

# Auswirkungen der Wassertemperatur auf die Missbildungshäufigkeit pelagischer Fischembryonen

Effects of water temperature on malformation rates of pelagic fish embryos

Michael Vobach

Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Institut für Fischereiökologie, Palmaille 9, 22767 Hamburg, Germany

michael.vobach@ifb.bfa-fisch.de

## Abstract

Malformation rates in embryos of dab, whiting, cod, flounder and plaice have been monitored for several years (1984-2006) in the Southern North Sea. For embryos of all species investigated trends for the fluctuation of malformation rates over the time were registered in the areas showing intermediate prevalences at the beginning of the studies in 1984 and maxima in 1987. Thereafter for all species a decrease of malformation rates was found until 2006 excepting an increase in 1996. A significant negative correlation existed between surface water temperature and prevalences of malformed embryos of dab and other species.

## Kurzfassung

Für die südliche Nordsee in der Deutschen Bucht existiert von 1984 – 2006 eine Zeitreihe über Missbildungshäufigkeiten bei Embryonen von Kliesche (*Limanda limanda*), Wittling (*Merlangius merlangus*), Kabeljau (*Gadus morhua*), Flunder (*Platichthys flesus*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*). 1984 wurden mittlere Missbildungshäufigkeiten festgestellt, sie erreichten 1987 ein Maximum. Danach sank die Missbildungsrate aller Fischembryonen bis zum Jahre 2006 auf ein Niveau <5%. Eine Ausnahme stellt das Jahr 1996 dar, in dem ein starker Anstieg der Missbildungen zu verzeichnen war. Es wurde eine negative signifikante Korrelation zwischen der Oberflächenwassertemperatur und den Missbildungshäufigkeiten von Kliesche und anderen Fischarten festgestellt.

Die längste Warmperiode der Nordsee seit Beginn der Temperaturmessungen im Jahre 1873 dauert weiter an. Mit 10,8 °C Oberflächenwassertemperatur im Jahresmittel hatte die Nordsee 2004 nur 0,2 °C weniger als im Rekordjahr 2002, teilte das Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie (BSH) im Bericht „Nordseezustand 2004“ mit. Es ist nicht mehr von der Hand zu weisen, dass die gegenwärtige – seit 1988 dauernde, längste und wärmste – Warmperiode auf den Beginn des Klimawandels auch für die Nordsee hindeutet. In der Statistik seit 1969 war 2004 das viertwärmste Jahr (BSH 2006).

Vor diesem Hintergrund ist zu überprüfen, ob zwischen der Wassertemperatur und der Häufigkeit von Missbildungen pelagischer Fischembryonen ein Zusammenhang festzustellen ist und ob der sich abzeichnende Klimawandel Auswirkungen auf die Embryonalentwicklung der Fischeier in der Nordsee hat.

Klimaveränderungen können über die Veränderung der hydrographischen Bedingungen und den damit verbundenen Veränderungen in biologischen Prozessen einen Einfluss auf Rekrutierungsvorgänge nehmen, deren Mechanismen je nach Art und Gebiet durch unterschiedliche Schlüsselparameter wie z. B. Temperatur, Strömung oder Salzgehalt charakterisiert sind (Westernhagen 1998), und die dann Bestände auf unterschiedliche Art und Weise beeinflussen können.

Die wirklich entscheidenden klimatischen Auswirkungen auf Fischbestände finden auf dem Niveau der Rekrutierung statt (Daan 1994). Die Embryo- und Larvalphase stellt das empfindlichste Stadium während der Entwicklung von Fischen dar (Westernhagen 1988). Hier können Schadstoffe, aber auch ungünstige natürliche Faktoren einen erheblichen Einfluss auf die Überlebensfähigkeit von Eiern und Larven und damit auf das Fortpflanzungspotenzial und die Aufwuchschancen von Fischen ausüben. Juvenile und

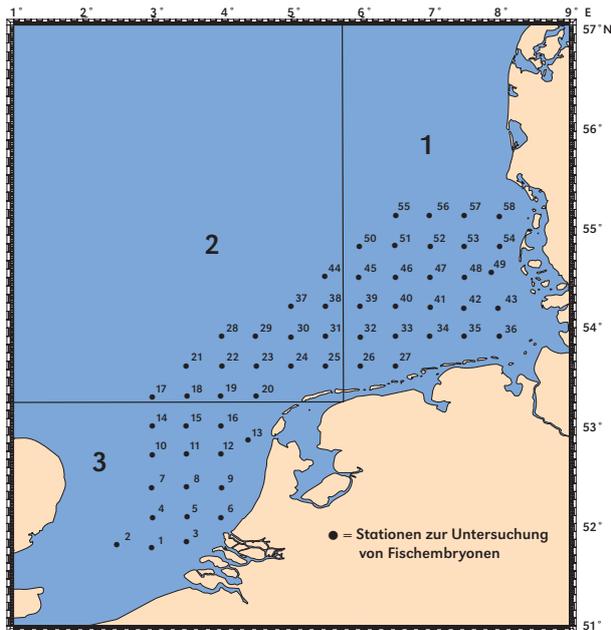


Abbildung 1: Stationen zur Untersuchung von Fischembryonen. Definition der Gebiete 1, 2 und 3.

Figure 1: Stations fished by year, definition of areas 1, 2 and 3.

insbesondere Adulte gelten als weit weniger empfindlich (Johnson 1994). Ein verstärktes Auftreten von missgebildeten pelagischen Fischembryonen kann daher als Hinweis auf Störungen im marinen Ökosystem gewertet werden (Cameron 1996).

### Missbildungen von Embryonen in der Nordsee

Die Untersuchungen in der südlichen Nordsee begannen 1984. Sie wurden bis heute mit wenigen Unterbrechungen jährlich im Frühjahr (Febr. bis März) auf einem engen Stationsnetz in Küstennähe vor Dänemark, Holland und Deutschland durchgeführt (Abbildung 1).

Zwischen 20 000 und 40 000 Embryonen wurden während jeder Ausfahrt untersucht. Die pelagischen Fischeier wurden bei langsamer Schleppgeschwindigkeit (1 bis 2 Knoten) mit einem Planktonnetz (1 m Durchmesser, 500 µm Maschenweite, 10 min. Schleppzeit) horizontal unter der Oberfläche abgefischt, unmittelbar nach dem Fang sortiert und in gekühlte Petrischalen überführt. Fischart, Entwicklungsstufe und mögliche Anomalien wurden durch direkte Beobachtungen am lebenden Embryo bei 25-facher Vergrößerung unter einem Stereomikroskop bestimmt. Von jeder Station wurden nicht weniger als 500 Embryonen begutachtet. Fünf Entwicklungsstadien, vom 1-Zell-Stadium bis kurz vor dem Schlüpfen (Ia bis IV), wurden unterschieden. Alles was vom Normalzustand abwich, wurde als Missbildung deklariert. Eine Beschreibung der vorge-

fundenen Missbildungen bei Fischembryonen findet sich bei Cameron et al. (Cameron 1992).

## Ergebnisse

### Temperatur

Im Zeitraum 1984 bis 1987 lag die mittlere Oberflächenwassertemperatur in der Deutschen Bucht (Gebiet 1: östlich 6,5° E, südlich 55,5° N) zwischen 0,9 °C und 3,2 °C. Von 1988 bis 1990 variierte sie zwischen 4,3 °C und 7,0 °C; zwischen 1991 und 1995 wurden Werte von 2,3 °C bis 5,5 °C gemessen. Das Minimum von -0,1 °C wurde im Februar 1996 erreicht. In der Periode von 1997 bis 2006 bewegten sich die mittleren Oberflächenwassertemperaturen zwischen 3,0 °C und 6,1 °C. Die Monatsmittel der Oberflächenwassertemperaturen wurden vom BSH zur Verfügung gestellt und sind in Abbildung 2 wiedergegeben. Die Wintertemperaturen sind im Zeitraum 1988 bis 2006 für das Gebiet der Deutschen Bucht trendfrei (Warmphase) (BSH 2006).

### Missbildungen

Im Frühjahr des Untersuchungszeitraums 1984 bis 2006 stammen die meisten Fischeier von Kliesche (*Limanda limanda*), Flunder (*Platichthys flesus*), Wittling (*Merlangius merlangus*), Kabeljau (*Gadus morhua*) und Scholle (*Pleuronectes platessa*). Die Missbildungsraten variierten von 1 % bis > 50 % je nach Entwicklungsstadium, Art und Reise. Obwohl die Entwicklungsstadien I und II durch höhere Missbildungsraten gekennzeichnet sind als Stadium III und IV, ist die Missbildungshäufigkeit aller Stadien angegeben. Unterschiede in der Missbildungsrate der einzelnen Fischarten sind festzustellen. Beim Wittling waren die Missbildungsraten am höchsten, gefolgt von Flunder, Kliesche, Scholle und Kabeljau. Von 1984 bis 1987 stieg die Missbildungsrate für alle Stadien und alle Arten an (Dethlefsen 1996). 1987 wurde das Maximum

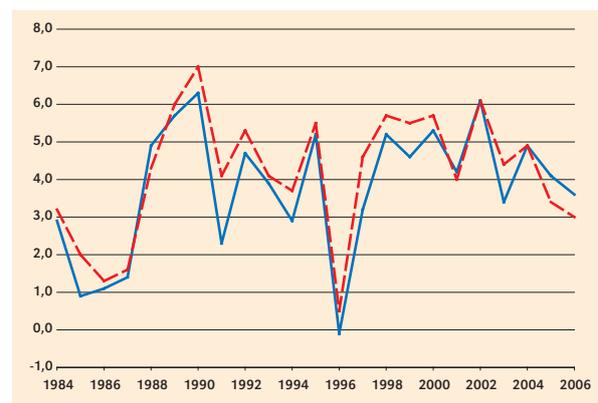


Abbildung 2: Mittlere Oberflächenwassertemperatur in der Deutschen Bucht (Gebiet 1) in den Monaten Februar (durchgezogene Linie) und März (gestrichelte Linie) (1984 – 2006).

Figure 2: Mean water temperatures in the German Bight (area 1) in February (solid line) and March (dashed line) (1984 – 2006).

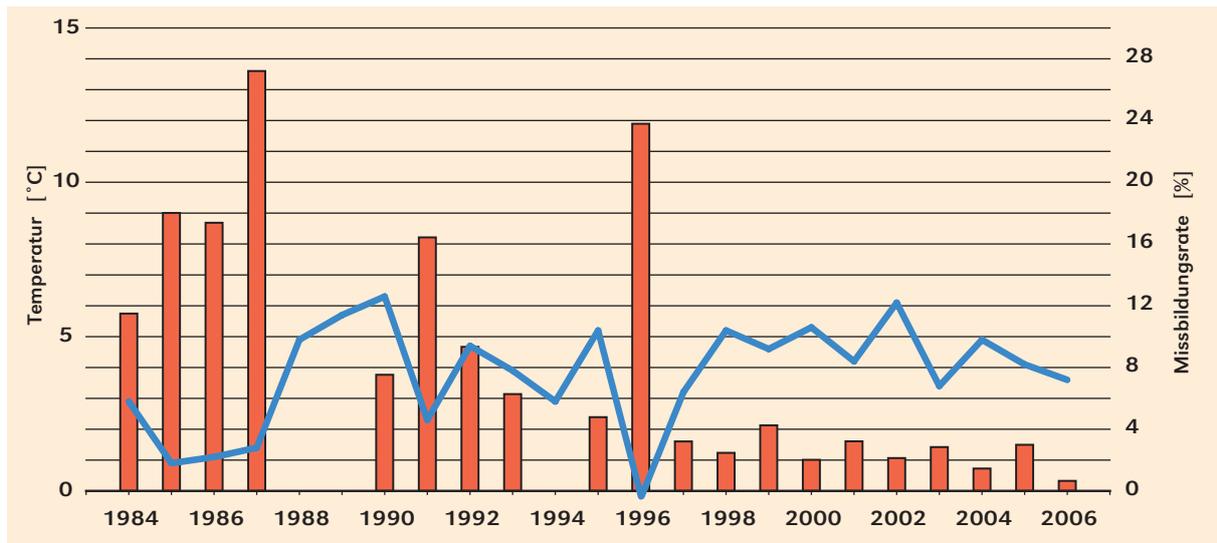


Abbildung 3: Temperaturverlauf (°C) (Linie) und mittlere Missbildungshäufigkeit (%) (Balken) von Klieschenembryonen im Gebiet 1 im Februar (1984 – 2006).

Figure 3: Temperature (°C) (line) and mean malformation (%) (bars) of dab embryos in area 1 in February (1984 – 2006).

erreicht und danach sank die Missbildungsrate auf einen Wert unter 5 % bis heute hin ab. Eine Ausnahme war das Jahr 1996 mit extrem niedrigen Wassertemperaturen im Februar und März. Diese ungünstigen, niedrigen Wassertemperaturen bewirkten einen Anstieg der Missbildungshäufigkeit (Westernhagen 1997).

Am Beispiel der Klieschenembryonen sind die zeitlichen Fluktuationen der Missbildungshäufigkeit in der Deutschen Bucht, innerhalb der Grenzen südlich von 55° 20' N und östlich von 5° 40' E (Gebiet 1), wiedergegeben (Abbildung 3). Von 1984 bis 1987 stiegen die Missbildungshäufigkeiten mit Mittelwerten um 11 % auf Mittelwerte von über 27 % an. Niedrigere Missbildungshäufigkeiten fanden sich in

der Periode zwischen 1990 und 1995. Mit 4,8 % wurden 1995 die niedrigsten Missbildungshäufigkeiten während des Untersuchungszeitraums 1984 bis 1995 angetroffen. 1996 dagegen stiegen die mittleren Missbildungshäufigkeiten auf fast 24 % an. Ähnlich hoch waren die 1987 angetroffenen Werte. Im Zeitraum 1997 bis 2006 bewegten sich die Werte der mittleren Missbildungshäufigkeit wieder auf einem niedrigen Niveau zwischen 0,6 % (2006) und 4,2 % (1999).

In Abbildung 4 sind die durchschnittlichen Wassertemperaturen des Monats Februar gegen die mittleren Missbildungshäufigkeiten von Klieschenembryonen im Gebiet 1 während der bisherigen Untersuchungsjahre aufgetragen. Es zeigt sich, dass höhere Missbildungsraten

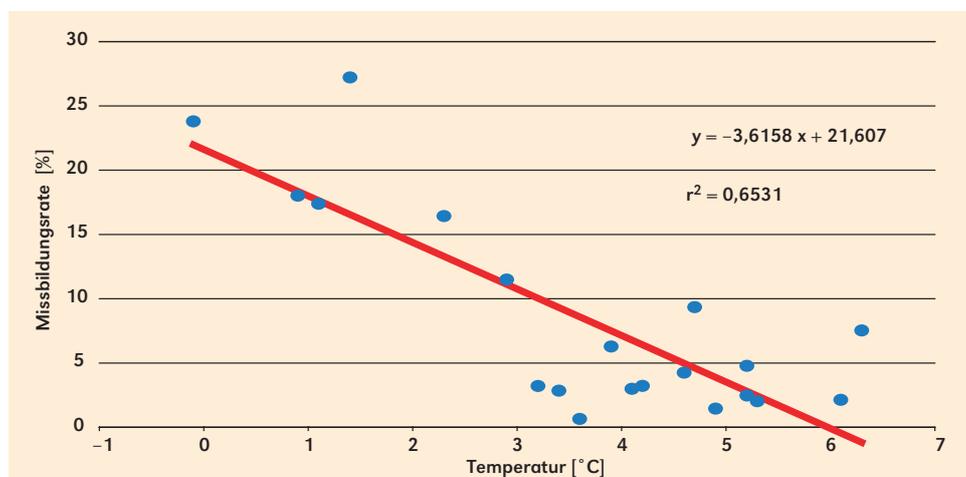


Abbildung 4: Korrelation zwischen der Missbildungshäufigkeit von Klieschenembryonen und der Temperatur des Oberflächenwassers im Gebiet 1.  $y = -3,6158x + 21,607$ ;  $r^2 = 0,6531$ .

Figure 4: Correlation between malformations of dab embryos and the surface watertemperature in area 1.

bei niedrigen Wassertemperaturen auftreten. Die Korrelation zwischen Missbildungshäufigkeit und Wassertemperatur war negativ signifikant.

Die optimalen Temperaturen für die Embryonalentwicklung wurden in Experimenten ermittelt (Cameron 1996) und liegen beim Kabeljau bei 4 °C bei 20 bis 33 PSU, bei der Flunder bei 4 °C bei 33 PSU und bei der Scholle bei 6 °C bei 20 PSU. Die bei nicht optimalen Erbrütungstemperaturen beschriebenen Missbildungen ähneln denjenigen, die auch in situ gefunden wurden. Ein Vergleich der Temperaturen im Februar 1996 mit denjenigen, die experimentell als schädigend ermittelt wurden (Cameron 1996), zeigt, dass die niedrigen Temperaturen nicht optimal für die Embryonalentwicklung der untersuchten Fischarten sind. Kliesche, Flunder, Scholle, Kabeljau und Wittling sind stenotherm, d.h. sie ertragen nur geringe Temperaturschwankungen.

### Zusammenfassung

Jeder Anstieg der Missbildungshäufigkeit ist ein Anzeichen für eine Veränderung im Ökosystem, sei es natürlichen oder menschlichen Ursprungs. Für die südliche Nordsee in der Deutschen Bucht existiert von 1984 bis 2006 eine Zeitreihe über Missbildungshäufigkeiten. Aktuelle Untersuchungen zeigen eine Stabilisierung der Missbildungsrate auf einem niedrigen Niveau von < 5 %, was als natürlicher Hintergrund angesehen werden kann. Bei der Kliesche, wie bei anderen Fischembryonen auch, bewirken ungünstige niedrige wie auch zu hohe Wassertemperaturen einen Anstieg der Missbildungshäufigkeit (Westernhagen 1997). 1996 z. B. war ein Jahr mit extrem niedrigen Temperaturen im Februar und März und hohen Missbildungsraten, zu denen möglicherweise noch ein anthropogener Effekt hinzukam (Westernhagen 2001). Allerdings lässt sich ein grosser Teil der Missbildungshäufigkeiten bei pelagischen Fischembryonen über die Temperatur erklären. Liegt diese ausserhalb des unkritischen Bereiches von 2 bis 8 °C für winterlaichende Fische (Cameron 1990), muss mit einem verstärkten Auftreten von Missbildungen gerechnet werden.

### Danksagung

Herrn Th. Tepperies sei gedankt für die Zusammenstellung der umfangreichen Embryonen-Daten. Die Temperaturdaten wurden freundlicherweise von Herrn P. Löwe (BSH) zur Verfügung gestellt.

### Zitierte Literatur

- BSH (Bundesamt für Seeschifffahrt und Hydrographie) (Hrsg.), 2006: Nordseezustand 2004. Berichte des Bundesamtes für Seeschifffahrt und Hydrographie 40, 217 S.
- Cameron, P.; Berg, J.; Dethlefsen, V.; von Westernhagen, H., 1990: Missbildungen bei Fischembryonen der südlichen Nordsee. In: Lozan, J. L. et al: Warnsignale aus der Nordsee. Hamburg: Paul Parey, S. 281–294.
- Cameron, P.; Berg, J.; Dethlefsen, V.; Westernhagen, H. von, 1992: Developmental defects in pelagic fish embryos of several flatfish species in the southern North Sea. *Neth. J. Sea Res.* 29: 1, 239–256.
- Cameron, P.; Berg, J.; Westernhagen, H. von, 1996: Biological effects monitoring of the North Sea employing fish embryological data. *Envir. Monit. Assess.* 40, 107–124.
- Daan, N., 1994: Trends in North Atlantic cod stocks: a critical summary. *ICES mar. Sci. Symp.* 198, 269–270.
- Dethlefsen, V.; Westernhagen, H. von; Cameron, P., 1996: Malformations in North Sea pelagic fish embryos during the period 1984–1995. *ICES J. Mar. Sci.* 53: 1024–1035.
- Johnson, L. L.; Landahl, J. T., 1994: Chemical contaminants, liver disease and mortality rates in English sole (*Pleuronectes vetulus*). *Ecol. Appl.* 4: 59–68.
- Westernhagen, H. von, 1988: Sublethal effects of pollutants on fish eggs and larvae. In Hoar, W. S.; Randall D. J. (eds.): *Fish Physiology*. London: Academic Press, 253–346.
- Westernhagen, H. von; Dethlefsen, V., 1997: The use of malformations in pelagic fish embryos for pollution assessment. *Hydrobiologia* 352: 241–250.
- Westernhagen, H. von, 1998: Klima und Fischerei. In: Lozan, J. L. et al: *Warnsignal Klima. Das Klima des 21. Jahrhunderts*. Hamburg: Wissenschaftliche Auswertungen, S. 286–291.
- Westernhagen, H. von; Dethlefsen, V.; Haarich, M., 2001: Can a pollution event be detected using a single biological effects monitoring method? *Mar. Pollut. Bull.* 42: 294–297.