



# Mechanische Principes, de wetten van de zwemsport

Trainer / Instructeur niveau 3



## Colofon

---

Deze syllabus is een uitgave van de Koninklijke Nederlandse Zwembond  
Wattbaan 31-49, 3439 ML EX Nieuwegein.

Artikel behorend bij de opleiding Trainer / Instructeur niveau 3.

Tekstbijdrage: Roald van der Vliet & Jurrie Hofman

Met medewerking van: Andre Cats

Opmaak: Annemieke Beute KNZB

Druk: -

Eindredactie: Annemieke Beute KNZB

Niets uit deze uitgave mag vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt worden door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de KNZB.



## Voorwoord

---

Een competente trainer handelt bewust en gepast. Voorafgaande aan het handelen, kan een voorgenomen handeling getoetst worden aan reeds bestaande theorieën. Achteraf kan de juistheid van de handeling gerelateerd worden aan het resultaat van de handeling. Om het theoretische kader met betrekking tot de basisprincipes weerstand, stuwning, drijven en zinken te vergroten is deze syllabus geschreven.

Op weg naar een bewuste en dus competentere trainer.

Succes.

Met vriendelijke groet,

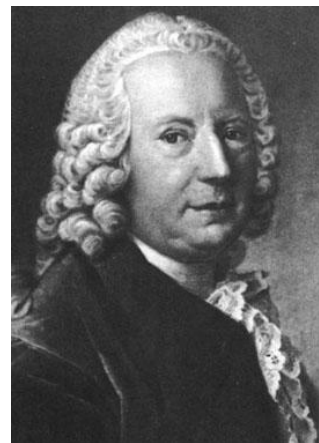
Roald van der Vliet



Archimedes 287 -212 v. Chr



Newton 1643-1727



D. Bernouilli 1700-1782

**“Each problem that I solved became a rule, which served afterwards to solve other problems.”**  
Rene Descartes



## Inhoudsopgave

---

<b>1. Drijven &amp; zinken</b> .....	<b>4</b>
1.1 Soortelijke Massa .....	4
1.1.1 Het menselijke lichaam .....	4
1.2 Zwaartekracht (Fz): .....	5
1.3 Opwaartse kracht (Fo).....	5
1.4 Opdrukpunt en zwaartepunt.....	6
<b>2. Weerstand &amp; stuwing</b> .....	<b>7</b>
2.1 Weerstand.....	7
2.2 Stuwing .....	8
<b>3. Toepassingen</b> .....	<b>11</b>
3.1 Weerstand.....	11
3.2 Stuwing.....	12
<b>4. Literatuurlijst</b> .....	<b>13</b>

# 1. Drijven & zinken

De wetenschap met betrekking tot drijven en zinken is onlosmakelijk verbonden met de Griekse geleerde **Archimedes** (287 – 212 v. Chr.). Deze geleerde deed zijn vinding met betrekking tot drijven en zinken in een badkuip. Hij liet een bad tot de rand toe vol lopen, en hij zag dat het overliep toen hij erin stapte. Hij begreep toen hoe hij de soortelijke massa moest berekenen. Hij was zo blij dat hij "Eureka!" riep en zonder kleren de straat op rende.

Of een voorwerp in water drijft of zinkt, hangt af van de soortelijke massa (dichtheid<sup>(1)</sup>).

## 1.1 Soortelijke Massa

Soortelijke Massa =  $\frac{\text{Massa}^{(2)}}{\text{Volume}^{(3)}}$

Massa = kg  
Volume = m<sup>3</sup> = liter

SM van zuiver water = 1, dit bij water van vier graden Celsius, bij een hogere of lagere temperatuur neemt de SM van zuiver water af.

SM van de mens is gemiddeld 0.97, (in ingeademde toestand).

SM van de mens is gemiddeld 1.03, (in uitgedemde toestand).

Een voorwerp met een SM van 1 zal zweven in zuiver water. Wanneer de SM van een voorwerp kleiner is dan 1 zal het voorwerp drijven

Heeft het voorwerp een SM die groter is dan 1, zal dat voorwerp zinken.

### 1.1.1 Het menselijke lichaam

*Tabel 1:* Geeft inzicht in de lichaamssamenstelling van de mens. De gegevens zijn gebaseerd op een referentiegroep.

Referentie man: 20-24 jr. / 1.74 m / 70kg. Referentie vrouw: 20-24 / 163.8 m / 56.7 kg.

Weefsel	Man	Vrouw	Dichtheid
Water	63%	52%	1
Vet	15%	27%	0,95
Spiersen	44.8 %	36%	1,0598
Botten	14.9 %	12 %	1,80
Overige	25.3%	25%	?

\* Bron: Mc Ardle D., Katch, F., Katch, I. (1991) Exercise Physiology

Op basis van bovenstaande gegevens komt de dichtheid van de mens in ingeademde toestand op ongeveer 0.97 en in uitgedemde toestand op 1.03. Daarom zinkt het menselijke lichaam in zuiver water na uitademing en drijft het na inademing. De dichtheid van zuiver water van 4 graden Celsius is immers exact 1.

1 De dichtheid van de oplossing is de massa van de oplossing per eenheid van volume. Vroeger soortelijk gewicht (soortelijke massa) genoemd. Aangezien de dichtheid temperatuursafhankelijk is, dient de temperatuur erbij vermeld te worden. Als geen temperatuur is vermeld, wordt meestal 20°C bedoeld. De grootste dichtheid van gasvrij zuiver water werd vroeger gesteld op 1.0000 g/ml bij 4 °C.

<sup>2</sup> De kilogram is de eenheid van massa; de massa = gelijk aan internationale prototype van het kilogram. Vaak wordt er met gewicht massa bedoeld, maar 'gewicht' is een kracht: met hoeveel kracht trekt de aarde aan een massa.

3 De inhoud of het volume van een voorwerp (lichaam, ruimtelijke figuur) is de grootte van het gebied in de ruimte (drie- (of hoger-) dimensionaal) dat door het voorwerp wordt ingenomen. Als basis geldt dat de inhoud van een rechthoekig blok gelijk is aan lengte × breedte × hoogte. De SI-eenheid van inhoud is de kubieke meter, m<sup>3</sup>.

Bron: [www.Wikipedia.nl](http://www.Wikipedia.nl)

## Voorbeeld

Een tot de rand toe met water gevulde maatbeker van 1 liter weegt 1 kilogram. Wordt dezelfde maatbeker met lood gevuld zal de weegschaal 4 kilogram aangeven. De dichtheid van lood is dus vier keer zo groot als die van water. Een maatbeker gevuld met hout weegt maar 800 gram. Lood zal daarom zinken in water, dit in tegenstelling tot hout.

## 1.2 Zwaartekracht (F<sub>z</sub>):

Als een appel van de boom losraakt, valt hij altijd recht naar beneden en nooit eens omhoog of schuin omlaag. Dat heeft een eenvoudige oorzaak: de zwaartekracht. Alles wat massa heeft – een boek, een planeet, een mens, noem maar op – heeft zwaartekracht. Anders gezegd: alle voorwerpen – groot en klein – trekken elkaar aan. Nu heeft een planeet natuurlijk een veel grotere aantrekkingskracht dan een appel. Vandaar ook dat die appel naar de aarde lijkt te vallen. Toch is het zo dat de aarde ook naar de vallende appel toe beweegt. Maar omdat de aarde heel groot en zwaar is, komt zij bijna niet van haar plek. In de praktijk kun je dus gewoon doen of de aarde stilstaat.

Bron: [www.eddyechternach.nl/artikelen/zwaartekracht.html](http://www.eddyechternach.nl/artikelen/zwaartekracht.html)

Zwaartekracht is de kracht die de aarde en de mens op elkaar uitoefenen. Hierdoor ontstaat gewicht. Gewicht is de kracht die je uitoefent op de ondergrond. Gewicht wordt uitgedrukt in Newton. Een weegschaal geeft dus eigenlijk niet de massa aan, maar het gewicht uitgedrukt als de hoeveelheid massa die in stilstand op aarde dat gewicht heeft.

Dit gewicht hangt af van 2 belangrijke factoren:

- massa
- aantrekkingskracht 9,81 m/s<sup>2</sup> (in Nederland en België)

De bijbehorende formule ziet er als volgt uit:  $F = m \cdot g$ <sup>(4)</sup>

## 1.3 Opwaartse kracht (F<sub>o</sub>)

Opwaartse kracht van water treedt pas in werking zodra een voorwerp geheel of gedeeltelijk wordt ondergedompeld in een vloeistof. Het gewicht van dit voorwerp wordt “schijnbaar” verminderd doordat het water met een kracht terugduwt die gelijk is aan de hoeveelheid verplaatste vloeistof. Een voorwerp zakt net zo ver in het water totdat de F-op en de F-z in evenwicht zijn. Als het soortelijke gewicht van een voorwerp groter is als dat van water zal het natuurlijk helemaal zinken, toch ondervindt deze ook de zelfde opwaartse kracht als die van de hoeveelheid verplaatste water en lijkt dus lichter te zijn in water.

### Wet van Archimedes

Een voorwerp geheel of gedeeltelijk onder gedompeld in een vloeistof ondervindt een opwaartse kracht die gelijk is aan het gewicht van de verplaatste hoeveelheid vloeistof.

### Voorbeelden

- Een sportduiker draagt tijdens het sportduiken een trimjacket. Door dit trimjacket met lucht te vullen of er lucht uit te laten ontsnappen kan de opwaartse kracht vergroot of verkleind worden. Hierdoor kan de sportduiker naar believen drijven, zweven en zinken.
- Op het moment dat een waterpolokeeper zijn armen uit het water tilt moet hij ‘harder’ watertrappen dan met zijn armen in het water.
- Als een synchroonzwemster een balletbeen maakt, moet zij harder wrikken dan met twee benen in het water.

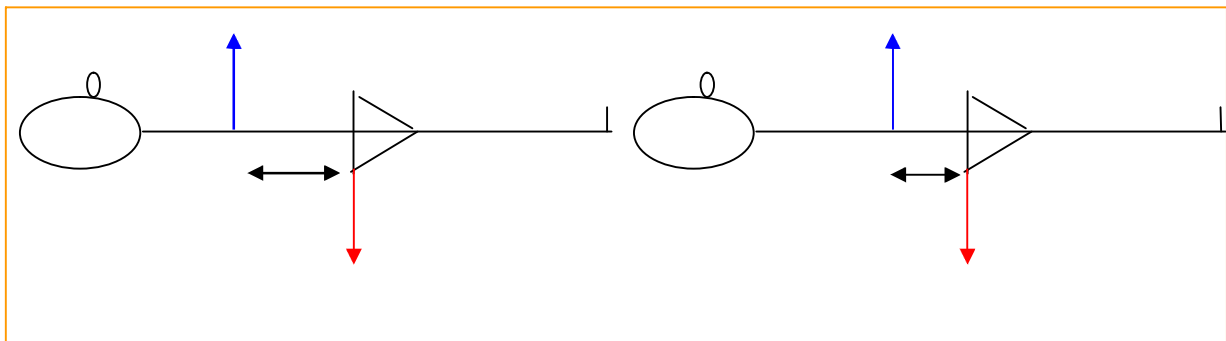
<sup>4</sup> De zwaartekracht  $F$  doet een voorwerp met massa  $m$  op de aarde vallen met een versnelling  $g$ , gegeven door de Tweede Wet van Newton:

## 1.4 Opdrukpunt en zwaartepunt

Wanneer we in het water liggen werken er twee krachten op ons lichaam, de zwaartekracht en opwaartse kracht. De opwaartse kracht wordt uitgeoefend op alle lichaamsdelen die zich in het water bevinden. De plaats waar de opwaartse kracht zich bundelt heet het opdrukpunt (metacentrum), dit punt ligt ergens boven de navel aan de buikzijde.

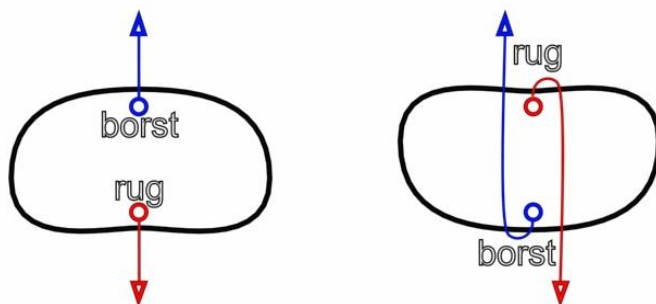
De zwaartekracht werkt op het hele lichaam, maar bundelt zich in het zwaartepunt ongeveer ter hoogte van het de 2e heiligbeenwervel.

De plaatsen waar de zwaartekracht en de opwaartse kracht aangrijpen, verschilt per persoon. Bij mannen ligt het opdrukpunt hoger dan bij vrouwen, meer in de richting van het hoofd. De oorzaak hiervan ligt in het feit dat het volume bij mannen op schouderhoogte en bij vrouwen op heuphoogte zit. Dit leidt ertoe dat bij mannen de benen eerder zinken dan bij vrouwen.



Figuur 1. De linker figuur geeft de afstand tussen het opdrukpunt en het zwaartepunt bij de man van de zijkant gezien, de rechter figuur geeft dezelfde afstand bij de vrouw.

- opdrukpunt ( $F_o$ )
- zwaartepunt ( $F_z$ )



Figuur 2: Links een dwarsdoorsnede van een mens drijvend op rug, rechts op de rug, met daarin de plaats van het zwaartepunt en het opdrukpunt.

Wanneer een zwemmer op zijn rug ligt grijpt de zwaartekracht onder het opdrukpunt (zie figuur 2, links) aan. De opwaartse kracht wil omhoog de zwaartekracht omlaag, dit geeft een stabiel evenwicht. Wanneer het opdruk onder het zwaartepunt ligt (zie figuur 2, rechts), werkt de zwaartekracht nog steeds omlaag en de opwaartse kracht omhoog. Zo lang het opdrukpunt recht onder het zwaartepunt ligt bevindt het lichaam zich in een labiel evenwicht. Bij een geringe draaiing om de lengteas draait het lichaam terug naar de buikzijde.

### Voorbeeld

Een badmeester is zwemles aan het geven. Hij start, zoals de KNZB voorschrijft, met het aanleren van de borstcrawl en rugcrawl. Met welke van deze twee slagen moet hij nu starten, en waarom?

Antwoord:

Naast het feit dat het ademen tijdens de rugcrawl makkelijker is dan tijdens het uitvoeren van de borstcrawl... is de rugligging stabiel. Op basis daarvan start hij met de rugcrawl.

## 2. Weerstand & stuwing

Een zo laag mogelijke weerstand gecombineerd met een zo hoog mogelijk voortstuwingsvermogen levert 'de hoogste' zwemsnelheid op. Verwondering of nieuwsgierigheid naar de mogelijkheid tot beïnvloeding van de factoren voorstuwing en weerstand leiden bij u wellicht tot een aantal vragen.

- Welke weerstanden ondervind ik tijdens zwemmen?
- Hoe kan ik die weerstanden positief beïnvloeden?
- Wat moet ik doen om beter te stuwten?

### 2.1 Weerstand

De drie belangrijkste weerstanden zijn:

- Wrijvingsweerstand
- Vormweerstand
- Golfweerstand

#### Wrijvingsweerstand

Doordat verschillende 'lagen' water met een verschillende snelheid langs elkaar heen bewegen ontstaat wrijvingsweerstand. Het laagje water dat dicht bij de voortbewegende zwemmer ligt 'plakt' aan het lichaam vast en heeft dus ook dezelfde snelheid als de zwemmer. Het laagje verder van de zwemmer plakt vast aan het voorgaande en beweegt dus langzamer, de daarop volgende laag beweegt nog langzamer. De ene waterlaag vertraagt als het ware de andere.

De totale laag water die een zwemmer meesleept wordt de grenslaag genoemd. Het meeslepen van die grenslaag zorgt ervoor dat de zwemmer meer arbeid moet verrichten om vooruit te komen.

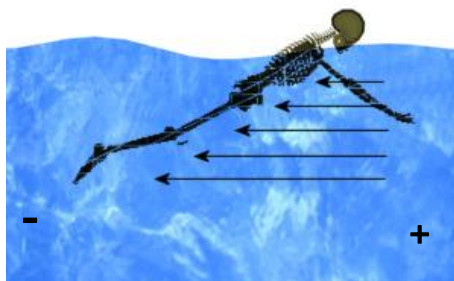
Bij een zwemsnelheid van twee meter per seconde bedraagt de wrijvingsweerstand slechts 3% van de totale weerstand.

#### Vorm weerstand

De vorm de ligging en de snelheid van een zwemmer bepalen de grootte van de vormweerstand.

Op het moment dat een groot oppervlak van het lichaam met een hoge snelheid in botsing komt met het aanstromende water, zullen de watermoleculen flink in beweging worden gebracht. Wat zorgt voor een hoge druk aan de voorkant van de zwemmer en een lage druk aan de achterkant (zog). Door dit drukverschil wordt de zwemmer als het ware naar achteren geduwd.

Bij een zwemsnelheid van twee meter per seconde bedraagt de wrijvingsweerstand 40% van de totale weerstand.



Figuur 3: aan de voorkant van de zwemmer botst het water tegen de zwemmer aan en hoopt het zich op. Voor de zwemmer ontstaat een hoge druk aan de achterkant een lage druk.

#### Golfweerstand

Tijdens het zwemmen aan het wateroppervlak ontstaat op de scheiding tussen water, lucht en de zwemmer, aan de voorkant een opeenstapeling van water. Achter deze golf ontstaat een golfdal. Er wordt door zwemmer energie gestopt in het creëren van golven.

Door onderwater te zwemmen ontwijkt de zwemmer de golfweerstand en neemt de totale weerstand dus ook af. De totale weerstand is immers gelijk aan de golfweerstand + de wrijvingsweerstand + de vormweerstand.

Bij een zwemsnelheid van twee meter per seconde bedraagt de wrijvingsweerstand 57% van de totale weerstand.



## 2.2 Stuwning

Een zwemmer genereert stuwkracht door tegen een massa water af te zetten. Helaas gaat een gedeelte van de beschikbare energie verloren aan het water dat in beweging wordt gebracht. Op het moment dat een zwemmer efficiënt zwemt, wordt een groot gedeelte van de energie waarover de zwemmer beschikt gebruikt om vooruit te komen en gaat slechts een klein gedeelte verloren aan het water.

### 2<sup>o</sup> Wet van Newton (hoofdwet van de mechanica)

Door een massa water een snelheidsverandering te geven ontstaat stuwkracht.

### 3<sup>o</sup> wet van Newton (reactie-wet)

De massa water wordt naar 'achteren' in beweging gebracht hierdoor wordt een versnelling aan het lichaam gegeven in tegengestelde richting.

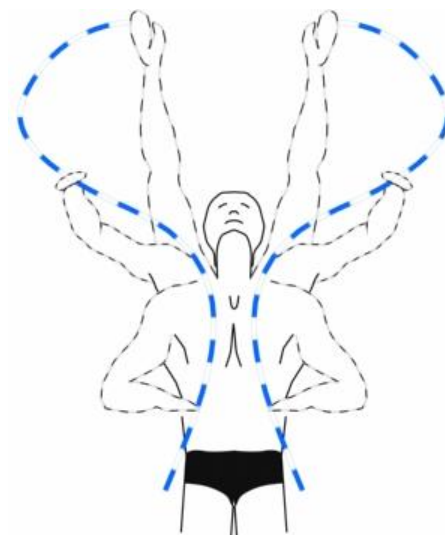
Actie = -Reactie (A=-R)

### S-patroon

Zoals in de inleiding van deze paragraaf staat beschreven gaat een gedeelte van de energie die een zwemmer levert verloren aan het water, dit omdat het water in beweging wordt gebracht. Om er voor te zorgen dat er zoveel mogelijk stilstaand water wordt gepakt, wordt er bij verschillende slagen gezwommen met een S-patroon. Dit S-patroon zorgt ervoor dat telkens tegen 'nieuw' stilstaand water wordt afgezet, wat de zwemefficiëntie ten goed komt.

Beter stuwen leidt ertoe dat een groter gedeelte van de energie nuttig aangewend kan worden, wat dan bijvoorbeeld kan leiden tot een grotere slaglengte<sup>5</sup>.

De armen worden tijdens de uitvoering van het S-patroon gebogen doorgehaald, om ervoor te zorgen dat er krachtig en in de juiste richting tegen een grotere massa afgezet kan worden.



Figuur 4: S-patroon tijdens de uitvoering van de vlinderslag, waarbij de armen worden gebogen en de stuwvlakken (onderarmen en handen) loodrecht tegen het water worden gezet om tegen een zo groot mogelijke massa water af te kunnen zetten.

---

<sup>5</sup> slaglengte, het aantal meters dat een zwemmer heeft aflegt met één slag

### Kracht- en lastarmen

Kracht x krachttarm = last x lastarm

$K \times KA = L \times LA$

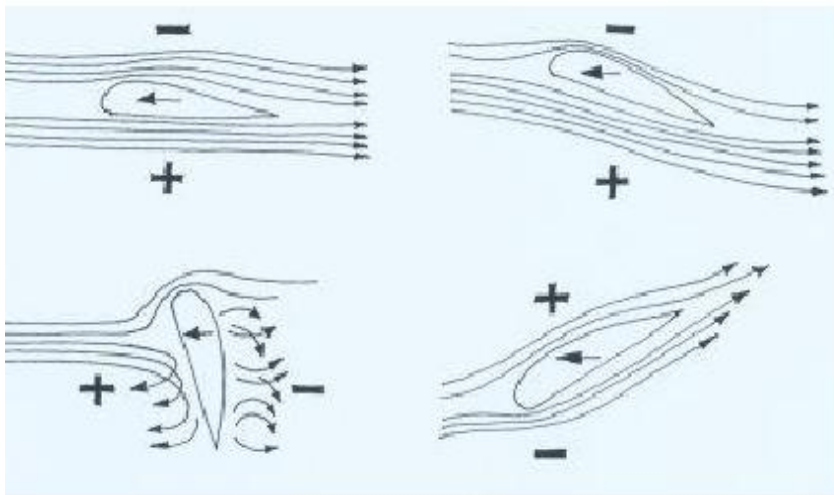
### Voorbeeld

Probeer als je in het zwembad staat je maar eens op de kant te duwen waarbij je je armen vooruit gestrekt hebt. Dit is praktisch ondoenlijk, wanneer je dit doet met gebogen ellebogen is dit ineens stukken lichter. Dit geldt ook voor repeterende bewegingen zoals zwemmen.

### Liftwerkingsprincipe van Bernoulli

Bernoulli toonde aan dat er een verband bestaat tussen de snelheid en de druk van vloeistoffen of gassen.

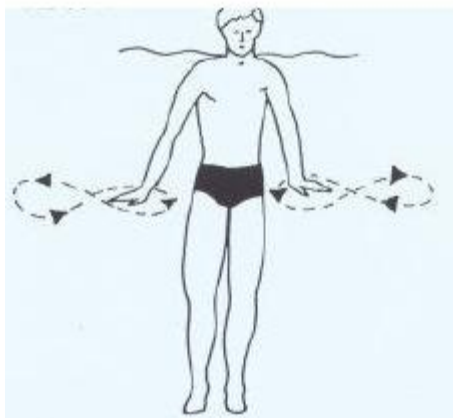
Een gas of vloeistof dat snel stroomt, oefent een lagere druk uit dan een langzaam stromend gas of vloeistof. Die lage druk wordt ook wel onderdruk genoemd en bevindt zich zoals gezegd aan de kant waar de vloeistof of het gas het snelst stroomt.



Figuur 5: Onder- en bovendruk ontstaat door verschillen stroomsnelheid van het water t.o.v. de hand.

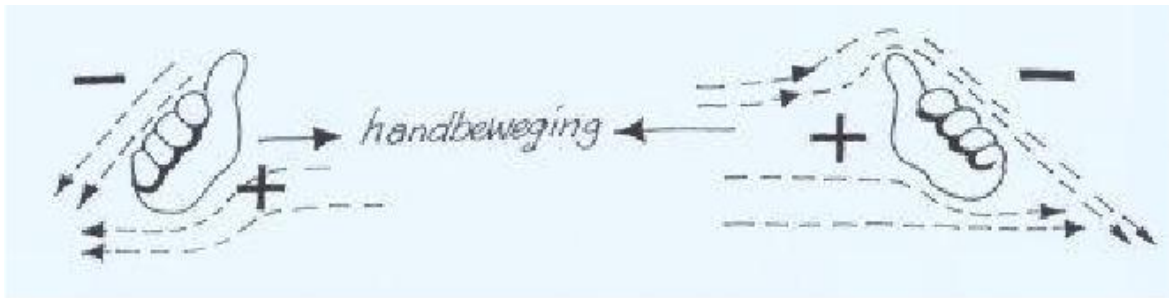
Bij synchroonzwemsters komt het liftprincipe duidelijk naar voren tijdens het wrikken.

Er wordt een liftwerking verkregen, door met de handen in een achtvorm in het transversale - (horizontale) vlak heen en weer te bewegen. Doordat het water aan de handrugkant sneller stroomt dan aan de handpalmkant ontstaat een liftkracht (kracht omhoog).



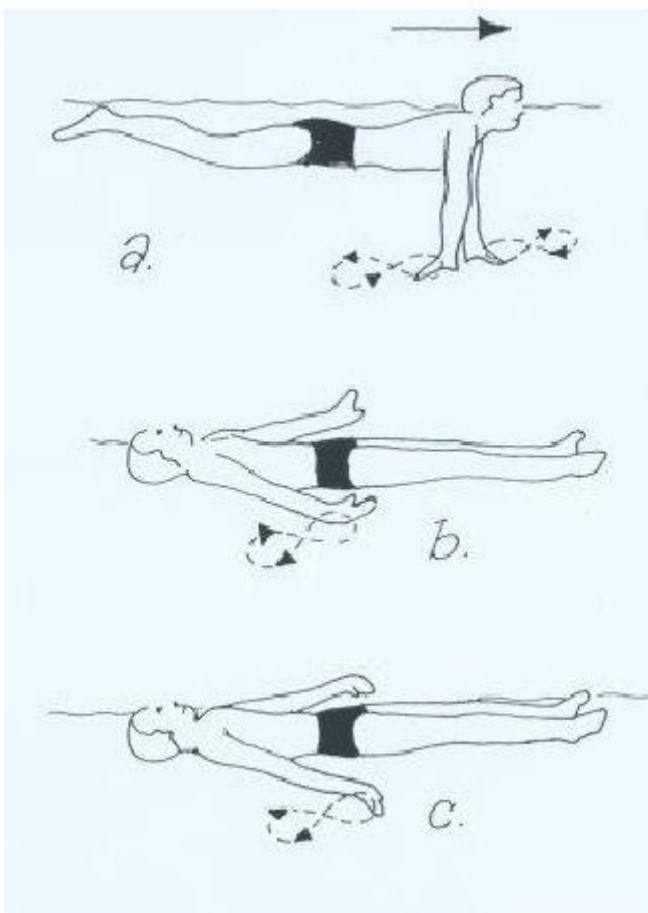
Figuur 6: staand wrikken: er ontstaat een bovendruk onder de hand en een onderdruk boven de hand.

Als de handen van het lichaam af bewegen wijzen de pinken omhoog, op het moment dat de handen naar het lichaam toe bewegen wijzen de duimen omhoog. Door steeds de stand van de handen te veranderen kan de liftwerking versterkt worden.



Figuur 7: stand van de handen terwijl de handen naar het lichaam toe bewegen

Wanneer in borstligging dezelfde beweging wordt gemaakt in het verticale vlak, ontstaat voorstuwing (tek. a). In rugligging kan door waterdrukverschillen te creëren in de richting van het hoofd gestuwd worden door de vingers naar het wateroppervlak te laten wijzen. Indien de wrik- of stuwbeving wordt uitgevoerd met de vingers naar de bodem stuwt men in de richting van de voeten.



Figuur 8: a, wrikbeweging voorwaarts op de buik, b, wrikbeweging op de rug in de richting van het hoofd, c, wrikbeweging op de rug in de richting van de voeten.

### Impulsoverdracht

Een lichaam zal blijven volharden in de toestand waarin het verkeert.

### Voorbeeld

Bij de armkreizstart (estafettestart) wordt er gebruik gemaakt van impulsoverdracht, de armen zwaaien naar voren, en worden daar acuut gestopt. Op dat moment zal de snelheid die de armen hadden worden overgedragen op de rest van het lichaam. Bij estafette overnames, waarbij de zwemmer niet stil hoeft te staan op het blok, kan dit tot snelheidswinst leiden.

## 3. Toepassingen

---

### 3.1 Weerstand

#### **Wrijvingsweerstand**

Wrijvingsweerstand is afhankelijk van:

- De zwemsnelheid
- Lichaamoppervlak
- De ruwheid van het lichaamsoppervlak

De wrijvingsweerstand bedraagt slechts een heel klein deel van de van de totale weerstand(3-5%). Er zijn aanwijzingen dat de slaglengte toeneemt door het lichaamsoppervlak te scherpen. Bij eenzelfde zwemsnelheid werden significant lagere lactaatwaarden gevonden bij de geschoren groep t.o.v. de niet geschoren groep.

#### **Vormweerstand (drukweerstand)**

Vormweerstand is afhankelijk van:

- De zwemsnelheid
- De CD waarde (deze waarde is o.a. afhankelijk van de stroomlijning)
- Het frontale oppervlak
- De dichtheid van het water

Door techniekveranderingen is het mogelijk de grootte van het frontale oppervlak (het vlak waar het water tegenaan botst te verkleinen. Door bij de schoolslag de knieën te buigen i.p.v. de heupen, wordt het oppervlak waar het water tegenaan botst kleiner. De drukweerstand zal dan afnemen. Door bij vlinderslag minder met de romp uit het water te komen zullen de heupen minder zinken en dus zal het frontale oppervlak kleiner worden.

De CD waarde, die afhankelijk is van de vorm van het lichaam kan verkleind worden door materiaal aanpassingen, door op bepaalde plaatsen (heupen, borsten) door bijvoorbeeld krachttraining de vorm van het lichaam te veranderen (meer in de richting van de druppelvorm).

#### **Drukweerstand**

Snel zwemmen levert bij gelijke ligging meer vormweerstand op dan langzaam zwemmen. Het frontale oppervlak van een zwemmer (waarmee de zwemmer a.h.w. tegen het water botst) wordt bepaald door vorm van het lichaam van de zwemmer, maar ook door de ligging.

Onderstaande voorbeelden vergroten de vorm-/drukweerstand

1. Armen uit elkaar
2. Benen uit elkaar
3. Benen krom
4. Schoolslag knieën onder de buik
5. Tijdens de uitvoering van de borstcrawlarmslag buiten de schouderlijn insteken
6. Tijdens de uitvoering van de rugcrawl insteken met de handrug
7. Een te grote zwembroek of badpak
8. Te hoog uit het water komen tijdens de uitvoering van de schoolslag.

#### **Golfweerstand**

De golfweerstand is afhankelijk van:

- Snelheid,
- De vorm van de zwemmer
- De dichtheid van het water

Golven ontstaan op het scheidingsvlak van water en lucht. De golfweerstand kan tot een minimum beperkt worden door driemaal de afstand van rug tot borst onderwater te verdwijnen. Het is dus verstandig op minimaal die diepte onderwater te blijven tijdens de onderfasen na de start en de



keerpunten. Indien een zwemmer te dicht aan het water oppervlak komt kan de totale weerstand tot het vijfvoudige toenemen.

Leer je sporters daarom onderwater te zwemmen, 60% van de 100m rugcrawl en vlinderslag kan binnen de reglementen onderwater uitgevoerd worden.

Onderstaande voorbeelden vergroten de golfweerstand:

1. Na de start te dicht bij de waterlijn blijven
2. Na het keerpunt te dicht bij de waterlijn blijven
3. Een krachtige afzet aan de waterlijn levert meer golfweerstand, dan een rustige afzet
4. Een afzet aan de waterlijn met een groot frontaal oppervlak (bijvoorbeeld armen uit elkaar)

## 3.2 Stuwning

De stuwkracht is afhankelijk van:

- Grootte van het stuwvlak maar vooral de plaatsing ervan t.o.v het water
- Snelheid van het lichaamsdeel (hand + onderarm of voet onderbeen)
- Dichtheid van het water
- Vorm van het lichaamsdeel

Het stuwvlak moet zo goed mogelijk loodrecht ten opzichte het water geplaatst worden. Er kan dan tegen een grote massa water 'afgezet' worden. De snelheid waarmee dit gebeurt moet zo hoog mogelijk zijn.

1. Borstcrawl hoge elleboog, het stuwvlak wordt vergroot
2. Door de arm te buigen tijdens de uitvoering van rugcrawl, stuwt de zwemmer in de juiste richting
3. Een schoolslagzwemmer die met de bovenkant van de voet probeert te stuwen, genereert nagenoeg geen stuwkracht (de vorm van het stuwvlak rond aan de bovenkant maakt dat stuwen met de wreef niet makkelijk gaat)
4. Met een 'W-stand' tijdens uitvoering van de schoolslag beenslag kan de zwemmer veel water verplaatsen. De stand van de stuwvlakken is dan optimaler.
5. Vlinderslag hoge elleboog
6. Met handpaddles wordt het stuwvlak vergroot, de zwemmer kan dan meer water verplaatsen en dus beter stuwen.
7. Tijdens het wrikken ontstaat een drukverschil tussen de 'ronde' en de 'plattekant' van de hand, hierdoor kan voorwaartse snelheid gegeneerd worden

Techniek is de sleutel tot succes. Sterke, grote, gemotiveerde mensen met een geweldig uithoudingsvermogen kunnen niet snel zwemmen als ze niet op de juiste manier in het water gaan liggen en op de juiste manier tegen het water afzetten.

## 4. Literatuurlijst

---

Mc Arrdle D., Katch, F., Katch, I. (1991) Exercise Physiology

Maglischo, E.W., Swimming Fastest

Sluis, A. van der, Jiskoot, j. (1993) Een didactiek van het zwemmen. Haarlem, Vrieseborch.

Toussaint, H.M., Truijens, M., Elzinga, M.J., Ven, A. van de, Best, H. de, Snabel, B., Groot, G.de 2001 Effect of a fast-skin™ 'body' suit on drag during front crawl swimming. Sport Biomechanics, 1, 1-10.

Toussaint, H.M., Hollander, A.P., Berg, C. van den and Vorontsov, A. (2000) Biomechanics of swimming. In: Garrett, W. E. and Kirkendall, D. T. (Eds.), Exercise and Sport Science (pp. 639-660). Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins.

### Webpagina's

[http://www.techna.nl/Begrippen/eenheden\\_omrekenen/massa\\_gewicht\\_omrekenen.htm](http://www.techna.nl/Begrippen/eenheden_omrekenen/massa_gewicht_omrekenen.htm)

<http://en.wikipedia.org/wiki/Volume>

<http://www.eddyechternach.nl/artikelen/zwaartekracht.html>

[www.ikbf.nl/b4](http://www.ikbf.nl/b4)