

Wieso schwimmt ein Fisch?

Autor(en): **Gyr, Albert**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria**

Band (Jahr): **76 (1984)**

Heft 3-4

PDF erstellt am: **12.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-941185>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Wieso schwimmt ein Fisch?

Albert Gyr

Schwimmen ist ein zweideutiger Begriff. Ein Korkstück schwimmt, weil es leichter ist als Wasser; ein Mensch schwimmt, weil er sich mit einer erlernten Technik im Wasser selbst fortbewegen kann. Wir wollen hier in bezug auf den Fisch sowohl die Frage nach seinem Auftriebsverhalten als auch jene nach seiner Technik, sich fortzubewegen, angehen.

Wir fragen uns vorerst, ob ein Fisch schwerer oder leichter sei als Wasser. Wir erinnern uns, dass die meisten sterbenden Fische an die Wasseroberfläche treiben. Auch beim verbotenen Fischfang mit Dynamit kann dies beobachtet werden. Also ist der Fisch leichter als Wasser. Dies erstaunt, hat doch der Fisch Muskeln und Knochen und sollte demnach schwerer sein als das Wasser, in dem er sich aufhält. Die Antwort war denn auch eine vorschnelle und ist in der gegebenen Form falsch.

Ob ein Fisch leichter oder schwerer als Wasser ist, für ihn ist es anstrengend. Um sich auf einer gewissen Wassertiefe zu halten, muss er rudern, will er nicht aufgetrieben werden oder in der Tiefe versinken. Diese Arbeit ist um so kleiner, je näher das Gewicht des Fisches der neutralen Auftriebslage auf der gegebenen Tiefe kommt. Die Natur trug diesem Prinzip Rechnung, indem sie eine ganze Palette von Lösungen zur Verfügung stellte, wie Fische diese Gleichgewichtslage erreichen können. Wir beschränken uns hier auf den forellenähnlichen Typus Fisch, der uns auch am besten bekannt ist. Dieser löst das Problem mit einer Schwimmblase (Fischblase), die ungefähr 5% des Gewichtes ausgleicht, da der Fisch ansonsten schwerer wäre. Könnte der Fisch durch seine Muskeln das Volumen der Fischblase steuern, könnte er die neutrale Gewichtslage auf jeder Höhe erreichen, aber das kann er nicht, was der französische Physiologe Armand Moreau schon 1876 nachwies. Nun ist aber die neutrale Auftriebslage, die auf einer Gasblase beruht, eine vertrackte, weil instabil. Wird der Körper leicht nach oben ausgelenkt, so nimmt der Aussendruck ab und das Gas dehnt sich aus: der Fisch wird leichter und steigt immer schneller auf. Wird er aber nach unten ausgelenkt, so versinkt er, da das Gas komprimiert wird.

Der Fisch ist ohne Eigenbewegung ein kartesischer Taucher. Er verhält sich wie jenes Glasfigürchen, das 1648 erstmals durch *Magiotti* beschrieben wurde und später nach *Descartes* benannt wurde, dem man fälschlicherweise die Erfindung zuschrieb. Ist der Fisch aus irgendeinem Grund nicht fähig, seine Tiefenlage zu halten, treibt er auf oder sinkt. Treibt er auf, dekomprimiert das Gas in seinem Körper, er schwillt auf, und die Blase kann platzen. Dies ist die Situation, aus der wir den anfänglichen Fehlschluss zogen. Was der Fisch durch Muskelkraft nicht kann, gelingt ihm, allerdings in kleinem Rahmen, durch Ändern der Masse des Gases in der Blase, ohne dass sich das Volumen ändert. Zum Absinken vergrößert er den Sauerstoffgehalt, durch Resorption steigt er wieder empor. Allerdings ist dieser Vorgang langsam, sein Zeitmassstab sind Tage. Dies bedeutet, der Fisch legt mit dieser Technik jene Tiefe fest, die er zurzeit zu seinem Lebensraum ausgewählt hat.

Diese Entdeckung wurde 1803 durch den durch seine Sätze aus der Elektrizitätslehre berühmten Naturforscher *Jean Baptiste Biot* (1774–1862) gemacht, als ihm bei der Gasanalyse des Schwimmblaseninhalts in der Wasserstoffatmosphäre die Apparatur explodierte.

Die erste Frage können wir also beantworten: Der Fisch ist schwerer als Wasser und muss sich bewegen, um die Tiefe

zu halten, was für ihn um so einfacher ist, je besser er über die Schwimmblase sein Gewicht neutral hält. Fische allerdings, die sich schnell auf- und abbewegen wollen, wie etwa die Makrelen, verzichten auf eine Schwimmblase; sie müssen dafür ständig arbeiten.

Wenden wir uns der Fortbewegung eines Fisches zu, so stossen wir gleich auf ein weiteres Paradoxon. Der Fisch, und insbesondere die Forelle, besitzt eine ideale Stromlinienform. Dies bedeutet, die Strömung kann nur mit sehr schwachen Kräften auf ihn wirken. Er braucht somit nur kleine Kräfte, um sich vorwärtszubewegen, allerdings auch diese müssen erzeugt werden. Der Fisch hat sich am Wasser abzustossen; mit anderen Worten, er muss momentan einen grossen Widerstand erzeugen können. Er ist somit in einer ähnlichen Situation wie der Ruderer in seinem schnittigen Rennboot. Dieser löst das Problem durch kräftige Ruderschläge, wobei er über Wirbelsysteme an den Rudelflächen jenen Widerstand erzeugt, den er zum Vorwärtskommen braucht. Löst der Fisch das Problem etwa ähnlich? Ja, genau das tut er. Periodisch biegt er den Körper durch und schlägt mit der Schwanzflosse, damit Wirbel erzeugend. Der Rückstoss treibt den Fisch voran. Sein Antrieb lässt sich so am besten über das erklären, was bei dieser Bewegung zurückbleibt, die Ablösungswirbel. Die gewählte Darstellung ist die von *Karman* und *Burgers*, 1934, die sich ganz auf die Erklärung der Wirbelstrassen abstützt, die nach *v. Karman* benannt wurden.

Die wellenförmige Bewegung von Körper und Schwanz führt auf eine Reihe entgegengesetzt drehender Wirbel, die in einer Wirbelstrasse angeordnet sind. Die Stromlinien zwischen ihnen können nun nach dem Biot-Savart'schen Gesetz angegeben werden. Dabei begegnet uns *Biot* zum zweitenmal, diesmal aber mit seinem bekannten Induktionssatz der Wirbelstärke, den er für das elektromagnetische Feld herleitet.

Diese Stromlinien zeigen nun, dass zwischen den Wirbeln eine Strahlströmung entsteht, was bedeutet, dass der Fisch es versteht, über seine Körperbewegung unter Zuhilfenahme von Wirbeln einen Strahl zu erzeugen und damit einen «raketenähnlichen» Antrieb zu erhalten (Bild 1).



Bild 1. Durch seine Körperbewegung unter Zuhilfenahme von Wirbeln erzeugt der schwimmende Fisch einen «raketenähnlichen» Antrieb.

Schwimmen nun die Fische rhombisch versetzt hintereinander, können sie auf diese Art durch die Wirbel des Vorderfisches von dessen Arbeit profitieren (Bild 2).

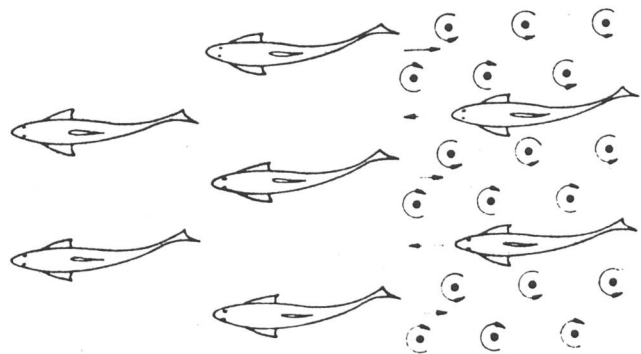


Bild 2, rechts. Schwimmen Fische rhombisch versetzt hintereinander, können sie durch die Wirbel von der Arbeit des Vorderfisches profitieren.

Dies aber entspricht genau der Anordnung von Fischschulen in Fliehphasen. Ob die Fische dies über ihr Nervensystem steuern oder aber sich passiv der günstigsten Bedingung anpassen, ist heute noch umstritten und eine Erklärung eigentlich erst zu erwarten, wenn einerseits mehr über das Nervensystem der Fische bekannt ist, und andererseits, wenn diese hier wiedergegebene zweidimensionale Theorie ihre dreidimensionale Ergänzung erhält.

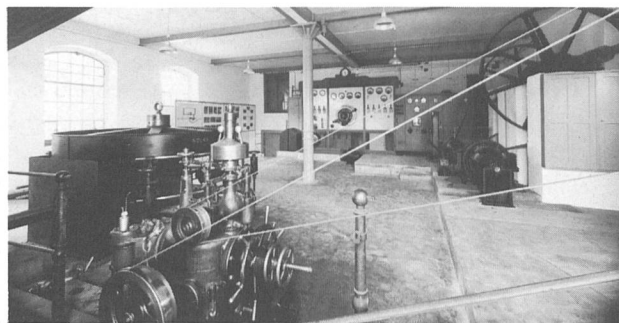
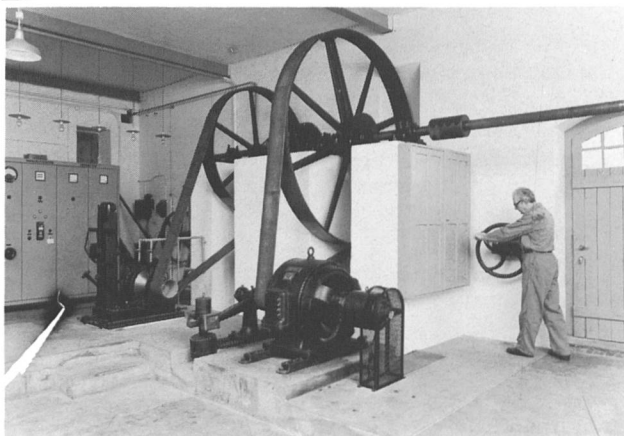
Adresse des Verfassers. Dr. *Albert Gyr*, Institut für Hydromechanik und Wasserwirtschaft, ETH Höggerberg, CH-8093 Zürich.

Turbinenanlage Ottenbach

Im Zusammenhang mit dem Natur- und Reussuferschutz hat der Kanton Zürich 1977 die einst zur Seidenstoffweberei A. F. Haas in Ottenbach gehörende und zwischen 1836 und 1920 erbaute Turbinenanlage erworben. Unter Leitung der kantonalen Denkmalpflege Zürich wurden die industriegeschichtlich interessanten Maschinen-, Elektro- und Wasserbauteile sowie das Turbinenhaus ab Winter 1981/82 bis Frühjahr 1983 zu Museumszwecken restauriert. Es steht heute der Öffentlichkeit zu Besichtigungen offen.

Ein Einblick in die Industriegeschichte des Reusstales

Dieses Kleinkraftwerk erlaubt dem Besucher einen interessanten Einblick in die industrielle Pionierzeit im Reusstal und zeigt in eindrücklicher Weise den Stand der Maschinen- und Elektrotechnik 1920. Die 84-PS-Wasserturbine, das Kernstück der Anlage, ist die dritte einer Reihe von stets grösser und leistungsfähiger werdenden Francisturbinen. Sie verdrängten 1881 das Wasserrad, das von 1836 bis 1871 eine Getreidemühle und danach während weiterer 10 Jahre eine Seidenstoffweberei betrieb. 1910 wird das heute noch vorhandene Turbinenhaus gebaut, wobei die alte Turbine durch eine neue von der Maschinenfabrik Uzwil erstellte Francisturbine ersetzt wird. Mit dem 1920 erfolgten Bau der neuen und stärkeren Maschinen- und Elektroanlage, wie sie heute vorliegt und zu besichtigen ist, geht die Elektrifizierung des mittlerweile auf 350 Webstühle angewachsenen Unternehmens einher. Die Energie für Licht und Kraft wird fortan durch einen Gleichstromdynamo und einen Generator sichergestellt. Der Karbidbunker wird durch eine Grossbatterieanlage und die Transmission durch Webstuhlelektromotoren ersetzt. Die Energiezufuhr wird über eine Mar-



morschalttafel grossen Ausmasses mit Messingarmaturen und -instrumenten geregelt. Mit den noch aus dem letzten Jahrhundert stammenden Wasserbauteilen wie zum Beispiel Streichwehr und Oberwasserkanal kann der Reuss das Wasser für einen Energiebedarf von etwa 6 Monaten pro Jahr entnommen werden.

Der Rest wird bis 1936 mittels einer (abgebrochenen) Dampfmaschine und danach über eine wieder funktionsfähig gemachte Parallelschaltung ab Netz EKZ sichergestellt. 1970 wird die Textilfabrikation in Ottenbach aufgegeben und die Turbinenanlage stillgelegt.

Ein Einblick in die Funktionsweise einer Wasserkraftanlage

Neben der Präsentation der restaurierten Turbinenanlage Ottenbach als industriegeschichtlichen Zeugen wird angestrebt, dem Besucher Einblicke in die Funktionsweise einer Wasserkraftanlage zu vermitteln. Zu diesem Zweck wird bei öffentlichen Führungen dieses Kleinkraftwerk in Betrieb genommen. Es erzeugt dabei elektrische und mechanische Energie. Der Energiebedarf kann durch das Zu- und Abschalten verschiedenster Geräte wie Durchflusserhitzer, Lampen, Kochherd sowie einer Wasserwirbelbremse variiert werden, wobei ein Regulator (Baujahr 1920) durch die Dosierung der Wassermenge für eine konstante und vorgegebene Drehzahl der Turbine (27 U/min) sorgt. Das Zusammenspiel und die Aufgabe der einzelnen Anlageteile wird anhand von Fotos, Plänen, Modellen und ersetzten Maschinenbestandteilen ergänzend dargestellt. Interessenten, die eine Führung durch die Turbinenanlage wünschen – je nach Witterung kann diese bis zur Kanaleinläufalle an der Reuss ausgedehnt werden –, sind gebeten, sich zur Vereinbarung eines Termins mit der kantonalen Denkmalpflege Zürich, Telefon 01/259 29 78 oder Herrn E. Grob, Ottenbach, Telefon 01/769 03 69 in Verbindung zu setzen.

Kantonale Denkmalpflege Zürich

