand der Ostsee. Insbesondere Stickstoff (N) und Phosphor (P) aus Düngung und Tierhaltung gelangen über Grund- oder Oberflächengewässer in das Binnenmeer; eine Verdünnung der Nährstoffkonzentrationen erfolgt dabei aufgrund des nur geringen Wasseraustausches mit der Nordsee und der gleichzeitig sehr hohen Zufuhr von nährstoffreichem Flusswasser praktisch nicht. Die damit regelmäßig wiederkehrende Eutrophierung macht dem empfindlichen Ökosystem Ostsee schwer zu schaffen. Jährlich wiederkehrende Algenblüte und Fischsterben infolge der Bildung von sogenannten Totzonen sind die Folgen.

Rechtlicher Rahmen zum Schutz der Meere

Die Meeresstrategie-Rahmenrichtline (MSRL 2008/56/EG) der Europäischen Union hat den Schutz der marinen Ökosysteme, die unter der Souveränität und den Hoheitsbefugnissen von Mitgliedstaaten der EU stehen, zum Ziel. Dabei ist jeder Mitgliedstaat dazu aufgefordert, Maßnahmen zu ergreifen und nationale Strategien zu entwickeln, um spätestens bis zum Jahr 2020 einen guten Zustand der Meeresgewässer wieder herzustellen oder aber zu erhalten. Darüber hinaus sollen auch die im Rahmen von regionalen Meeresübereinkommen erarbeiteten Strategien Eingang in die Maßnahmenprogramme zur Umsetzung der MSRL finden. Im Bereich der Nordsee hat die MSRL der EU zwischenzeitlich die Regularien der internationalen „Oslo und Paris Konvention zum Schutz der Nordsee (OSPARCOM)“ ersetzt. Das entsprechende Übereinkommen für den Ostseeraum ist die Konvention der HELCOM (Helsinki Kommission zum Schutz der Ostsee vom 15. Februar 1988). Sie ist trotz der MSRL der EU immer noch von besonderer Bedeutung, da in die Ostsee auch Russland und Weißrussland entwässern. Sie sind nicht Mitgliedstaaten der EU, aber in der Helsinki Konvention verpflichtet. Gegründet von den Ostsee-Anrainerstaaten spricht die Kommission Empfehlungen für den Schutz der Meeresumwelt im Ostseeraum aus; Beschlüsse oder Richtlinien verabschieden kann sie aber nicht. Im Fokus der HELCOM steht unter anderem die Formulierung von notwendigen Maßnahmen zur Reduzierung der Belastung der Ostsee durch Nährstoffeinträge. Seit 20 Jahren vertritt das Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde des Julius Kühn-Institutes (JKI) bzw. seiner Vorgängereinrichtung das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) in den für die Landwirtschaft relevanten Gremien der HELCOM, z. B. aktuell in der 2014 gegründeten „Gruppe zu nachhaltigen landwirtschaftlichen Praktiken“. Somit unterstützt das JKI die Erarbeitung von Strategien, um die aus landwirtschaftlichen Aktivitäten resultierenden Nährstoffverluste zu verringern.

Wie können Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft verringert werden?

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des JKI empfehlen eine Reihe von Maßnahmen, um den Zustand mariner Ökosysteme langfristig zu verbessern. Vor allem müssen Richtlinien für eine nachhaltige Verwendung von Wirtschaftsdüngern formuliert und umgesetzt werden, um Nährstoffverluste aus der Landwirtschaft so weit wie möglich zu reduzieren. Die Identifizierung der Regionen mit hohen Nährstoffverlusten und eine dem aktuellen Versorgungszustand des Bodens und dem Pflanzenentzug angepasste Düngung sind dafür unabdingbar. Unterstützend können dabei moderne Technologien wirken, wie die Präzisionslandwirtschaft mit Satellitennavigation und Fernerkundung.

Neben einer an die Standortgegebenheiten und den Pflanzenbedarf angepassten Düngung gilt es ein Gleichgewicht zwischen Tierbestand und verfügbarer landwirtschaftlicher Fläche zu schaffen, um die regionale Überfrachtung mit Wirtschaftsdüngern zu vermeiden. Die Menge an tierischen N-Ausscheidungen korreliert in Vieh-haltenden Betrieben dabei nicht nur mit dem Überschuss der N-Bilanz, sondern auch mit dem Verbrauch an mineralischen N-Düngern.

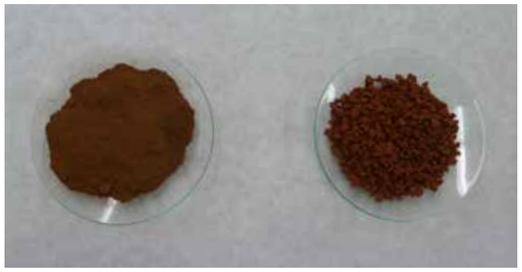


Abbildung 1: Recyclingdünger aus behandelter Klärschlammasche (links: Klärschlammasche; rechts: aschebasierter Dünger)

Hieraus ergibt sich der dringende Handlungsbedarf, in konventionellen Betrieben das Bewusstsein um den Nährstoffwert der Wirtschaftsdünger zu verbessern. Darüber hinaus steht der Landwirtschaft eine Reihe von Möglichkeiten zur Verbesserung der Effizienz der N-Düngung zur Verfügung. Bevor diese aber greifen können, steht das gesamtbetriebliche Nährstoffmanagement und hier insbesondere die Bewertung der N-Wirkung von Wirtschaftsdüngern in der Diskussion.

Derzeit große Beachtung bei der Entwicklung von Maßnahmen für eine Reduzierung von Nährstoffverlusten erhält Phosphor, da er eine Sonderstellung unter den Pflanzennährstoffen einnimmt: Er ist für Kulturpflanzen lebensnotwendig, in Flüsse und Meere ausgetragen ist er eine Ursache von Eutrophierung und Algenblüte. Als natürliche Ressource gehen seine Vorräte in absehbarer Zeit zur Neige. Da nur ein Teil des Phosphorkreislaufes innerhalb der Landwirtschaft liegt, müssen für eine nachhaltige Nutzung von Phosphor und zur Gewährleistung einer weitgehenden Schließung dieses Kreislaufes nicht nur Reststoffe aus der Landwirtschaft, sondern auch andere P-reiche Reststoffe (z. B. Klärschlämme oder Schlachtabfälle) konsequent rückgeführt werden. So ist es dringend notwendig, die Entwicklung innovativer Technologien im Bereich des Phosphorrecyclings zu fördern (Abb. 1).

Dr. Judith Schick, Dr. Sylvia Kratz,
Prof. Dr. mult. Ewald Schnug
Julius Kühn-Institut,
Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde,
Braunschweig

E-Mail: pb@jki.bund.de

Die Kennzeichnung der Fischart sollte in allen EU-Ländern mit standardisierten Methoden überprüft werden

Kristina Kappel

Auf Umwegen zum Fisch

Dr. Kristina Kappel ist Wissenschaftlerin am Max Rubner-Institut (MRI). Sie studierte an der Universität Marburg Humanbiologie, einem auf biomedizinische Forschung ausgerichteten Studiengang. „Auf Umwegen" kam sie, wie sie selbst sagt, zu den Fischen. Drei EU-Projekte begleiteten ihren Lebenslauf. Kristina Kappel hat zwei Kinder, ihr ist es gelungen, Beruf und Familie zu vereinbaren. Gerade in der Wissenschaft, die für eine schnelle „Karriere" stets den vollen Einsatz und viel Flexibilität fordert, ist es besonders schwierig, eine solche Biografie zu leben.

Frau Kappel, Sie haben Humanbiologie studiert, am MRI arbeiten Sie im Fachgebiet „Fischqualität". Wie kam das?
Nicht ganz direkt. In meiner Diplomarbeit beschäftigte ich mich mit der Zellbiologie. Dabei ging es kurz gesagt um Wechselwirkungen zwischen dem Immunsystem und dem Nervensystem. Während der Doktorarbeit an der Universität Bremen arbeitete ich in der Abteilung für Biotechnologie und molekulare Genetik. Ich sollte Microarray-Sonden entwickeln und konnte mir einen Anwendungsbereich aussuchen. Da ich immer gerne auf ein Forschungsschiff wollte, kam mir die Idee etwas im marinen Bereich zu suchen. Ich wurde auf Dr. Hein von Westernhagen vom Alfred-Wegener-Institut aufmerksam, der Fischeier in der Nordsee untersucht hat.

Schließlich habe ich Markergene von Plattfischen und Dorschen der südlichen Nordsee untersucht. Darauf basierend entwickelte ich Sonden für die Microarray-Diagnostik. Mit Hilfe der Sonden und DNA-Chips kann die Fischart bestimmt werden.

Und hat es geklappt mit der Fahrt auf dem Forschungsschiff?
Ja, das hat geklappt! Ich habe tatsächlich zwei Forschungsfahrten mitgemacht und Fische für meine Doktorarbeit gesammelt. Die erste Fahrt auf der „Walther Herwig II" unter der Leitung des Thünen-Instituts war sehr schwierig. Wir hatten im Februar und März nur Sturm. Die Hälfte der Zeit konnten wir nicht arbeiten und sogar die erfahrenen Seeleute wurden seekrank. Die zweite Fahrt auf der „Heincke" des Alfred-Wegener-Instituts fand im Sommer statt, wir hatten super Wetter. Ich war beim Fischfang dabei und habe die Proben, die ich später in der Doktorarbeit untersucht habe, selbst in der Hand gehabt und das Filet herausgeschnitten. Das hat Spaß gemacht.

Waren Sie erfolgreich?
Es waren letztlich Vorarbeiten. Ich habe Sonden entwickelt und mit den Fischen von den Forschungsfahrten einen Fish-Chip-Prototyp getestet. Basierend auf diesen Vorarbeiten ist das EU-Projekt Fish&Chips entstanden. Das war ein großes EU-Projekt mit dem Ziel, Microarray-Sonden für verschiedene Fischarten zu entwickeln. Dazu mussten erst einmal Markergene vieler Fischindividuen sequenziert werden. Mit den Microarrays können dann verschiedenste Fischproben analysiert werden, wie z. B. Fischeier, Umweltproben, aber auch Markt- oder Restaurant-Proben.

Nach der Doktorarbeit forschte ich noch ein Jahr in einem zweiten interessanten und wichtigen EU-Projekt weiter an der Universität Bremen in der gleichen Arbeitsgruppe. Das war das FishPopTrace-Projekt. Ziel des Projektes war die Planung eines gesamteuropäischen Rahmens für die Produktrückverfolgung und politische Überwachung, Kontrolle und Aufsicht im Fischereisektor. Ich habe daran gearbeitet, mit DNA-Microarrays nicht die Fischart, sondern bestimmte Fischpopulationen nachzuweisen. Dafür habe ich verschiedene enzymatische Reaktionen auf der Chipoberfläche kombiniert.

Sie waren ja nur ein Jahr im Projekt und suchten dann nach einer Weiterbeschäftigung, die sie zwei Jahre später am MRI gefunden haben. Dem Thema sind sie dort treu geblieben, oder?
Ja, nach zwei Jahren bekam ich die Stelle hier am MRI. Es ist eine EU-Projektstelle im Rahmen des LabelFish-Projektes (s. Artikel auf Seite 20). Es geht erneut um die Identifizierung von Fischen mit molekularbiologischen Methoden. Wenn keine morphologischen Charakteristika mehr vorhanden sind wie bei paniertem Fisch im Restaurant oder verarbeitetem Fisch in der Dose, ist es wichtig, molekularbiologische Methoden einsetzen zu können.

Inwiefern ist die länderübergreifende Zusammenarbeit auch Teil des Projektes?
Zunächst einmal ist es für mich sehr interessant in internationalen Projekten zu arbeiten, dazu zu lernen und Erfahrungen zu sammeln. Das ist sehr bereichernd.

Eine Aufgabe des Projektes ist es, die Methodik zwischen den Ländern zu harmonisieren. Letztendlich ist es ja so: der Fisch, der nach Europa kommt, kann zwischen den einzelnen europäischen Ländern frei gehandelt werden. Und je nachdem wo er ins Land kommt, wird er unterschiedlich kontrolliert oder untersucht. Da es diese gemeinsame Marktorganisation gibt, muss sichergestellt werden, dass die Kennzeichnung in allen Ländern gleich untersucht wird. Das finde ich sehr gut. Aus meiner Sicht hat unser Projekt eine große Bedeutung. In Deutschland gibt es bereits validierte und standardisierte molekularbiologische Methoden – das ist in anderen Ländern nicht unbedingt so.

Im April endet das Projekt LabelFish, wie geht es für Sie weiter?
Ich habe jetzt wieder für ein weiteres Jahr ein Sondierungsprojekt bewilligt bekommen und bleibe am MRI. Ziel ist es, Drittmittel für ein nächstes Projekt einzuwerben. In dem Projekt soll es dann tatsächlich wieder – und das freut mich sehr – um Microarrays gehen. Zurzeit schauen wir noch, wo wir solch ein Projekt beantragen können. Vielleicht gibt es im Programm zur Innovationsförderung des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) Möglichkeiten, in dem unter anderem die Entwicklung von Methoden und Verfahren gefördert wird, die die Sicherheit und Qualität von Lebensmitteln garantieren. Eine weitere Möglichkeit wäre die Beantragung eines Projekts über den Forschungskreis der Ernährungsindustrie (FEI), denn Schnelltests für die Fischartbestimmung sind auch für die fischverarbeitenden Unternehmen von großem Interesse.

Der Standort Hamburg wird zurzeit nach Kiel verlegt. Lässt sich das mit der Familie organisieren?
Die Voraussetzung für das Anschlussprojekt war ja, dass ich am Standort Kiel arbeite. Wir wohnen bisher in Bremen und ich pendle drei Tage in der Woche von Bremen nach Hamburg. Jetzt zieht die ganze Familie nach Kiel. Wir haben lange überlegt, aber es hat auch Vorteile für unser gemeinsames Hobby, das Segeln. Mein Mann hat in Kiel studiert, er arbeitet auch in Hamburg. Deswegen ist es für ihn kein Unterschied. Die Kinder finden es nicht ganz so toll ... freuen sich aber auf den Strand.

MRI Max Rubner-Institut

Dr. Kristina Kappel
Max Rubner-Institut,
Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch,
Kiel

E-Mail: kristina.kappel@mri.bund.de

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien, IAMO

Zivilgesellschaftliche Organisationen auf dem Land

Zivilgesellschaftliche Organisationen spielen in der landwirtschaftlichen und ländlichen Entwicklung eine immer größere Rolle. Um ihre Motive und ihre Bedeutung für ein nachhaltiges Wirtschaften zu verstehen, muss man die ausgetretenen Pfade der rein ökonomischen Erklärungsansätze verlassen. Lioudmila Chatalova und PD Dr. Vladislav Valentinov vom Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO) erläutern im IAMO Policy Brief 21 warum.

In vielen Teilen der Welt, in Entwicklungs- wie Industrieländern, wird landwirtschaftliche und ländliche Entwicklung durch zivilgesellschaftliche Organisationen (ZGO) unterstützt. Bürgerschaftliches Engagement findet in Bürgernetzwerken, Vereinen, Verbänden und verschiedensten Initiativen statt. Ob Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft (DLG), Demeter oder Verein für Heimatgeschichte, sie leisten gegenwärtig keinen trivialen Beitrag zur Verbesserung der Produktivität landwirtschaftlicher Betriebe sowie zur Steigerung der Lebensqualität im ländlichen Raum. Das umfasst u. a. die Stärkung der Marktmacht kleinerer Agrarbetriebe, die Vertretung von politischen Minderheiteninteressen, die Bereitstellung von sozialen und produktionsbezogenen Dienstleistungen oder auch die Förderung und Diversifizierung der regionalen Infrastrukturentwicklung.

Die akademische Fachwelt, Wirtschaft und Politik haben die Bedeutung einer vitalen Zivilgesellschaft für landwirtschaftliche und regionale Entwicklung erkannt. Die IAMO-Wissenschaftler merken jedoch an, dass die nicht-gewinnorientierten ZGO anhand der üblichen Effizienzkennzahlen bewertet werden, so als seien sie profitorientierte Unternehmen. Valentinov erläutert: „Vielmehr fangen ZGO soziale Kosten auf und neutralisieren sie. Diese Kosten sind nicht selten erst durch das Streben nach Effizienz hervorgerufen." Tatsächlich weisen ländliche ZGO eine Bandbreite von Anliegen auf, die man unter dem Effizienzkriterium nicht einordnen kann. Diese Anliegen betreffen vor allem die Lebensqualität und die Menschenwürde und weichen somit deutlich von utilitaristischen Geboten ab. Der normative Fokus auf rein ökonomische Effizienz kann deshalb der Bedeutung der ZGO im ländlichen Raum nicht gerecht werden. Ihre eigentliche Funktion besteht in der Sensibilisierung des Wirtschaftssystems gegenüber der gesellschaftlichen und ökologischen Umwelt. Um diese Funktion zu bewerten, ist aus Sicht von Chatalova und Valentinov, die Weiterentwicklung heterodoxer institutionenökonomischer und systemtheoretischer Ansätze nötig.

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie, FBN

Wie kann man messen, ob Tiere sich wohl fühlen?

Immer mehr Verbraucher legen beim Kauf von Fleisch- und Wurstwaren großen Wert auf das Wohl der Tiere bei Haltung und Schlachtung. Aber auch die Landwirte und Lebensmittelproduzenten wünschen sich verlässliche Kriterien, anhand derer das Tierwohl objektiv nachgewiesen werden kann. Am Leibniz-Institut für Nutztierbiologie Dummerstorf (FBN) fand ein Innovationsforum „Tierwohl" mit einer öffentlichen Podiumsdiskussion statt, das Experten aus Wissenschaft, Politik und Land- und Ernährungswirtschaft zusammenbrachte.
Ist der Stall groß genug, welche Temperatur ist die richtige, leiden die Tiere vor der Schlachtung, was löst Stress und Angst aus und welche Maßnahmen tragen zur Entspannung und Wohl der Tiere bei? Die große bislang ungeklärte Frage ist, wann fühlt ein Tier sich gut und wie kann man das messen? Der objektive Nachweis von Wohlbefinden erfolgt bisher zumeist auf Grundlage von subjektiven Kriterien und Erfahrungswerten. Auftretende Konflikte innerhalb der Wertschöpfungskette sind weitestgehend bekannt, aber bisher schlecht messbar, da geeignete Messsysteme fehlen.

Gleich mehrere Projekte am FBN verfolgen das Ziel, standardisierte und praxistaugliche Nachweissysteme zur objektiven Messung und Einschätzung des Tierwohls zu entwickeln. Zusätzlich sollen innovative Forschungsansätze und Erkenntnisse anderer Institute und die Erfahrung der Praxispartner in den Entwicklungsprozess mit eingebunden werden. Basis dafür ist ein Netzwerk aus Landwirten, Tiertransporteuren, Vertretern von Schlachthöfen, Lebensmittelherstellern und -händlern sowie des Verbraucherschutzes und der Politik, um einerseits geeignete Parameter zu finden und andererseits praxisgerechte technologische Produktideen zur Bestimmung von Bioindikatoren umzusetzen. Darüber hinaus geht es aber auch darum, geeignete Kooperationsformen für die Partner entlang der Produktions- und Lieferkette tierischer Produkte zu finden, um ein neues Qualitätsniveau in der Lebensmittelproduktion zu erreichen. Auf dem Innovationsforum „Tierwohl" wurden Problemstellungen, Bedarfe und Innovationen innerhalb der Wertschöpfung unter die Lupe genommen, gemeinsam diskutiert und weitere Schritte besprochen.

Das FBN beschäftigt sich seit Jahren mit der Erforschung, Entwicklung und dem Einsatz von Technologien zur Phänotypisierung von Nutztieren. Bei der Phänotypisierung werden vielfältige Methoden kombiniert, um Merkmale der individuellen Gestalt und des Stoffwechsels (Phänotyp) mit genetischen Bedingungen und der Umwelt in Beziehung zu setzen und so eine ganzheitliche Einordnung des Tieres zu ermöglichen. Diese wissenschaftliche Arbeit ist die Grundlage für das ambitionierte Vorhaben, das Tierwohl stärker in den Fokus einer Ressourcen schonenden Ernährungswirtschaft zu rücken und neue Maßstäbe im Umgang mit Nutztieren zu definieren.

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V., ATB

Wirkung von Enzymzusätzen bei der Biogaserzeugung weiter offen

Über fast vier Jahre haben Wissenschaftler unter Federführung des ATB gemeinsam mit Praxispartnern im Projektverbund „BiogasEnzyme" die Wirkung von Enzymzusätzen bei der Biogaserzeugung in landwirtschaftlichen Praxisanlagen untersucht. Jetzt liegen die Ergebnisse vor: Die in Labortests erfasste effizienzsteigernde Wirkung von Enzympräparaten ließ sich für Praxisanlagen nicht in dieser Deutlichkeit nachvollziehen.

Enzympräparate werden seit Jahren von vielen Anlagenbetreibern eingesetzt. Erste Ergebnisse aus Labortests ließen eine katalysierende Wirkung von Enzymzusätzen im Biogasprozess vermuten: Sie sollen für einen schnelleren Aufschluss des Substrats sorgen, die Reaktion im Fermenter beschleunigen, die Viskosität des Gärsubstrats verbessern und damit die Bildung von Schwimmdecken verhindern helfen.

Die Wissenschaftler haben gemeinsam mit Praxispartnern erstmals in einem systematischen Ansatz die Wirkung von Enzymen in verschiedenen Substrat-Enzym-Kombinationen unter variierenden Einsatzbedingungen im Labor-, Technikums- und Praxismaßstab untersucht. Zum Einsatz kamen Enzympräparate wie Cellulasen, Proteasen und Pektinasen, und unterschiedliche Substrate wie Grassilage, Hirsen und Hühnertrockenkot.

„Wichtig war uns das systematische Upscaling vom Labor bis zur Praxisanlage mit einem einheitlichen Methodenkatalog, um eine Übertragbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Bisher lagen zur Wirkung von Enzymen nur eher punktuelle und kaum übertragbare wissenschaftliche Erkenntnisse vor", erläutert Projektleiterin Dr. Monika Heiermann vom Potsdamer Leibniz-Institut für Agrartetchnik.

Im Ergebnis führte eine kombinierte Applikation von cellulolytischen und proteolytischen Enzympräparaten in Technikums- und Praxisanlagen zu einem, wenn auch geringen Anstieg der Biogasausbeute bei einem geringeren Bedarf an Rührleistung. „Die Ergebnisse aus den Praxisanlagen waren immer schwer zu werten, da trotz intensiver Planung und Beratung es sich als schwierig erwies, eine Biogasanlage über einen längeren Zeitraum konstant zu betreiben", kommentiert Monika Heiermann die jetzt vorliegenden Ergebnisse.

Das ATB hat im Verbundvorhaben eine umfassende Bewertung des Enzymeinsatzes sowie für die zehn untersuchten Praxis-Biogasanlagen eine Kosten-Nutzen-Analyse durchgeführt. Die Wissenschaftler verglichen die Stoffflüsse vor, während und z. T. auch nach der Enzymapplikation und bilanzierten den Input an chemischer Energie durch die Einsatzstoffe mit dem Biomasse-Umsatz zu Biogas und der elektrischen Leistung der Rührwerke.

„Wir konnten tendenziell positive Effekte einer Enzymzugabe auf die Energiebilanz erkennen. Aus ökonomischer Sicht stehen den positiven Effekten durch eine höhere Gasproduktion und verringerte Substrat- und Betriebskosten aber die relativ hohen Kosten für den Enzymeinsatz entgegen", so Monika Heiermann.

Bundesinstitut für Risikobewertung, BfR

Neue Daten zur Bioverfügbarkeit von Cyanid

Bittere Aprikosenkerne, Leinsamen und Maniok enthalten als natürliche Pflanzeninhaltsstoffe cyanogene Glykoside in vergleichsweise hohen Konzentrationen. Durch das in den Pflanzen ebenfalls enthaltene Enzym ß-Glukosidase wird beim Verzehr Cyanid freigesetzt. Cyanide sind Salze der Blausäure. Nach Aufnahme einer entsprechend hohen Dosis können sie zu einer akuten Vergiftung durch Blockade der Energiegewinnung führen. Die vom Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR) durchgeführte Humanstudie zeigt, dass bei der Risikobewertung von Lebensmitteln mit cyanogenen Glykosiden neben der Dosis an gebundenem Cyanid von hoher Bedeutung ist, ob und in welchem Maße das Pflanzenenzym ß-Glukosidase aktiv ist. Denn nur eine schnelle enzymatische Freisetzung führt zu hohen Cyanidblutspiegeln im Körper, durch die die Toxizität bestimmt wird.
Das BfR gibt für Verbraucherinnen und Verbraucher folgende Verzehrsempfehlungen: Bittere Aprikosenkerne sollten nur in einer Menge von maximal zwei Kernen verzehrt werden. Größere Mengen von Maniok sollten vor dem Verzehr verarbeitet werden. Der Verzehr von Leinsamen ist auch bei hohen Cyanidgehalten gesundheitlich unbedenklich, wenn die gängigen Verzehrsempfehlungen von bis zu 15 Gramm pro Einzeldosis beachtet werden. Der Verzehr von Marzipan oder Persipan, ist auch in sehr hohen Mengen in Bezug auf Cyanid gesundheitlich unbedenklich.

Die akute Toxizität von Cyanid wird durch die im Blut erreichten Spitzenspiegel bestimmt. Oberhalb eines kritischen Bereichs, der durch die Auswertung von Vergiftungsfällen bekannt ist, ist wegen der Blockade der Energiegewinnung mit ersten klinischen Symptomen wie Erbrechen und Bewusstseinsbeeinträchtigung zu rechnen. Das BfR hat in einer kontrollierten Humanstudie mit zwölf Probanden die Cyanidblutspiegel nach Verzehr der oben genannten Lebensmittel untersucht. Diese enthielten alle die gleiche Dosis von 6,8 Milligramm als cyanogenes Glykosid gebundenes Cyanid. Die gemessenen maximalen Blutspiegel waren jedoch sehr unterschiedlich. Während nach Verzehr von bitteren Aprikosenkernen und unverarbeitetem Maniok der genannte kritische Bereich fast erreicht wurde, waren die maximalen Blutspiegeln nach Verzehr von Leinsamen deutlich niedriger, vermutlich bedingt durch eine geringere Aktivität des Enzyms ß-Glukosidase in den Leinsamen. Nach Verzehr von Persipan waren die Blutspiegel sogar um den Faktor 10 niedriger im Vergleich zu bitteren Aprikosenkerne und Maniok. Dies ist offenbar durch die bei der Herstellung von Persipan stattfindende starke Erhitzung bedingt, die die ß-Glukosidase weitgehend zerstört.

Das BfR hat aus den Daten der Studie eine akute Referenzdosis für Cyanid abgeleitet, die auch für cyanogene Glykoside in Lebensmittel mit hoher ß-Glukosidase-Aktivität gilt.

Der Senat

Der **Senat der Bundesforschungsinstitute des BMEL** koordiniert die einrichtungsübergreifenden wissenschaftlichen Aktivitäten im Forschungsbereich des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL). Ihm gehören vier Bundesforschungsinstitute, das Bundesinstitut für Risikobewertung sowie sechs Forschungseinrichtungen der Leibniz-Gemeinschaft an (www.bmel-forschung.de, Tel: 030/18529 4452 / 4740).

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Quedlinburg
Das JKI arbeitet und forscht in den Bereichen Pflanzengenetik, Pflanzenzüchtung, Pflanzenbau, Pflanzenernährung, Bodenkunde, Pflanzen- und Vorratsschutz und Pflanzengesundheit. In 15 Fachinstituten werden Konzepte z. B. für den nachhaltigen Anbau der Kulturpflanzen entwickelt, alternative Pflanzenschutzstrategien erforscht und Züchtungsforschung betrieben, um Pflanzen fit für die Anforderungen der Zukunft zu machen. In den verschiedenen Instituten werden land- und forstwirtschaftliche Kulturen ebenso bearbeitet wie Kulturen des Garten-, Obst- und Weinbaus und des Urbanen Grüns (www.jki.bund.de, Tel.: 03946/47-0).

Johann Heinrich von Thünen-Institut (Thünen-Institut), Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Braunschweig
Das Thünen-Institut entwickelt Konzepte für die nachhaltige und wettbewerbsfähige Nutzung unserer natürlichen Lebensgrundlagen in den Bereichen Felder, Wälder, Meere. Mit seiner ökologischen, ökonomischen und technologischen Expertise erarbeitet es wissenschaftliche Grundlagen als politische Entscheidungshilfen. Das Institut nimmt deutsche Interessen in internationalen Gremien wahr und führt – teils eingebunden in internationale Netzwerke – wichtige Monitoringtätigkeiten durch (www.ti.bund.de, Tel.: 0531/596-0).

Friedrich-Loeffler-Institut (FLI), Bundesforschungsinstitut für Tiergesundheit, Insel Riems
Im Mittelpunkt der Arbeiten des FLI stehen die Gesundheit und das Wohlbefinden lebensmittelliefernder Tiere sowie der Schutz des Menschen vor Infektionen, die von Tieren auf den Menschen übertragen werden. Das FLI arbeitet grundlagen- und praxisorientiert in verschiedenen Fachdisziplinen insbesondere auf den Gebieten der Tiergesundheit, der Tierernährung, der Tierhaltung, des Tierschutzes und der tiergenetischen Ressourcen (www.fli.bund.de, Tel.: 038351/7-0).

Max Rubner-Institut (MRI), Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel, Karlsruhe
Das MRI hat seinen Forschungsschwerpunkt im gesundheitlichen Verbraucherschutz im Ernährungsbereich. Vier der acht Institute des MRI und die Arbeitsgruppe Analytik arbeiten „produktübergreifend". Forschungsschwerpunkte sind: Die Untersuchung der ernährungsphysiologischen und gesundheitlichen Wertigkeit von Lebensmitteln, Arbeiten im Bereich der Lebensmittelqualität und -sicherheit oder der Bioverfahrenstechnik. Die Forschungsaufgaben der anderen vier Institute beziehen sich auf Lebensmittelgruppen wie Getreide, Gemüse, Milch und Fleisch. An diesen Instituten steht die gesamte Lebensmittelkette im Fokus. (www.mri.bund.de, Tel.: 0721/6625-201).

Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR), Berlin
Für die gesundheitliche Bewertung von Lebensmitteln, Bedarfsgegenständen und Chemikalien ist das BfR zuständig. Es trägt maßgeblich dazu bei, dass Lebensmittel, Stoffe und Produkte sicherer werden. Die Aufgaben umfassen die Bewertung bestehender und die frühzeitige Identifizierung neuer gesundheitlicher Risiken, die Erarbeitung von Empfehlungen zur Risikobegrenzung und die Kommunikation dieser Prozesse. Das BfR berät die beteiligten Bundesministerien sowie andere Behörden auf wissenschaftlicher Basis. In seinen Empfehlungen ist das BfR frei von wirtschaftlichen, politischen und gesellschaftlichen Interessen (www.bfr.bund.de, Tel.: 030/18412-0).

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie, Leibniz-Institut (DFA), Freising
Die Bedeutung so genannter funktioneller Lebensmittel mit einem besonderen gesundheitlichen Nutzen hat in den letzten Jahren stetig zugenommen. Aroma, Geschmack und Textur bestimmen neben den gesundheitlichen Aspekten die Qualität von Lebensmitteln. Die DFA untersucht Inhaltsstoffe und Qualität von Lebensmitteln (www.dfal.de, Tel.: 08161/712-932).

Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim e. V. (ATB)
Das ATB ist ein Zentrum agrartechnischer Forschung – eines komplexen, interdisziplinären Arbeitsfeldes. Global gilt es, mehr hochwertige Lebensmittel sowie Agrarrohstoffe für stoffliche und energetische Nutzungen zu produzieren und dabei die natürlichen Ressourcen effizient und klimaschonend zu nutzen. In der hierfür notwendigen Anpassung und Weiterentwicklung von Verfahren und Technologien für eine ressourceneffiziente Nutzung biologischer Systeme sieht das ATB seine zentrale Aufgabe (www.atb-potsdam.de, Tel.: 0331/5699-0).

Leibniz-Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau Großbeeren/Erfurt e. V. (IGZ)
Das IGZ erarbeitet wissenschaftliche Grundlagen für eine ökologisch sinnvolle und wirtschaftliche Erzeugung von Gartenbauprodukten. Wobei auf eine Balance zwischen Grundlagenforschung und angewandter, praxisorientierter Forschung im Gartenbau geachtet wird (www.igzev.de, Tel.: 033701/78-0).

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e. V. , Müncheberg
Das ZALF erforscht Ökosysteme in Agrarlandschaften und die Entwicklung ökologisch und ökonomisch vertretbarer Landnutzungssysteme. Es richtet sein Hauptaugenmerk darauf, aus aktuellen und antizipierten gesellschaftlichen Diskussionen heraus Perspektiven für eine nachhaltige Nutzung der Ressource Landschaft im Kontext der Entwicklung ländlicher Räume am Beispiel seiner Modellregionen aufzuzeigen. (www.zalf.de, Tel.: 033432/82-200).

Leibniz-Institut für Nutztierbiologie (FBN), Dummerstorf
Der systemische Forschungsansatz am FBN betrachtet das Tier (1) als Teil einer Population auf allen biologischen Ebenen der Merkmalsausprägung und (2) als Element des jeweils betrachteten Systems und den sich daraus ergebenden Wechselwirkungen. Dieser interdisziplinäre Forschungsansatz ist Voraussetzung für die nachhaltige Gestaltung einer zukunftsfähigen Nutztierhaltung. Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des FBN versuchen die genetisch-physiologischen Grundlagen funktionaler Biodiversität zu verstehen und leiten darauf aufbauend innovative Züchtungs- und Handlungsstrategien ab (www.fbn-dummerstorf.de, Tel.: 038208/68-5).

Leibniz-Institut für Agrarentwicklung in Transformationsökonomien (IAMO), Halle
Das IAMO widmet sich der Analyse von wirtschaftlichen, sozialen und politischen Veränderungsprozessen in der Agrar- und Ernährungswirtschaft sowie in den ländlichen Räumen. Sein Untersuchungsgebiet erstreckt sich auf die Transformationsländer Mittel-, Ost- und Südosteuropas sowie Zentral- und Ostasiens. Mit diesem Forschungsfokus ist das IAMO eine weltweit einmalige agrarökonomische Forschungseinrichtung. (www.iamo.de, Tel.: 0345/2928-0)

Das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), Berlin/Bonn
Das BMEL unterhält diesen Forschungsbereich. Es werden wissenschaftliche Grundlagen als Entscheidungshilfen für die Ernährung und Landwirtschaft der Bundesregierung erarbeitet und damit die Erkenntnisse zum Nutzen des Gemeinwohls erweitert (www.bmel.de, Tel.: 0228/99529-0).

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft

Impressum

ForschungsReport
Ernährung – Landwirtschaft – Verbraucherschutz
FoRep 1/2015 (Heft 51)

Herausgeber und Redaktionsanschrift:
Senat der Bundesforschungsinstitute des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft
Königin-Luise-Straße 19
14195 Berlin
Tel.: 030/18529 4452
Fax: 030/18529 4313
E-Mail: antje.toepfer@bmel.bund.de
Internet: www.bmel-forschung.de, www.forschungsreport.de

Redaktion:
Dr. Suzan Fiack, BfR
Helene Foltan, ATB
Monique Luckas, ZALF
Dr. Michaela Nürnberg, Senat
Elke Reinking, FLI
Dr. Antje Töpfer, Senat (verantw. Redakteurin)

Gestaltung/Satz:
Design meets Science
ein Service der neoplas GmbH
Walther-Rathenau-Straße 49a
17489 Greifswald
www.design-meets-science.de

Druck:
Steffen Druck Gmbh
www.steffendruck.de

Bildnachweise:
Sofern nicht anders angegeben, liegen die Rechte bei den Autoren, den Forschungseinrichtungen oder bei der neoplas GmbH.
Titelbild/Cover: thinkstock.de
thinkstock.de: S. 8, links; S. 11, beide; S. 12, beide; S. 13, links; S.16, beide; S. 18, beide; S. 20, beide; S. 23, links; S. 31 unten; S. 38 rechts; S. 48, links
Judith Köbis: S. 4-7
Monika Manthey-Karl, MRI: S. 3, mitte
Roswitha Schulz, LWH: S.32, links; S. 34, links;
Marco Natkhin: S. 34, rechts
D. Stepputtis, TI: S. 40, beide

Erscheinungsweise:
Zweimal jährlich
Nachdruck, auch auszugsweise, mit Quellenangabe zulässig. (Belegexemplar erbeten)
Möchten Sie den ForschungsReport kostenlos abonnieren?
Wenden Sie sich an die Redaktion.
ISSN 1863-771X

Senat
Bundesforschung
Bundesministerium für Ernährung
und Landwirtschaft

Bundesministerium
für Ernährung
und Landwirtschaft