

## Zum Hirnbau und Verhalten des Pilotwals, *Globicephala melaena*<sup>1)</sup>

G. Pilleri.

Der Pilotwal des nordatlantischen Ozeans ist die typische Art für eine weltweit verbreitete Gattung, die mehrere Arten umfasst (*Globicephala scammoni*, *indica*, *brachyptera*, etc.). *Globicephala melaena* ist die nördliche Art, die häufig bei den Faoes, Orkneys und Shetlands als Saisonier regelmässig alle Jahre in meistens grossen Schulen von mehreren Hundert Individuen vorkommt. Sie folgen in diesen Gebieten den Fisch- und Tintenfischschwärmen, die um diese Zeit die Küste der Inseln streifen (*Illex illecebrosus* und *Gadus morrhua*). Nach SLIJPER sind die männlichen Pilotwale mit 13 Jahren geschlechtsreif, die Weibchen schon mit 6 Jahren. Das mittlere Lebensalter schätzt SLIJPER auf 25 Jahre, wobei die Tiere nach dem 18. Lebensjahr nicht mehr trüchtig werden. Die Tragzeit dauert 15<sup>1</sup>/<sub>2</sub> Monate (SERGEANT). Die Geburtlänge beträgt 1,8 meter. Die Männchen sind mit 4,8, die Weibchen mit 3,6 Metern geschlechtsreif. Das adulte männliche Tier misst 6, das erwachsene Weibchen 4,4 meter. Durch die genauen Untersuchungen von H. C. MÜLLER konnte, an Hand von

---

Hirnatomisches Institut Waldau/Bern  
Fiskirannsóknarstofvan (Tórshavn) —

<sup>1)</sup> Durchgeführt mit Unterstützung des schweizerischen Nationalfonds und der Stiftung zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung an der Universität Bern. Beiträge zur Morphologie der Cetacea: XIX. Beitrag.

300 jährigen Fangberichten auf den Faroes, festgestellt werden, dass die Pilotwale Wandertiere sind (JOENSEN). Ausser an den Faroes, wird der Grindwal heute noch in New-Foundland und in Japan gefangen (SERGEANT).

Über das Verhalten der Grindwale sind wir sehr spät informiert worden, erst dann als es möglich wurde, diese Tiere, wie andere Zahnwale, in grossen Ozeanarien zu halten, beobachten und dressieren. Noch im Jahre 1948 schreiben NORMAN und FRASER in ihrem sonst ausgezeichneten Buch über »Riesenfische, Wale und Delphine«, dass der stark gewölbte Teil des Kopfes des Pilotwals dem Tier »an expression of intelligence« verleihe, »which nothing in its behaviour can specially justify«. Beobachtungen in den Ozeanarien haben aber gezeigt, dass »gerade der Pilotwal zu den intelligentesten und sensibelsten unter den heute in Gefangenschaft gehaltenen Walen gehört, wenn nicht in dieser Beziehung überhaupt das Maximum darstellt« (HEDIGER).

R. M. GILMORE schreibt »the crowning attribute of the pilot whale is its high intelligence« und bemerkt dass diese Zahnwale sich in neuen Situationen viel rascher umstellen können als z. B. *Tursiops truncatus* (Tümmeler).

Mit wenigen Andeutungen können Dresseure dem Pilotwal die Aufgaben beibringen und erklären. Der Wal interpretiert die akustischen, mimischen und gestischen Ausdrücke ihrer Lehrer aufs feinste und rascheste (HEDIGER). Dabei kann man immer wieder feststellen wie intensiv die positive Tier-Mensch-Beziehung beim Pilotwal ist. Beim einfachen Rufen eilt das Tier dem Menschen entgegen und lässt sich streicheln und ansprechen. Beim Reinigen des Schwimmbeckens ist man oft gezwungen das Wasserniveau zu senken. Bei dieser Operation, die bei den Walen an Panik erinnernde motorische Reaktionen auslösen (nur Flussdelphine reagieren dabei in keiner besonderer Weise), genügt es, dass man die Pilotwale taktill und verbal beruhigt. Auf die ausgeprägten sozialen Leistungen des Pilotwales, brauche ich hier nicht einzugehen, sie sind jedem Fehrer vom Grindwalfang her geläufig.

Nach diesen Feststellungen der Tierpsychologen, war es für mich eine nahe liegende Aufgabe nachzuprüfen, ob das Zentralnervensystem des Pilotwals eine seiner psychischen Leistungen entsprechende Differenzierung erreicht hat.

Durch die grosszügige Hilfe meines werten Freundes und Kollegen Mag. rer. J. S. Joensen, Fiskirannsóknarstovan in Tórshavn wurde mir ermöglicht, zahlreiche anatomische Präparate, Embryonen und vier Gehirne adulter Pilotwale im Sommer 1964 an Ort und Stelle zu sammeln. Einen besonderen Dank gilt auch den Brüdern Simonsen die den Transport des Materials in Vestmannaeyri besorgten.

#### Das Gehirn und die zentralnervöse Rangstufe des Pilotwals

Das untersuchte Hirnmaterial ist in Tabelle I zusammengestellt.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, dass das Hirngewicht dem Umfang des Kopfes proportional ist. Eine Altersbestimmung der Tiere an Hand von Zahnschliffen ist im Gange (Dr. SERGEANT, Montreal).

Bei dorsaler Betrachtung des Gehirnes (Abb. 1) sind die Grosshirnhemisphären sehr ausgedehnt, mit sehr stark ausgeprägter lateraler Ausladung. Die laterale Ausladung des Grosshirns erreicht ihr Maximum im kaudalen Drittel der Hemisphärenlänge. Die Fissura interhemisphärica ist relativ sehr lang. Das Kleinhirn ist von den Hemisphären des Grosshirns zum grossen Teil überlagert und zeigt im kaudalen Bereich des Vermis eine Einkerbung.

Bei rostraler Betrachtung ist die dorso-laterale Kontur des Gehirnes ziemlich regelmässig abgerundet. Die Hemisphären sind etwa so breit wie hoch. Die Fissura Sylvii bildet mit der frontobasalen Ebene eine von medial nach lateral gerichtete fast gerade Linie. Von vorn betrachtet ist der Schläfenlappen ziemlich regelmässig abgerundet. Kaudal gesehen erscheint die Fissura interhemisphärica ziemlich hoch, am hinteren Ende derselben divergieren die medialen Hemisphärenkonturen nur

Tabelle I:  
Kopfmasse (in cm)

Tier Nr.	Kopfumfang	Augc — Augc (Dorsal gemessen)	Augc — Blasloch	Schnauzenspitze — Blasloch	Schnauzenspitze — Augen	Lippenlänge	Augenspalte dm.	Blasloch dm.	Hirngewicht (in gramm)	
306	100	45	24	21	33	28	22	2,5	4	2120
307	110	53	27	22	40	40	26	2,5	5	2430
304	104	46	25	21	35	30	22	2,5	4	2200
305	128	57	31	26	43	34	26	2,6	5	2940
327	180	76	40	35	66	48	36	3	7,5	—
328	150	67	36	30	54	40	30	3	5,5	—
329	170	80	41	36	64	46	34	3	7	—
330	141	67	35	31	54	40	31	3	5,4	—
331	164	70	40	37	60	45	34	3	6	—
331 a	160	73	41	33	66	45	34	3	7	—
			re	li						

leicht voneinander. Die Grosshirnhemisphären sind dorso-latero-basal regelmässig abgerundet. Die dorsale Kleinhirnkontur bildet einen regulären breiten Bogen. In der basalen Aushöhlung des Cerebellums ist die Medulla oblongata eingebettet. Basal gesehen (Abb. 1) ist das Gehirn im temporalgebiet am breitesten und nach rostral leicht verengt. Beide Hemisphären des Grosshirns sind entlang der Fissura interhemisphärica durch eine breite frontale Synechie der Arachnoidea miteinander verwachsen. Das Kleinhirn ist queroval. Die Uebergangsstelle zwischen Brücke und Medulla oblongata ist wegen Ueberlagerung durch medio-basalen Kleinhirnteile sehr eng. Von lateral betrachtet ist das Frontalgebiet relativ schmal, hingegen ist das temporo-occipitale Rindengebiet breit und stark ab-

gerundet. Auch in der Profilansicht erscheint das Cerebellum durch die Grosshirnhemisphären weitgehend überdeckt.

Aus der Betrachtung dieser allgemeinen Formverhältnisse ersieht man, dass der Pilotwal ein Gehirn mit typischen Cetaceenmerkmale aufweist. Das Grosshirn ist anosmatisch und besonders gross, es hat einen gut ausgebildeten Schläfenlappen und ein deutliches Tuberculum olfactorium. Von den Hirnnerven ist der Nervus acusticus am stärksten entwickelt (siehe *Tabelle II*: Hirnmasse). An den Frontalschnitten ist der Hypothalamus schmal, hingegen ist der Thalamus, auch entsprechend der Rindenentwicklung, sehr ausgedehnt (Fig. 2). Nach diesen anatomischen Feststellungen bleibt nun zu bestimmen, welche Rangstufe diese Hirnform im Rahmen der Cetacea und der Eutheria aufweist.

*Tabelle II:*

Hirnmasse (in cm)

TIER Nr.	304	305	306	307
Gesamtlänge des Gehirns	172	180	160	160
Länge des Grosshirns	160	175	140	140
Breite des Grosshirns	215	230	210	210
Höhe des Grosshirns	128	135	128	140
Temporalpol — Kaudalpol	118	127	118	130
Temporalpol — Frontalpol	65	68	70	65
Länge der Fissura Sylvii	54	55	63	60
Kleinste Entfernung zwischen den Temporallappen	62	58	60	60
Breite des Tuberculum olfactorium	30	30	30	30
Länge des Tuberculum olfactorium	15	14	15	15
Länge des Hypothalamus	12	12	12	11
Hypophysenlänge (Adenohypophyse)	—	—	12	—
Hypophysenbreite (Adenohypophyse)	—	—	25	—
Neurohypophyse (Längsdurchmesser)	—	—	9	—
Neurohypophyse (Querdurchmesser)	—	—	10	—
Neurohypophyse (vertikaler Ø)	—	—	4	—

Länge des Balkens	59	60	46	45
Dicke des Balkens (maximale)	5	5	5	5
Balkenknie — Frontalpol	30	30	24	25
Balkenmitte — Mantelkaute	42	40	38	40
Balkensplenium — Kaudalpol	65	78	—	75
Länge der Massa intermedia	12	10	—	12
Breite des Mittelhirns	46	45	40	49
Breite der Lamina quadrigemina	42	44	—	46
Länge der Colliculi anteriores	12	12	—	13
Breite der Colliculi anteriores	12	12	—	13
Länge der Colliculi posteriores	17	20	—	17
Breite der Colliculi posteriores	20	20	—	20
Aquaeductus Sylvii (vertikal)	8	5	—	5
Aquaeductus Sylvii (horizontal)	7	7	—	7
Länge der Brücke	38	38	36	35
Breite der Brücke	42	40	39	37
Brücke — Kleinhirnscheitel	70	78	75	78
Breite der Medulla oblongata	18	18	18	17
Länge der Medulla oblongata	40	42	41	40
Oliva inferior (Längsdurchmesser)	19	20	20	20
Olivae inferiores (Breite)	15	14	14	15
Durchmesser des Nervus opticus	5	5	5	5
Durchmesser des Nervus oculo- motorius	1,5	1,5	1,5	1,4
Durchmesser des Nervus trochlearis	0,5	0,5	0,5	0,5
Durchmesser des Nervus abducens	1,2	1,3	1,2	1,2
Durchmesser des Nervus intermedio — facialis	3	3,5	3	3
Durchmesser des N. statoacusticus	7	8	7	7
Länge des Kleinhirnhemisphäre	80	80	80	80
Höhe der Kleinhirnhemisphäre	45	55	48	50
Kleinhirnbreite	130	140	125	135
Länge des Vermis cerebelli	56	60	57	58
Höhe des Vermis cerebelli	38	43	43	44
Medulla cervicalis (Querdurchmesser)	11	11	10	12
Medulla cervicalis (vertikaler Durchmesser)	10	9	8	10

Die Rangstufe oder der Grad der Elevation einer Säugerart wird durch das Ausmass der Zentralisation und Spezialisierung des Nervensystems bestimmt (FRANZ). Die Zentralisation drückt sich morphologisch durch die verschiedene Wachstumsstendenz der einzelnen Hirnterritorien aus. Es wird dabei angenommen, dass nervöse Funktionen durch höhere und phylogenetisch jüngere Hirnzentren auf Kosten tieferer und stammesgeschichtlich älterer Hirnzentren übernommen werden. Spezialisierung bedeutet Differenzierungsgrad des Nervengewebes. Während diese nur durch die Methoden der Neurohistologie erfasst werden kann, ist die Zentralisation durch makroskopische Messung oder Wägung der Hirnteile bestimmbar. Zahlreiche an mehreren hundert Eutheria-arten der verschiedenen Ordnungen durchgeführten Messungen (PILLERI, 1962) haben den Beweis erbracht, dass sich Hypothalamus und Grosshirn in Bezug auf die Grössenentwicklung umgekehrt verhalten, das heisst mit zunehmender Höhe der Entwicklungsstufe eines Säugetiergehirnes der Quotient Hypothalamuslänge : Grosshirnlänge abnimmt. Nach diesen Erfahrungen wurde der Quotient als Ausdruck der Zentralisation in die Methodik eingeführt.

Der Hypothalamus-quotient hat bei den bisher von mir untersuchten Walgehirnen folgende Werte:

#### O d o n t o c e t i

<i>Delphinus delphis</i>	0,08—0,09
<i>Stenella styx</i>	0,05
<i>Tursiops truncatus</i>	0,09—0,06
<i>Delphinapterus leucas</i>	0,07

Bei den 4 Exemplaren von *Globicephala melaena* aus den Faroes wurden folgende Quotienten ausgerechnet:

Tabelle III:

Tier Nr.	Grosshirnlänge		Quotient
	(mm)	Hypothalamuslänge (mm)	
304	160	12	0,075
305	175	12	0,068
306	140	12	0,075
307	140	11	0,078
Mittelwert Quotient =			0,074

Bei den Primaten habe ich folgende Quotienten mit der gleichen Methode ausgerechnet:

Lemuridae	<i>Lemur macaco</i>	0,15
	<i>Lepilemur spec.</i>	0,23
	<i>Microcebus murinus</i>	0,20
Indriidae	<i>Propithecus verreauxi</i>	0,13
Lorisidae	<i>Loris tardigradus</i>	0,21
	<i>Galago spec.</i>	0,20
Cebidae	<i>Cebus fatuellus</i>	0,11
	<i>Saimiri sciureus</i>	0,12
	<i>Lagotrix humboldti</i>	0,13
Callithricidae	<i>Hapale jacchus</i>	0,17
Cercopithecidae	<i>Cercopithecus spec.</i>	0,12
Pongidae	<i>Pan troglodites</i>	0,09
	<i>Gorilla gorilla</i>	0,10
Hominidae	<i>Homo sapiens</i>	0,07-0,08

Von den Primaten stellt Homo die maximale Stufe der Zentralisation dar. Eine solche Stufe wird aber von *Tursiops truncatus* und auch von *Globicephala melaena* bei den Walen erreicht und von *Stenella styx* sogar überschritten. Diese Tatsache stimmt mit den vorher erwähnten ethologischen Beobachtungen an gefangenen Walen über ein.

Wie die Entwicklung des menschlichen Gehirns im Rahmen der Primatenarten ein Rätsel bleibt, genauso wenig wissen wir über die phylogenetischen Faktoren, welche die besondere Zentralisation der Wale induziert haben.

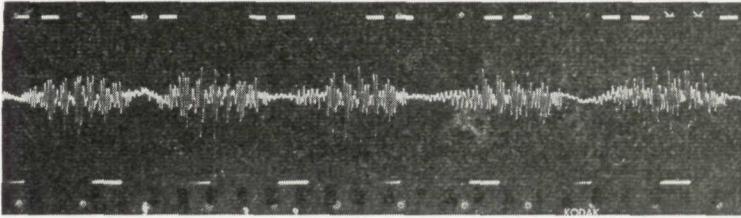


Abb. 3. Sonarpulse von *Globicephala melaena* (im westlichen Mittelmeer aufgenommen, Laboratoire de Physiologie acoustique, Jouy-en-Josas, France).

Aus den Untersuchungen der letzten Jahre ist hervorgegangen, dass die Wale (mit Ausnahme bisher nur des Grauwals, *Eschrichtius glaucus*) sich zur Orientierung des Echolot-systems (Sonar) bedienen. Sie produzieren eine Serie sich rasch wiederholenden Signalen (Abb. 3), die Ultraschallfrequenzen erreichen und deren Echos von dem besonders differenzierten Gehörorgan des Tieres aufgenommen werden. Mit diesem Sender-Empfänger-Apparat ist der Wal befähigt, sich auch im trüben Wasser oder nachts zu orientieren, Hindernissen im Wasser auszuweichen und Fische verschiedener Art als »positive« oder »negative« Nahrung zu unterscheiden. Welchen Anteil das Gehirn, vor allem der Cortex, an den morphologischen Substraten des Sonarsystems einnimmt, bleibt noch zu erforschen.

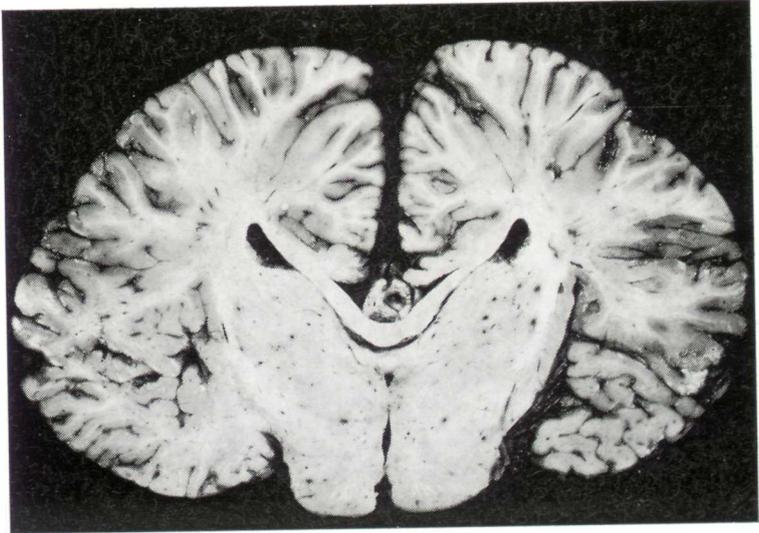
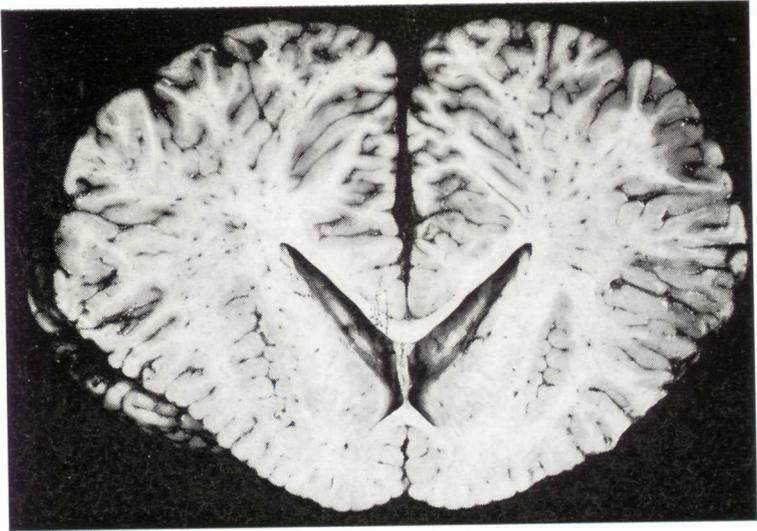
EISELEY meint, es wäre denkbar, dass der Delphin (gemeint ist hier *Tursiops truncatus*) einen gleichen Grad der Hirndifferenzierung — und meine Indices würden dafür sprechen — erreicht hätte wie der Mensch. Dem Gebrauch der Hände hätte der Mensch in seiner terrestrer Umwelt seine heutige Kulturstufe zu verdanken. Mit dem Gehirn allein, ohne Hände und Werkzeug, hätte der Mensch niemals eine solche Stufe erreichen können.

## ÚRTAK

Burtur úr ethologiskum eygleiðingum, í hyljum við sjógvi í, er komið upp, at grindahvalurin, *Globicephala melaena*, er sera vitugur og næmur. Anatomiskar kanningar av heilanum hjá grindahvali og sammeting við heilan hjá primatum bendir á eitt høgt miðnervalagsstig hjá hesum slagi innanfyri Cetacea og sum heild innan fyri Eutheria. Miðal heilatyngdin hjá 4 dýrum úr Føroyum var 2345 g. Heilatyngdin veksur í sama muni sum bollin umbermis og støddin á kroppinum á dýrunum.

## LITERATUR

1. *Franz, V.*: Die Vervollkommung in der lebenden Natur. Fischer, Jena 1920.
2. *Gilmore, R. M.*: Bubbler and other Pilot Whales. San Diego 1962.
3. *Hediger, H.*: Weitere Dressurversuche mit Delphinen und anderen Walen. Z. Tierpsychol. 20: 487—497 (1963).
4. *Joensen, J. S.*: Grindadráp í Føroyum 1940—1962 (Pilot whales (*Globicephalus melaena* Traill) killed in Faroe 1940—1962). Fróðskaparrit, 11: 34—44 (1962).
5. *Müller, H. C.*: Oplysninger om Grindefangsten på Færøerne. Vidensk. Medd. Dansk Naturh. Foren. f. 1883, bls. 17—47. København 1884.
6. *Norman, J. R.* and *Fraser, F. C.*: Giant Fishes, Whales and Dolphins. Putnam, London 1948.
7. *Pilleri, G.*: Die zentralnervöse Rangordnung der Cetacea (Mammalia). Acta anat. 51: 241—258 (1962).
8. *Pilleri, G.*: Intelligenz und Gehirnentwicklung bei den Walen. Panorama, Sandoz Basel 1963.
9. *Sergeant, D. E.*: On the external characters of the blackfish or pilot whales (Genus *Globicephala*). J. Mammal. 43: 395—413 (1962).
10. *Slijper, E. J.*: Whales. Hutchinson, London 1962.



*Abb. 2. Oben:* Frontalschnitt durch das Gehirn in der Ebene der Stammganglien (Nucleus caudatus). *Unten:* Frontalschnitt in der Ebene des Thalamus.