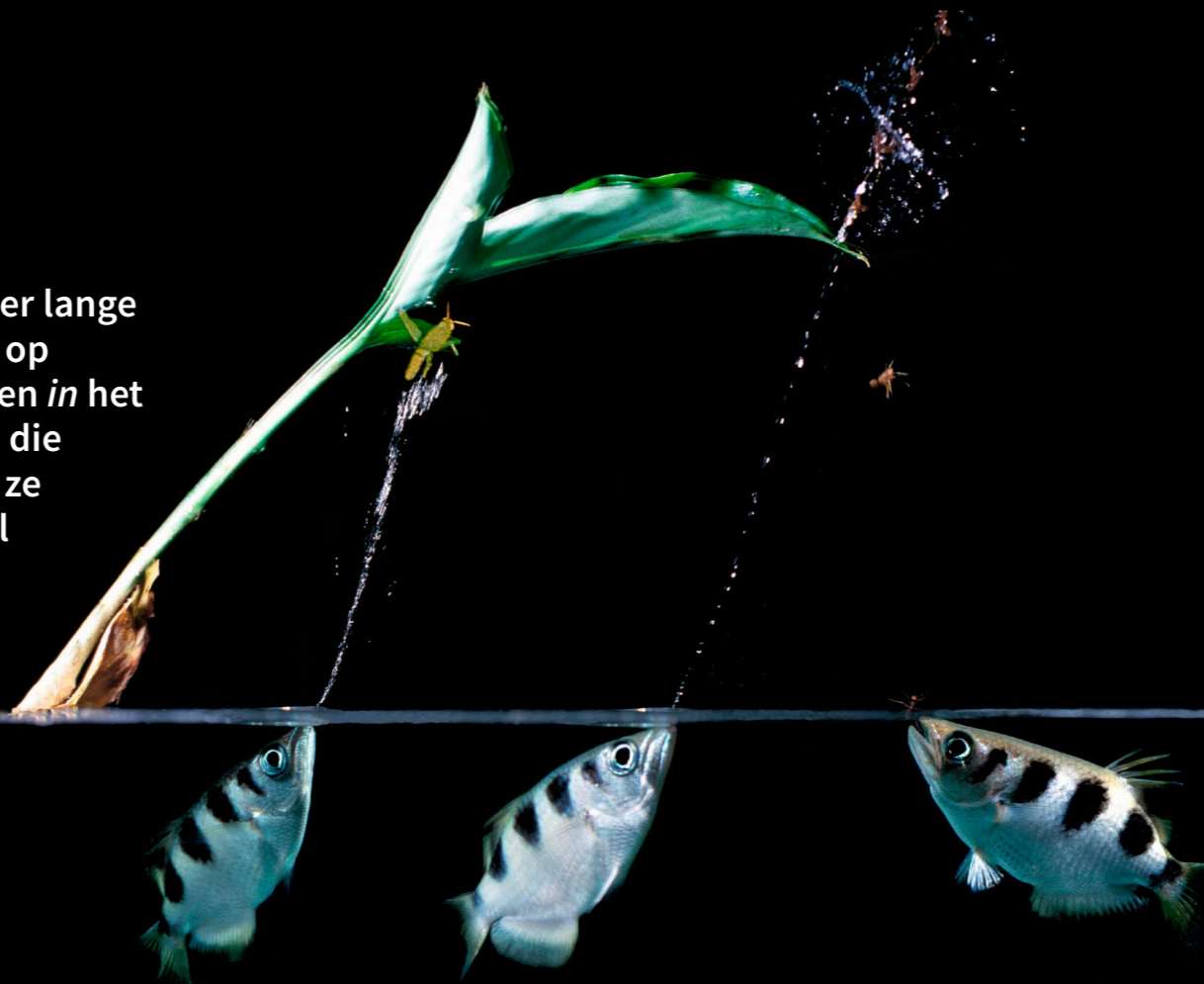


Schuttersvissen zijn kleine, 5 tot 10 centimeter lange vissen die er een opmerkelijke jachttechniek op nahouden. In plaats van hun prooien te zoeken *in* het water waar ze zelf leven, jagen ze op prooien die *boven* het water zitten. De schuttersvis haalt ze naar beneden door een krachtige waterstraal op hen af te vuren. Maar dat is minder eenvoudig dan het lijkt. Hoe doet hij dat?

Schuttersvissen (*Toxotes jaculatrix*) produceren een straal water in een nauw kanaaltje dat ze vormen door hun tong tegen een groef in hun monddak te duwen. Dan drukt de vis zijn kieuwdeksels samen waardoor er water door het kanaaltje en de lippen naar buiten wordt geperst.



## 'BOVENVISSELIJKE' KRACHT

De natuurkundige Aatish Bhatia vat een en ander samen: 'De schuttersvis heeft tijdens het jagen kennis van beweging, zwaartekracht, optica en vloeistofdynamica. Daarmee lost hij moeiteloos problemen op die een natuurkundestudent slapeloze nachten zouden bezorgen. De schuttersvis gebruikt de wetenschap om zichzelf bovenmenselijke (of beter: 'bovenvisselijke') kracht te geven – als de superheld van het dierenrijk die altijd op de juiste plaats is en nooit zonder pijlen zit.'

Bovendien kan het ontwerp van de schuttersvis model staan voor apparaten in de toekomst. Zoals een onderzoeksteam schrijft: „Dit proces [mechanische concentratie] heeft overeenkomsten met wat plaatsvindt tijdens de aanmaak van druppeltjes in een inktjetprinter. Dat is een technologie die nog grotendeels proefondervindelijk wordt verbeterd, maar die mogelijk baat kan hebben bij het voorbeeld van de schuttersvis.”

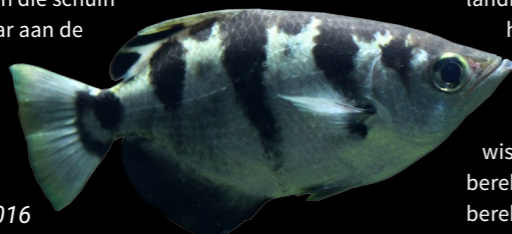
Als er al vernuft nodig is om dit ontwerp te kopiëren, hoeveel meer vernuft was er dan nodig voor het origineel? Wijst dat niet op een meester Ontwerper?

# GEBOREN SCHERPSCHUTTERS

## REKENING HOUDEND MET...

Een ervaren schuttersvis raakt zijn doel bij de eerste poging, ook op een afstand van meer dan een halve meter. Toch waren zijn ogen onder de waterspiegel toen hij zijn (op het takje zittende) prooi zag. Bij het mikken moest hij dus met de breking van licht – op de grens van water en lucht – rekening houden. Dat houdt het volgende in:

- Stel dat de vis met een hoek van 74° schiet ten opzichte van de waterspiegel. De breking van het licht zorgt er dan voor dat het lijkt alsof de prooi zich op 78° bevindt.
- Het kan ook zijn dat de vis met een kleinere hoek schiet; 45° bijvoorbeeld. Dan is het verschil met de schijnbare positie nog groter (58°). De schuttersvis moet dus steeds voor dat verschil compenseren.
- Dat is nog niet alles: hij moet namelijk ook compenseren voor het feit dat de straal niet in een rechte lijn gaat, maar een parabolische baan volgt, als die door de zwaartekracht naar beneden wordt afgebogen. Dat gebeurt altijd met stralen die schuin naar boven gericht staan. Denk maar aan de vorm van fonteinstralen.



## GOED IN WISKUNDE

De hele actie van de schuttersvis zou nutteloos zijn als hij daarna niet in staat zou zijn om zijn prooi te pakken, nadat die in het water is gevallen. In een tiende van een seconde – twee keer zo snel als een mens kan reageren – draait hij zijn lichaam om naar de prooi te spurten. Hierbij gaat hij niet naar de plek direct onder de tak waar de prooi zit, maar naar de verwachte (of berekende) plaats waar die in het water terecht zal komen. In een mum van tijd is hij dus ter plaatse. Dit betekent dat de schuttersvis die plaats van landing al berekend had door te kijken naar de hoogte, de valsnelheid en de hoek vanaf de plek waar de prooi door de waterstraal werd geraakt. Het brein van de schuttersvis is dus in staat om complexe wiskunde uit te voeren (driehoeksmeting en berekeningen). De programmatuur voor zulke berekeningen is ingewikkeld.

## PROJECTIEL VAN WATER

De bijzondere kanten van de schuttersvis gaan verder dan zijn precieze mikkunst. Hij maakt ook gebruik van de eigenschappen van water om een straal te maken die krachtig genoeg is om een zich goed vastklemmende prooi omver te schieten. De kracht waarmee insecten zich vasthouden aan het object waarop ze zitten, kan tien keer groter zijn dan hun eigen gewicht. Ze gebruiken hiervoor verschillende kleefmechanismen.

Het grootste deel van de waterstraal versnelt tijdens de vlucht en balt samen vlak voordat het doel wordt geraakt. Omdat het projectiel uit water bestaat, is de botsing met het insect niet elastisch. Daardoor wordt er zoveel mogelijk bewegingsenergie op het doelwit overgedragen. De uiteindelijke klap heeft daardoor een kracht die tien maal groter is dan de kracht waarmee het insect zich heeft verankerd.

## SUPERKRACHTIGE STRAAL

Er zijn twee oorzaken voor de superkrachtige waterstraal van de schuttersvis:

1. De hoge oppervlaktespanning van water. Dat is de kracht waarmee watermoleculen elkaar aantrekken, wat bijvoorbeeld het oppervlak van een druppel zo klein mogelijk houdt. Dit effect zorgt ervoor dat een vloeistofstroom instabiel is. Dat wordt ook wel *Plateau-Rayleigh instabiliteit* genoemd. Hierdoor heeft zelfs een heel gelijkmatige straal minieme onregelmatigheden: kleine verdikkingen en versmallingen. Door de oppervlaktespanning trekken die versmallingen verder samen, stukjes van de straal worden afgeknepen en er ontstaan individuele druppels. Dit uiteenvallen is voor de schuttersvis echter contraproductief, omdat de kracht dan verdeeld wordt. De druppels komen immers niet allemaal in één keer aan. Daarom heeft de schuttersvis nog een tweede 'pijl op

zijn boog', en dat is...

2. Mechanische concentratie. Hiermee wordt de kracht van de straal vergroot doordat de snelheid van de laatst afgeschoten druppels hoger is dan de snelheid van de eerste druppels. Vlak bij het doel halen de achterste druppels de eerste in. Zij smelten samen tot één druppel met een grotere massa en kracht.

Het is wel zo dat het ene niet zonder het andere kan: de mechanische concentratie zonder de Plateau-Rayleigh instabiliteit zou ineffectief zijn, omdat de druppel zich daardoor zou gaan uitspreiden. Een deel ervan zou dan de prooi niet raken en dan zou er dus energie verloren gaan. Het is alleen door de *combinatie* van beide effecten dat de straal van de schuttersvis zo effectief is. Dit resulteert in een krachtconcentratie die verhoudingsgewijs vijf keer groter is dan een spier van een gewerveld dier kan produceren!

### WEET MEER:

[www.weet-magazine.nl/schuttersvis1](http://www.weet-magazine.nl/schuttersvis1)  
[www.weet-magazine.nl/schuttersvis2](http://www.weet-magazine.nl/schuttersvis2)  
[www.weet-magazine.nl/schuttersvis3](http://www.weet-magazine.nl/schuttersvis3)

Dit is een vertaling van het artikel *Archerfish use advanced hydrodynamics* uit *Creation Magazine* 36(3): 36-37, 2014; [creation.com](http://creation.com)