

Informationsmaterial

Warum wird der Kabeljau immer kleiner?

Hochgradig aktuelle und besonders folgenreiche Beispiele für die vom Menschen verursachte Evolution sind die durch den kommerziellen Fischfang verursachten evolutionären Veränderungen in vielen Fischbeständen. Einige Kabeljaubestände sind im 20. Jahrhundert über viele Jahrzehnte hinweg intensiv befischt worden. Auf Grund der Maschengröße der Netze wurden dabei die großen Kabeljau-Individuen besonders häufig gefangen. Mit der Zeit stellte man fest, dass nicht nur die Anzahl der Fische kontinuierlich abnahm, sondern auch ihre Durchschnittsgröße. Diese Größenabnahme war jedoch nicht nur auf ein geringeres Alter der Tiere zurück zu führen; auch alte Tiere erreichten nicht mehr die Größe der Individuen vorangegangener Populationen. Damit sich die Bestände wieder erholen, wurde in einigen Gebieten der Kabeljaufang eingestellt. Dabei hoffte man, dass die Tiere mit der Zeit wieder die gleiche Größe erreichen würden wie vor der Befischung. Allerdings musste man feststellen, dass dies nicht der Fall war. Die Durchschnittsgröße der Fische nahm gar nicht oder nur sehr langsam wieder zu.

Aufgrund dieser Beobachtungen wurden die Bestände des atlantischen Kabeljau (*Gadus morhua*) aus der Familie der Dorsche (Gadidae) vor den Küsten Amerikas und Kanadas intensiv untersucht und fischereibasierte Daten ausgewertet. Eine Erkenntnis aus diesen Studien besteht darin, dass sich in Folge des Selektionsdrucks, der durch die Fischerei ausgeübt wurde, sowohl die Körpergröße als auch das Alter des Kabeljaus beim Einsetzen der Geschlechtsreife verändert haben. Die Geschlechtsreife der Tiere setzt zu einem viel früheren Zeitpunkt und bei kleinerer Körpergröße ein (Barot et al., 2002). Sowohl die Wachstumsphase als auch die reproduktive Phase sind wichtige Phasen im Leben eines Organismus. Das frühere Einsetzen der Geschlechtsreife bedingt gravierende Veränderungen im Energiehaushalt, was wiederum Auswirkungen auf das Wachstum des Organismus hat. Veränderungen von Alter und Körpergröße zu Beginn der reproduktiven Phase können einen entscheidenden Einfluss auf die Fitness eines Individuums und damit auf die Dynamik einer ganzen Population haben (Barot et al., 2004).

Vorangegangene Studien zeigten, dass die Fischerei durch den Fang der ältesten, größten und am schnellsten wachsenden Individuen in einer Fischpopulation einen starken, gerichteten Selektionsdruck ausübt, bei dem die kleinsten, jüngsten und langsamer wachsenden Individuen klar im Vorteil sind. Als Erklärung für die langen und oft erfolglosen

Vom Menschen verursachte Evolution – Warum wird der Kabeljau immer kleiner? (Information)

Erholungszeiten vieler Fischpopulationen vermuteten Walsh et al. (2006), dass eine Selektion auf das Merkmal Körpergröße indirekt auch andere Merkmale beeinflussen könnte, wie z.B. das Eintreten der Geschlechtsreife, Eiggröße, Fertilität, Wachstum, sowie Lebens- und Entwicklungsfähigkeit der Larven. Als Modellorganismus für ein Experiment zur Überprüfung dieser Hypothesen diente der Mondährenfisch *Menidia menidia*.

Der selektive Einfluss der Fischerei wurde anhand von drei größenselektiv befischten Populationen simuliert, indem in der ersten Versuchsgruppe (L; large-harvest population) jeweils 90% der größten Individuen, in der zweiten Gruppe (S; small-harvest population) jeweils 90% der kleinsten Individuen und in der dritten Gruppe (R; random-harvest population) 90% der Individuen zufällig herausfischte wurden. Dazu wurde 190 Tage nach dem Schlupf der Tiere die Körpergröße gemessen und anschließend wurden die Tiere nach der Körpergröße sortiert. Die verbleibenden 10% konnten reproduzieren. Ihre Eier wurden gesammelt und 190 Tage nach dem Schlupf wurde die neue Generation vermessen und entsprechend selektiert. Dieses Verfahren wurde über 5 Generationen wiederholt. Das Experiment zeigte, dass durch den größenselektiven Fischfang nicht nur Einfluss auf die Körpergröße der Fische genommen wird, sondern unter diesem künstlichen Selektionsdruck auch andere wichtige morphologische, verhaltensbiologische und lebensgeschichtliche Merkmale evolvieren, die einen Einfluss auf die Fitness der Individuen einer Population haben und eng mit der Ausprägung des Merkmals Größe zusammenhängen (siehe Info-Box). Die wichtigsten Ergebnisse dieser Studie findet man in Walsh et al. (2006).

Conover et al. (2009) setzten die beschriebenen Experimente fort, indem die 3 bislang größenselektiv befischten Versuchsgruppen über weitere 5 Generationen nun ausschließlich zufällig befischt wurden. Dabei zeigten die L-Populationen, die in den ersten 5 Generationen eine dramatische Abnahme der Durchschnittsgröße und der Biomasse der Population erfuhren, nach weiteren 5 Generationen eine sehr langsame aber signifikante Erholung der Durchschnittswerte. Diese Ergebnisse legen dar, dass die selektiv befischten Populationen offensichtlich eine genetisch basierte Kapazität besitzen, sich von den nachteiligen Effekten der Fischerei zu erholen. Hochrechnungen, die auf dem Experiment basieren, ergeben allerdings eine Dauer von mehreren Jahrzehnten unter standardisierten Bedingungen, bis sich die Ausgangssituation wieder einstellt (Conover et al., 2009).

Auch wenn die Ergebnisse darauf schließen lassen, dass der phänotypische Wandel eine genetische Basis hat und eine gewisse Kapazität für eine „evolutive Wiederherstellung“ gegeben zu sein scheint, ist fraglich, ob diese Ergebnisse auch auf Wildpopulationen übertragbar sind. Im Gegensatz zu den standardisierten Bedingungen im Experiment sind

Vom Menschen verursachte Evolution – Warum wird der Kabeljau immer kleiner? (Information)

Wildpopulationen wie die des Kabeljau immer auch den Veränderungen ihrer Umwelt unterworfen, die die Fitness der Individuen einer Population maßgeblich beeinflussen können, wie z.B. Veränderungen im Auftreten von Räubern und Konkurrenten, Klimaveränderungen etc. Daher ist es schwer, den Erholungszeitraum für Wildpopulationen vorauszusagen, ohne all diese Faktoren zu kennen (Conover et al., 2009). Swain et al. (2007) bezeichnen die Fischerei sogar als einen unkontrollierbaren evolutionsbiologischen Langzeit-Versuch, der durch Veränderungen in der Populationsdynamik der Organismen weitreichende Konsequenzen für die Ökosysteme aber auch für eine wichtige Nahrungsressource des Menschen mit sich bringt (Jørgensen et al., 2007).

**Info-Box
Varianz von Merkmalen**

Bei der Ausprägung von Merkmalen unterscheidet man zwischen distinkten Merkmalen und kontinuierlich variierenden Merkmalen.

Distinkte Merkmale (sog. qualitative Merkmale) sind in klar abgrenzbare Kategorien unterteilbar, die sich gegenseitig ausschließen, wie z.B. das männliche oder weibliche Geschlecht, oder gerade oder gebogene Flügel.

Viele Merkmale weisen jedoch eine kontinuierliche Varianz auf (sog. quantitative Merkmale), die messbar oder zählbar sind, wie z.B. die Körpergröße oder das Gewicht. Meist hängt die Ausprägung dieser Merkmale nicht von einem einzigen Gen ab. Vielmehr trägt eine ganze Reihe von Genen zur Ausprägung des jeweiligen Merkmals bei. Da sich die Wirkungen der einzelnen Gene bei der Ausprägung des Merkmals addieren, spricht man bei einer solchen Vererbung von additiver (poly)genetischer Varianz.

Von jedem beteiligten Gen kann es in einer Population eine Reihe verschiedener Allele geben, die sich in ihrem jeweiligen Beitrag zur Ausprägung des Merkmals unterscheiden. Die Ausprägung des Merkmals, die bei einem Individuum erreicht wird, hängt also neben verschiedenen Umweltfaktoren vor allem davon ab, welche Allele das Individuum besitzt.

Literatur & links:

- Barot, S., Heino, M., O'Brien, L., Dieckmann, U. (2002). Reaction norms for age and size at maturation: study of the long-term trend (1970-1998) for Georges Bank and Gulf of Maine cod stocks. ICES CM Y:03: 1-25.
- Barot, S., Heino, M., O'Brien, L., Dieckmann, U. (2004). Estimating reaction norms for age and size at maturation when age at first reproduction is unknown. Evolutionary Ecology Research 6: 659-678.
- Conover, D.O., Munch, S.B., Arnott, S.A. (2009). Reversal of evolutionary downsizing caused by selective harvest of large fish. Proceedings of the Royal Society - Biological Sciences 276: 2015-2020.
- Jørgensen, C., Enberg, K. et al. (2007). Managing evolving fish stocks. Science 318: 1247-1248.
- Swain, D.P., Sinclair, A.F., Hanson, J.M. (2007). Evolutionary response to size-selective mortality in an exploited fish population. Proceedings of the Royal Society - Biological Sciences 274: 1015-1022.
- Walsh, M.R., Munch, S.B., Chiba, S., Conover, D.O. (2006). Maladaptive changes in multiple traits caused by fishing: impediments to population recovery. Ecology letters 9: 142-148.

Dokumentarfilm/ Produktion: LMU München (2009). Der Fall des schrumpfenden Kabeljaus

<http://www.evolution-of-life.com/de/beobachten/video/fiche/the-case-of-the-shrinking-cod.html> (letzter Zugriff September 2012)

Haas, Lucien (22. Oktober 2004). Frühreife Zwerge. Berliner Zeitung. <http://www.berlinonline.de/berliner-zeitung/archiv/.bin/dump.fcgi/2004/1022/wissenschaft/0136/index.html> (letzter Zugriff September 2012)

Angling for evolutionary answers: The work of David O. Conover

http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/conover_01 (letzter Zugriff September 2012)