

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 92 (2000)
Heft: 9-10

Artikel: Propeller bei Hochseeschwimmern
Autor: Impekoven, Monica
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-940303>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 14.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Propeller bei Hochseeschwimmern

■ Monica Impekovén

Ozeanische Tiere, die zwischen ihren Fortpflanzungsgebieten und Nahrungsgründen weite Strecken zurücklegen müssen, sind (u.a.) mit speziell gestalteten Flossen ausgerüstet, die eine schnelle wie ausdauernde Fortbewegung ermöglichen. Der Meeresbiologe David Senn widmet diesem Zusammenhang zwischen Ökologie und funktioneller Anatomie seine besondere Aufmerksamkeit.



Eine Reisegruppe von «Arcatour» auf dem Walbeobachtungsschiff «Spirit of Adventure», etwa 20 Kilometer westlich der kalifornischen Küste, staunt nicht schlecht, als das Meer plötzlich zu brodeln anfängt: Bei näherem Hinsehen entdeckten die Teilnehmer einen Schwarm von schätzungsweise 500 Delfinen, die in grossen wellenförmigen Bewegungen aus den Fluten springen und wieder darin eintauchen. «Ozeanische Tiere, Fische wie Wale, zu denen auch die Delfine zählen, kommen schneller und unter weniger Energieaufwand voran, wenn sie sich auf diese Weise fortbewegen können, weil Luft geringeren Widerstand bietet als Wasser», erklärt der Reiseleiter David Senn, Meeresbiologe und Dozent an der Universität Basel.

Eines der Interessen- und Forschungsgebiete von David Senn ist die Fortbewegungsweise von Meeresbewohnern mit besonderem Augenmerk auf Antriebsmechanismen von Tieren der Hochsee (u.a. Wale, Thunfische, bestimmte Haie, Robben, Meeresschildkröten, Pinguine). Auf mehreren Expeditionen durch die Ozeane hat er zusammen mit Reiset Teilnehmern, Studenten und Fachkollegen Beobachtungen über ihre Fortbewegungsweise gesammelt und anhand von Videoaufnahmen analysiert, mit dem Ziel, die zugrunde liegenden Strukturen und Me-

chanismen sowie die stammesgeschichtlichen Entwicklungen, die zu schnellen, ausdauernden Schwimmleistungen führten, verstehen zu lernen.

All diese Tiere unternehmen (wie Zugvögel) weiträumige Wanderungen zwischen ihren Fortpflanzungsgebieten und ihren Nahrungsgründen ausserhalb der Fortpflanzungszeit. Grosse Distanzen sollten möglichst «innert nützlicher Frist» zurückgelegt werden. Schnelles wie ausdauerndes Schwimmen ist daher unerlässlich.

Biologische und technische Propeller

Hier die Ergebnisse: Die Schwanzflosse von Walen und Hochseefischen wirkt wie ein Propeller, der den Körper vorwärts stösst. Vergleichbar ist sie der hinten angebrachten Schraube bei Schiffen. Grundsätzlich dient ein Propeller dazu, die von einem Motor (beim Schiff) oder der Muskulatur (beim Tier) erzeugte Kraft auf das Wasser zu übertragen. Da der Körper beim stossenden Antrieb zu einer Unstabilität der Lage neigen könnte, ist es wichtig, dass hier auch gleich die Steuerung stattfindet. Bei grossen Schiffen liegt das Steuerruder im Umfeld der Antriebschraube; bei Aussenbordmotoren kleiner Boote sowie bei Walen und Fischen wird der

Propeller durch leichte Richtungsänderungen zum Steuern verwendet. Bei technischen Propellern, deren Struktur auf der Erfindung des Rades beruht, rotieren auf einer Nabe flächige Propellerblätter immer in derselben Richtung. Die Propellerblätter bewegen sich in der Drehebene, das heisst senkrecht zur Fortbewegungsrichtung des Gefährts. Durch ihre Schrägstellung erzeugen sie einen Wasserstrom nach hinten. Daraus resultiert der Antrieb nach vorne. Biologische Propeller sind anders. Die Propellerblätter, das sind die beiden Hälften der Schwanzflosse, werden nicht auf einer Nabe gedreht, sondern bei Delfinen und Walen rhythmisch auf und ab, bei Fischen hin und her bewegt. Bei jeder Richtungsänderung der Flosse muss die Schrägstellung der Propellerblätter in eine andere Position gekippt werden, um den Schub in eine gleichbleibende Vorwärtsrichtung zu gewährleisten. So richtet ein Thunfisch, wenn er seine Schwanzflosse von links nach rechts bewegt, die obere Bugkante schräg nach rechts; bewegt er die Schwanzflosse von rechts nach links, dann ist die Bugkante nach links gerichtet.

Nicht nur Hochseefische und Wale, auch Pinguine, Seelöwen und Meeresschildkröten besitzen Propeller nach diesem System: Sie schlagen mit beiden Flügeln, bzw. Vorderfüssen, gleichzeitig und rhythmisch auf und ab und kippen sie bei Richtungswechsel in eine andere Schrägstellung. Die Propeller liegen bei ihnen seitlich, etwas vor der Körpermitte. Dadurch wird der Körper nicht gestossen, sondern gezogen, vergleichbar einem Flugzeug, bei dem die Propeller an den Flügeln montiert sind. Die Steuerung erfolgt hier durch die Krümmung des Körpers beziehungsweise die Bewegung der Hinterflossen.

Ein effizienter Propellerapparat geht mit einer strömungsgünstigen spindelförmigen Körpergestalt einher. So werden Reibung und bremsende Wirbel möglichst gering gehalten. Das Vorderende ist bei den verschiedenen Hochseeschwimmern relativ variabel geformt im Gegensatz zum Hinterende, das bei allen gleichermassen konisch spitz zuläuft, weil Wirbel in erster Linie am Hinterende entstehen. Alle leistungsfähigen Schnell-

schwimmer sind im Verhältnis 4:1 gebaut. Das heisst, ein spindelförmiger Körper, der viermal so lang wie dick ist, enthält genügend kräftige Muskulatur zur Fortbewegung und ist dennoch strömungsgünstig.

Spezialisierte Schwanzflossen und andere Antriebsmechanismen

Propeller, das heisst zu Antriebszwecken spezialisierte Schwanzflossen, Flügel oder Beine, haben sich im Laufe der Evolution in Anpassung an schnelles und ausdauerndes Schwimmen entwickelt. Bei zunehmendem Leistungsdruck wurden sie lang und schmal. Extremfälle unter den Fischen stellen der Thun, der Weisse Hai und der Schwertfisch mit ihren sichelförmigen Schwanzflossen dar, die aus kleineren «gewöhnlichen» Schwanzflossen (Beispiel Forelle) hervorgegangen sind. Wie alle spezialisierten Formen sind diese Propeller stammesgeschichtlich nicht sehr alt. Bevor sie entwickelt wurden, gab es bereits andere Mechanismen und entsprechende Strukturen für die Fortbewegung im Wasser, die bis heute weiter bestehen. So können gewisse Fische mit ihren Brustflossen wie mit Rudern eines Ruderboots rhythmische Stösse ausführen. Das Zurückholen des Ruders, beziehungsweise der Flosse, geschieht möglichst reibungsfrei. Beispielsweise Korallenbarsche bewegen sich ruckartig vor-

Höchstgeschwindigkeiten von Hochseeschwimmern

Seelöwen	über 25 km/h
Seehunde	über 20 km/h
Delfine	über 40 km/h
Kleine Pinguine	bis 15 km/h
Grosse Pinguine	bis 40 km/h
Thunfische	bis 70 km/h
Weisser Hai	bis 50 km/h
Schwertfische	über 100 km/h
Forelle (zum Vergleich)	11 bis 12 km/h

wärts, wobei sie die senkrecht gestellten Brustflossen nach hinten schlagen und horizontal nach vorne holen, um zum nächsten Schlag anzusetzen. Dann gibt es den Antrieb durch Rückstoss, wie er bei Raketen und Düsentriebwerken moderner Flugzeuge verwirklicht ist. Unter Meerestieren bewegen sich die Tintenfische nach diesem Prinzip fort, indem sie Wasser aus ihrer Mantelhöhle durch einen Trichter ausstossen und damit einen wirksamen Schub erreichen. Der verbreitetste und am vielfältigsten variierte Antriebsmechanismus bei Wassertieren ist die sogenannte Undulation. Durch wellenförmige Bewegung des ganzen Körpers, wie sich das beim Aal (oder einer schwimmenden Schlange) gut beobachten lässt, oder aber mittels undulierter Flossen, unter den Tintenfischen bei Sepien, unter den Fischen bei

Messer- und Drückerfisch ausgebildet, entsteht ein Antrieb, mit dem sich das Tier gleichsam durch das Wasser hindurch «schlängelt». Undulierende Flossen sind sehr funktionstüchtig, solange an die Leistung nicht zu grosse Anforderungen gestellt werden.

David Senn möchte durch seine Forschung auf diesem Gebiet bewusst machen, dass funktionelle Anatomie eine wesentliche und weitgehende Beziehung zur Ökologie hat. Für Hochseeschwimmer heisst dies, dass der Propellerantrieb zusammen mit einem spindelförmigen Körper eine optimale Anpassung an schnelles ausdauerndes Wandern im riesigen ozeanischen Lebensraum darstellt, wo Fortpflanzungsgebiete und Nahrungsgründe weit auseinander liegen.

Literatur

David G. Senn (1995): Biologische Propeller. Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft bei der Basel 1. S. 1–12.

David G. Senn (1997): Durch Wasser, Wind und Wellen. Eine Naturgeschichte der ozeanischen Wirbeltiere. «Fortkommen». Schriften im R+R Verlag, Bottmingen. Nr. 19.

Adresse der Verfasserin

Monica Impekoven, Gesellschaft CH-Forschung, c/o Oerlikon Journalisten AG, Gubelstrasse 59, CH-8050 Zürich.

Abwasser reinigen und Energie gewinnen; aus der Not eine Tugend gemacht

In der eigenen Abwasseranlage produziert die Emmi Milch AG Biogas und spart damit jährlich 145 000 kg Heizöl. Vertreter von Energie 2000 und der Emmi Milch AG führten das umweltfreundliche Wärmekraftwerk vor und präsentierten erste Erfahrungen und Ergebnisse. «Für die Reinigung des Abwassers wollten wir ein möglichst umweltfreundliches Verfahren», berichtet Walter Stampfli, Verantwortlicher für das hauseigene Biogaskraftwerk der Emmi Milch AG. Während mehrerer Monate wurde in einer Pilotanlage in Dagmersellen Abwasser gereinigt und Biogas erzeugt. Fazit? «Das Schmutzwasser eignet sich hervorragend für die Produktion von Biogas.» Für die Emmi lösten sich damit gleich zwei Probleme auf einen Schlag. Das Abwasser wird in der hauseigenen Anlage gereinigt und dient gleichzeitig als Rohstoff für die Energieproduktion. Die Biogasproduktion betrug in den Monaten Januar bis Mai 2000 rund 690 m³ pro Tag. Dies entspricht einem täglichen Heizölverbrauch von 400 kg. Pro Jahr können somit über 145 000 kg Heizöl eingespart werden. Die bisherigen Er-

gebnisse stimmen Stampfli optimistisch: «Diese Lösung ist zukunftsweisend und stimmt mit den hohen ökologischen Zielsetzungen der Firma überein.»

So wirds gemacht

Das im Produktionsbetrieb anfallende Abwasser, durchschnittlich 800 m³ pro Tag, wird in einem Ausgleichsbehälter mit einem Volumen von 1000 m³ aufgefangen. Bis zu 70 m³ gelangen pro Stunde weiter in den Biogasreaktor mit einem Volumen von 160 m³. Eine zusätzliche Heizung wird nicht benötigt. Die Abwassertemperaturen liegen während des ganzen Jahres zwischen 25 und 30 °C. Der Hochleistungsreaktor hat einen Durchmesser von 3,2 m und eine Höhe von 23 m. In diesem Reaktor findet mit Hilfe der zu so genannten Pellets (Kügelchen) geformten Biomasse der Abbau der Schmutzstoffe statt. Dabei entsteht im oberen Teil des Reaktors das Biogas. Dieses wird an einen Gasspeicher weitergeleitet und für die Wärmeproduktion weiterverwendet. Die Abbauleistung des Reaktors beträgt rund

2100 kg CSB (Chemischer Sauerstoff-Bedarf) pro Tag. Dies entspricht etwa der täglich produzierten Schmutzstoffmenge von 20 000 Einwohnern. Das gereinigte Abwasser gelangt anschliessend in dosierten Mengen in die Kanalisation.

Eine Lösung im Sinne der Umwelt

Die regionale ARA Oberes Wiggertal war seit Jahren überlastet. Das Amt für Umweltschutz (AFU) des Kantons Luzern verpflichtete deshalb nach dem Verursacherprinzip die drei Firmen SEG Zell, Distillerie Willisau und die Emmi Milch AG, einen Teil der Schmutzfracht durch betriebsinterne Massnahmen zurückzuhalten. Von der Emmi Milch AG verlangte das AFU eine Reduktion der Schmutzfracht bis zu 80%. Mit der Biogasanlage hat die Firma den guten Ruf für ihre Leistungen im Umweltbereich bestätigt. Die Biogasanlage erfüllt hohe ökologische Ansprüche. Biogas ist im Gegensatz zu fossilen Energieträgern CO₂-neutral und verursacht damit keinen Treibhauseffekt.

Aktionsprogramm Energie 2000