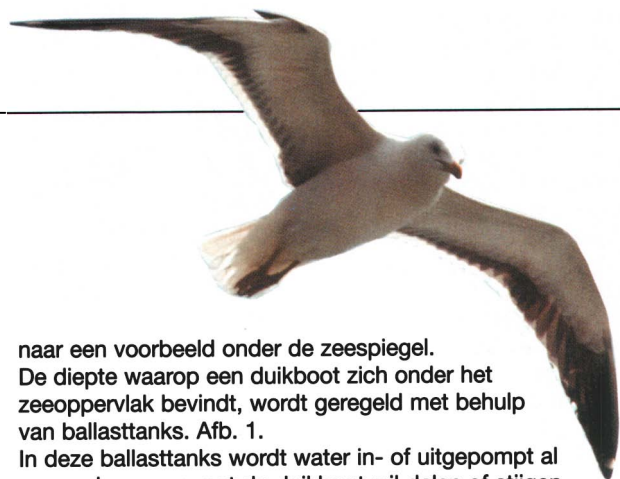


# Niets nieuws onder de zon?

door J.H.A. te Boekhorst



De suggestie die de titel van dit artikel wekt, is uiteraard niet geheel juist. Voor alles wat we om ons heen zien, moet er eens een eerste keer geweest zijn. Dat deze eerste keer soms heel ver in het verleden ligt, realiseren we ons vaak niet. In veel gevallen blijken door de mens gevonden oplossingen voor technische problemen allang in de natuur te bestaan, alleen ontdekt men dit vaak pas achteraf.

Ik bedoel hier dus niet de situatie waarin de mens poogt de natuur direct na te bootsen, maar gevallen waarbij hij oplossingen voor problemen vindt, onafhankelijk van het feit dat deze in de natuur al veel eerder waren "uitgevonden".

Een typisch voorbeeld van directe nabootsing van de natuur is het pogen van de mens om te vliegen als de vogels. Het is bovendien een typisch voorbeeld van een streven dat niet met succes is bekroond. Alhoewel er in het begin van de luchtvaart vliegtuigen zijn ontworpen met klappende draagvlakken, zoals de vleugels van de vogels, zijn deze nooit succesvol geweest. Slechts de zweefvlucht van de vogels is met succes door de mens geïmiteerd.

De voortstuwing is uiteindelijk op een andere manier opgelost.

Waarschijnlijk ook een directe nabootsing van de natuur is het toepassen van pantsering bij mensen, voertuigen en



Al vanaf het Cambrium zijn dieren bekend met een harde schaal, een vorm van pantsering. Hoogstwaarschijnlijk heeft de mens echter bij het voor het eerst toepassen van pantsering met een schuin oog gekeken naar recente dieren, zoals de schildpad, de krokodil en andere zwaar gepantserde recente diersoorten.

## DE STRAALMOTOR

Nu we hierboven toch al in de luchtvaart verzeild zijn geraakt, zal ik hieraan ook maar een voorbeeld ontleen dat wel in het kader van dit artikel past.

Bij de straalmotor wordt lucht van voren aangezogen, door verbranden van brandstof in de motor verhit en daardoor aan de achterzijde met grote snelheid weer uitgestoten. Doordat de zo verhitte lucht met grote kracht naar achteren wordt uitgeblazen, wordt er op de motor (en dus op het vliegtuig dat hieraan vastzit) een kracht naar voren uitgeoefend, die het vliegtuig een voorwaartse snelheid geeft. Een fenomeen dat vaak wordt aangeduid met "actie = reactie".

Dit principe, om een aangezogen massa lucht naar achteren uit te stoten om daarmee een voorwaartse snelheid te bereiken, werd voor het eerst kort vóór de Tweede Wereldoorlog bij een straalvliegtuig in de praktijk toegepast, dus nu zo'n dikke vijftig jaar geleden. Behalve natuurlijk dat de inktvissen deze methode al vele duizenden jaren toepassen, en dat hun uitgestorven familieleden de ammonieten en hun voorgangers dit principe al vele miljoenen jaren geleden hebben "uitgevonden". Deze zogeheten Koppotigen (Cephalopoda) kunnen zich voortbewegen door water op te zuigen en dit door een soort straalpijpje (hyponoom) weer met grote kracht uit te blazen. Het gevolg hiervan is dat ze zelf met een flinke snelheid de andere kant op bewegen. Het tegelijkertijd uitstoten van een inktwolk helpt daarbij mee om aan hun eventuele vijanden te ontkomen (Lit. 1).

## BALLASTTANKS

Van een voorbeeld uit de hogere regionen van de dampkring

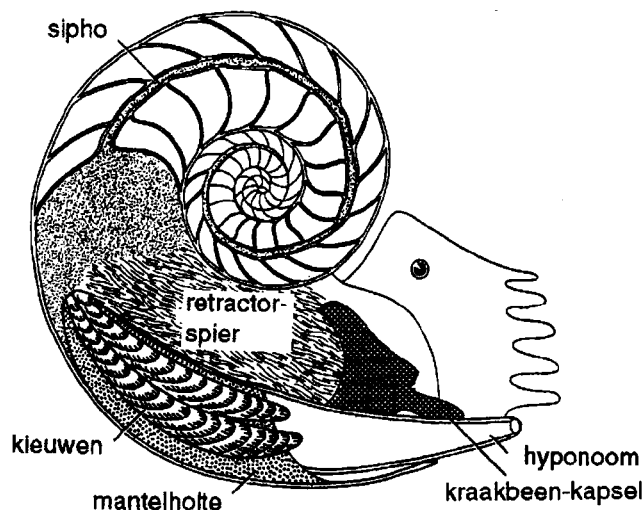
naar een voorbeeld onder de zeespiegel.

De diepte waarop een duikboot zich onder het zeeoppervlak bevindt, wordt geregeld met behulp van ballasttanks. Afb. 1.

In deze ballasttanks wordt water in- of uitgepompt al naar gelang men met de duikboot wil dalen of stijgen. Slim bedacht van de mens en een vinding die naar schatting niet ouder is dan twee eeuwen.

Als we echter gaan kijken naar de diergroep uit ons vorige voorbeeld, de Cephalopoda, dan blijkt dat miljoenen jaren geleden de ammonieten en hun verwanten op precies dezelfde manier de diepte waarop zij zich voortbewogen konden regelen.

Ze bezaten een buis (siphobuis) die door alle kamers van hun schelp liep en door middel waarvan water in deze kamers kon worden toegelaten of afgevoerd. Afb. 1. Hiermee werd de diepte onder de zeespiegel door het dier zelf geregeld (Lit. 1). Exact hetzelfde principe dus als tegenwoordig bij duikboten wordt toegepast.



Afb. 1. Doorsnee van een nautilus, met vereenvoudigde anatomie. Door het gekamerd deel van de schaal (boven) loopt de siphon, die een functie heeft bij het in stand houden van het hydrostatisch evenwicht. Door de hyponoom kan water vanuit de mantelholte met kracht naar buiten worden gestuurd, waardoor een achterwaartse beweging wordt veroorzaakt.

## ONDERZEEBOOTOPSPORING

We blijven nog even op zee. De duikboten die hierboven reeds ter sprake kwamen, worden door de vijand onder water opgespoord met behulp van geluidsgolven (SONAR = **SO**und **NA**avigation **ANd** **R**anging), een vinding ontwikkeld tijdens de Tweede Wereldoorlog. Een zender aan boord van een oppervlakteschip zendt onder water gedurende een korte periode geluidsgolven uit. Een deel van deze geluidsgolven wordt door voorwerpen

onder water, dus ook door duikboten, teruggekaatst. Deze echo wordt weer opgevangen door een ontvanger aan boord van het oppervlakteschip. Het tijdsverloop tussen het moment van het uitzenden van de geluidsgolf en het moment van ontvangst van de echo is een maat voor de afstand van het reflecterende voorwerp. Ook de richting waarin dit voorwerp zich bevindt kan bepaald worden, waarmee de juiste positie ervan bekend is.

Dit is dus de plaats waar de dieptebommen afgeworpen zouden moeten worden. Hetzelfde principe wordt tegenwoordig in de visserij toegepast om scholen vissen op te sporen.

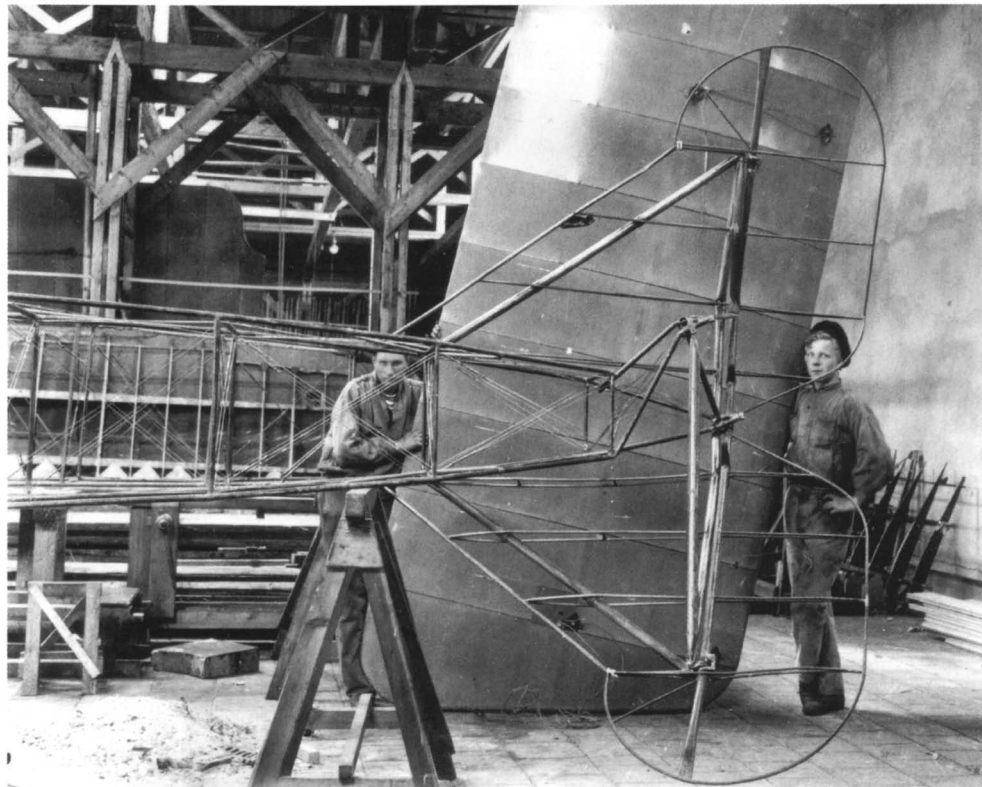
Een zeer vernuftige en geavanceerde uitvinding, maar vleermuizen navigeren en zoeken hun prooi op deze manier al vele duizenden jaren. Ze stoten tijdens het vliegen korte kreten uit met een zo hoge frequentie, dat die voor ons mensen niet hoorbaar zijn. De echo's van voorwerpen in hun vliegbaan zijn voor de vleermuizen wel hoorbaar. Aan de hand van het tijdsverloop tussen het uitstoten van het geluid en de ontvangst van de echo bepalen ze de afstand van het obstakel of de prooi. Door het gebruik van twee oren kunnen ze ook de richting bepalen. Met behulp van dit systeem is het voor hen mogelijk ook heel kleine insecten te detecteren en te vangen. Uit proefnemingen is zelfs gebleken dat ze in staat zijn zwarte draden, die in een volledig donkere ruimte waren gespannen, zonder moeite te ontwijken. Een nauwkeurigheid die vele malen beter is dan met de meest geavanceerde SONAR-apparaatuur bereikt kan worden!

Ook voor de toepassing van zo'n systeem onder water heeft de mens niet de primeur. Algemeen bekend is dat dolfijnen op dezelfde manier geluid gebruiken om te navigeren en voorwerpen op te sporen.

## HET WIEL

Het wiel is één van de belangrijkste uitvindingen van de mens. Onze wereld zou een totaal ander aanzien hebben, indien het wiel nooit was uitgevonden. Het juiste tijdstip van deze uitvinding is niet meer te achterhalen, maar ligt vele duizenden jaren achter ons.

De bekende Nederlandse graficus M.C. Escher heeft zich altijd onbevredigd gevoeld "over het in de natuur ontbreken van wielvormige, levende schepselen met het vermogen zich rollend voort te bewegen". Daarom ontwierp hij als grap in 1951 zo'n fictief wezentje, dat hij *Pedalternorotandomovens centroculatus articulatus* noemde, en waarvoor hij als volksnaam wentelteefje of rolpens suggereerde (Lit. 2). Waarschijnlijk had Escher nog nooit van zijn leven een klassieke Wild West film gezien. Liefhebbers van dit genre weten dat op het moment dat de held moet afrekenen met het gespuis, door de straten van het bijna verlaten stadje bolvormige plantendelen door de plotseling opstekende wind over het doek rollen. Het betreft hier de plant die in Amerika heel terecht *tumbleweed* heet. Deze plant, *Salsola australis*, is van Russische oorsprong en werd omstreeks 1877 in South Dakota per ongeluk door de mens geïntroduceerd. Tijdens de groei- en bloeiperiode heeft deze plant een bolvorm. Als het zaad rijp is, breekt het bovengrondse deel bij de wortel af en wordt door de wind al rollend over de vlakten geblazen. Doordat de bolvormige plant met vrij grote snelheid voortrolt worden de zaden, die in de oksels van de stijve, scherp gepunte blaadjes



Afb. 2. Buisconstructie bij een Fokker uit de begintijd van de luchtvaart. Foto Nationaal Luchtvaart Laboratorium.

zitten, uit hun omhulsel geslingerd (Lit. 3). Dat deze methode van verspreiding effectief is, bewijst het feit dat *tumbleweed* zich op het eind van de vorige eeuw tot een ware plaag in het midden en westen van de Verenigde Staten ontwikkelde. *Tumbleweed* is niet de enige plant die zo'n overlevingsstrategie ontwikkeld heeft, ook binnen de geslachten *Sisymbrium* en *Descurainia* komt dit voor.

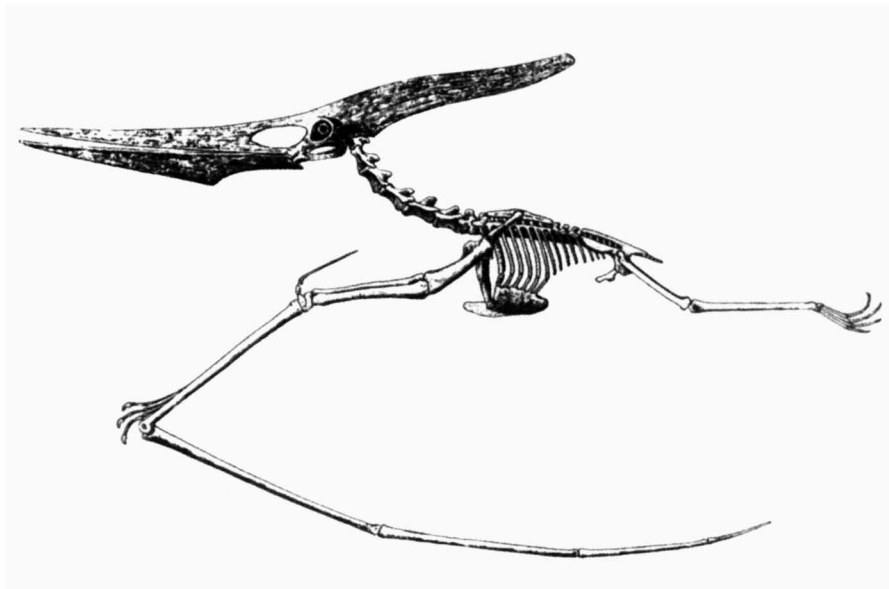
Alhoewel het beschreven fenomeen niet precies hetzelfde is als het gebruik van het wiel, zou men het als de driedimensionale representant ervan kunnen beschouwen. Alweer dus een menselijke uitvinding die in de natuur reeds bestond, want de zaden van *Salsola australis* zijn door archeologen reeds gevonden in de oudste landbouwnederzettingen van Eurazië.

## BUISCONSTRUCTIES

Daar waar bij constructies niet alleen de sterkte en stijfheid, maar ook het gewicht van belang is, heeft de mens altijd gezocht naar methoden om de verhouding tussen deze grootheden te optimaliseren. In de praktijk bleek dat holle constructiedelen, zoals buizen, een veel betere verhouding stijfheid : gewicht bezaten dan massieve delen. In de vliegtuigbouw, waar met name het gewicht een zeer belangrijke, zo geen doorslaggevende rol speelt, werden dan ook al vanaf de beginjaren buisconstructies toegepast. Afb. 2. Anthony Fokker heeft zelfs tot aan de Tweede Wereldoorlog zijn produkten, zowel de verkeersvliegtuigen als de militaire toestellen, voorzien van een romp uit gelaste staalbuizen (Lit. 4), maar ook zo'n aards vervoermiddel als de fiets maakt gebruik van buisconstructies. Dat echter de natuur dit foefje al veel langer onder de knie had mag blijken uit de holle beenderen van de Pterosauriërs (Lit. 5). Ook hierbij gewichtsbesparing zonder dat sterkte en stijfheid nadelig werden beïnvloed. Voor dezelfde toepassing een zelfde oplossing, de één alleen miljoenen jaren ouder dan de andere.

## AÉRODYNAMISCH GEBALANCEERDE ROEREN

We blijven nog even in de luchtvaart. In de dagen dat deze nog min of meer in de kinderschoenen stond, de periode vóór de Tweede Wereldoorlog, werden de roeren van een vliegtuig nog met handkracht bediend. De krachten die de vlieger op de stuurknuppel of op het stuurwiel uitoefende werden met behulp



Afb. 3C. *Pteranodon* was een reusachtig vliegend reptiel uit de Krijt-periode, met een vleugelspanwijdte tot 8 meter en voorzien van een grote, benige kam.

dan niet meer in de vliegrichting staande, lange bek een kracht die poogt de kop nog verder te verdraaien. Om dit tegen te gaan zou *Pteranodon* zeer zware nekspieren moeten bezitten.

Het door de lucht op de kop uitgeoefende moment wordt echter tegengewerkt door de kracht op de grote benige kam achterop de schedel (Lit. 6). Een soortgelijke oplossing als het aëro-dynamisch gebalanceerde roer uit de vliegtuigbouwkunde. De kam op de schedel van *Pteranodon* geeft tevens een groot aanhechtingsoppervlak voor de toch nog krachtige nekspieren, maar dat terzijde.

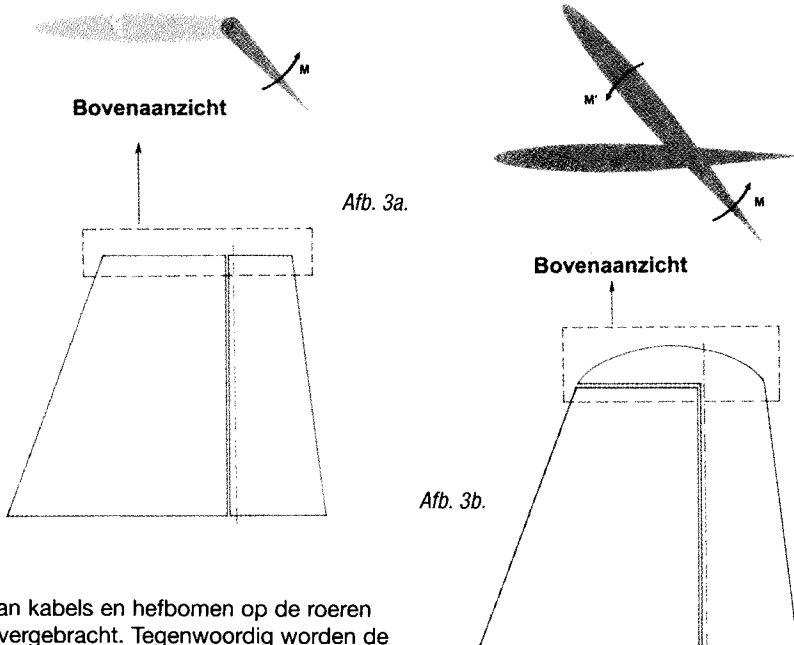
### DIEPTEROEREN BIJ DUIKBOTEN

Laten we voor ons volgende voorbeeld voor de afwisseling maar weer eens met een duikboot onder water duiken. We hebben in een voorgaand voorbeeld al gezien, dat de diepte onder het wateroppervlak geregeld kan worden met behulp van ballasttanks. Tijdens het varen onder water kunnen echter om te duiken en te stijgen ook de draagvlakken aan de zijkant van de duikboot gebruikt worden. Door de stuurvlakken een hoek te geven ten opzichte van de stromingsrichting van het water verandert de verticale positie van de duikboot. Dezelfde techniek om te stijgen en te dalen heeft hoogstwaarschijnlijk *Diplocaulus* reeds in het Onder-Perm gebruikt. Deze in het water levende amfibie bezat geen draagvlakken aan de zijkant van de romp, maar gebruikte hiervoor naar aangenomen wordt zijn boemerangvormige kop. Door al zwemmende de hoek van zijn kop ten opzichte van de stromingsrichting te veranderen

was het dier in staat om snel te stijgen of te duiken, een kunstje dat hem van pas zal zijn gekomen in de strijd om te overleven (Lit. 6).

### VLEUGELNEUSKLEPPEN

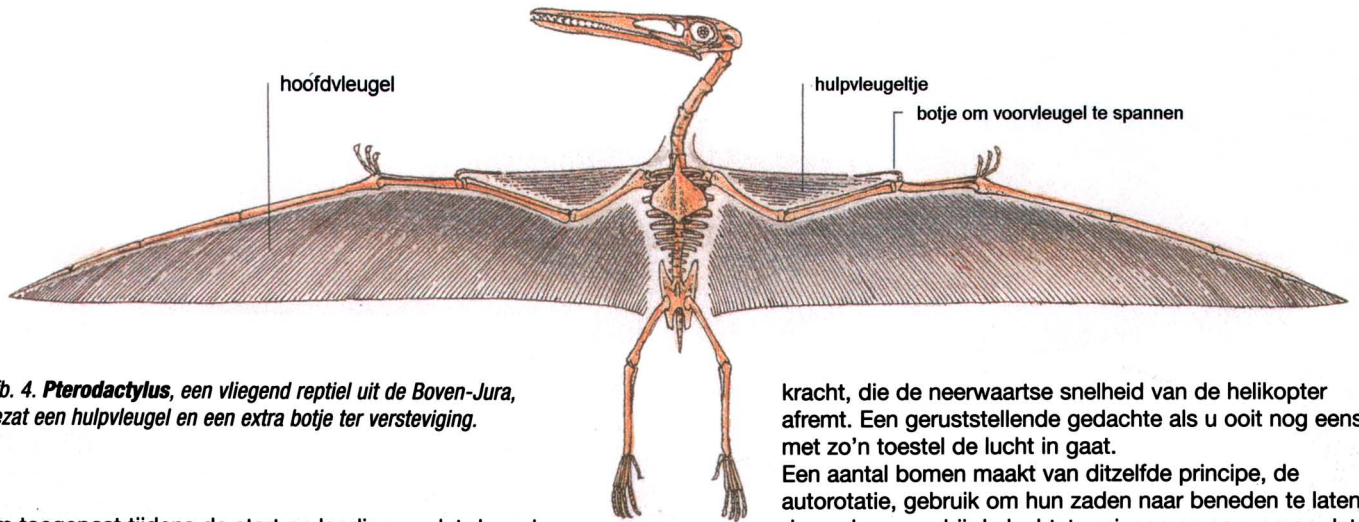
Nat geworden onder water, verheffen we ons weer in de lucht. In de luchtvaart, en daar niet alleen, geldt het devies "groter, sneller, hoger" en dat zo mogelijk nog goedkoper ook. Maar hoe groter en dus zwaarder de vliegtuigen en hoe hoger de kruissnelheid, des te hoger de start- en landingssnelheid is en des te langer de startbanen moeten zijn teneinde het vliegtuig voldoende snelheid te laten ontwikkelen om zich in de lucht te verheffen. Het zal dus niet verwonderlijk zijn dat naarstig onderzoek is gedaan naar methoden om het vliegtuig, naast een hoge kruissnelheid, een lage start- en landingssnelheid te geven. Dit kan men in principe bereiken door het vleugeloppervlak bij lage snelheden te vergroten en de vorm van het vleugelprofiel (de doorsnede van de vleugel) te wijzigen. Bij de huidige moderne vliegtuigen worden naast vleugelkleppen aan de achterrand van de vleugel die bij lage snelheid uitgekapt kunnen worden om het vleugeloppervlak te vergroten en het profiel te veranderen, ook neuskleppen aan de voorrand van de vleugel toegepast. Deze neuskleppen of *slats* worden eveneens bij lage snelheden uitgekapt en hebben tot doel de vleugeleigenschappen (en met name de draagkracht) te verbeteren. Deze neuskleppen worden daar-



van kabels en hefbomen op de roeren overgebracht. Tegenwoordig worden de door de vlieger uitgeoefende krachten vaak hydraulisch of elektrisch versterkt, waardoor dus veel minder kracht van de vlieger geëist wordt. Het zal duidelijk zijn dat in de goede oude tijd de krachten die op een roer moesten worden uitgeoefend, met name bij grotere roerooppervlakken, nogal aanzienlijk waren. Om deze krachten enigszins te verminderen werden daarom vaak zogeheten aëro-dynamisch gebalanceerde roeren toegepast. Bij dit soort roeren scharnierde niet alleen een deel van het draagvlak achter de roeras, maar ook een deel dat vóór de roeras gelegen was. De aëro-dynamische krachten op het deel vóór de roeras verminderde de benodigde kracht om de gewenste roeruitslag tot stand te brengen. In afb. 3A is M het aëro-dynamische moment dat tracht het roer in de neutrale stand terug te draaien. Dit moment moet overwonnen worden door de kracht die door de vlieger geleverd wordt om de gewenste roeruitslag te bewerkstelligen. In afb. 3B wordt dit moment M ontlast door het tegengestelde moment M', waardoor de van de vlieger vereiste kracht wordt verminderd. Het moment M wordt geleverd door het deel van het roer dat achter de roeras ligt, het moment M' door het deel vóór de roeras. Een ingenieuze vinding van een in de vergetelheid geraakte luchtvaartpionier.

Reizen we nu even in gedachten een fors aantal miljoenen jaren terug in het verleden, naar het Boven-Krijt. We zien daar *Pteranodon*, een vliegend reptiel, door het luchtruim zweven. Afb. 3C. Het verdraaien van zijn kop bij het speuren naar prooi tijdens het vliegen veroorzaakt door de luchtweerstand van de





Afb. 4. *Pterodactylus*, een vliegend reptiel uit de Boven-Jura, bezat een hulpvleugel en een extra botje ter versteviging.

om toegepast tijdens de start en landing, zodat door de verhoogde draagkracht van de vleugel het vliegtuig bij lagere snelheden nog in de lucht blijft. Een draagkrachtverhogende methode, die slechts na veel en duur experimenteel onderzoek in windtunnels is ontwikkeld.

Maar ja, u raadt het reeds, de natuur was ons weer voor. *Pterodactylus*, een vliegend reptiel uit de Boven-Jura, bezat vóór zijn grote vleugel een hulpvleugeltje, dat gespannen kon worden met behulp van een speciaal botje in het polsgewricht, en dat diende om de vliegeigenschappen bij lage snelheden te verbeteren (Lit. 6). Afb. 4.

#### AUTOROTATIE BIJ HELIKOPTERS

We komen met ons volgende voorbeeld weer terug bij de luchtvaart, deze keer bij de helikopters, waarvan de eerste pas in de jaren '20 vlogen. Afb. 5. Iedereen weet wel dat deze apparaten verticaal kunnen opstijgen en landen, maar niet iedereen zal weten dat bij het uitvallen van de motor, ondanks het ontbreken van vleugels, nog een veilige landing gemaakt kan worden. Zo'n landing noemt men een landing met autorotatie. Het is zelfs



Afb. 5. Autorotatie bij een helikopter. (Foto Nat. Luchtvaart Lab.)

mogelijk om hierbij een voorwaartse snelheid te ontwikkelen, waardoor de keuze van het landingsgebied wordt verruimd. Doordat het toestel daalt ten opzichte van de lucht, wordt de hefschroef door de luchtstroom aangedreven in plaats van door de motor. De hefschroef ontwikkelt daardoor een dragende

kracht, die de neerwaartse snelheid van de helikopter afremt. Een geruststellende gedachte als u ooit nog eens met zo'n toestel de lucht in gaat.

Een aantal bomen maakt van ditzelfde principe, de autorotatie, gebruik om hun zaden naar beneden te laten dwarrelen, waarbij de luchtstromingen ervoor zorgen dat ze op enige afstand van de moederboom terechtkomen.

Het bekendste voorbeeld van dit soort bomen is ongetwijfeld de esdoorn met zijn bekende gevleugelde vruchtjes. (Lit. 7).

#### DE PARACHUTE

Een andere manier om veilig aan de grond te komen bij ernstige problemen tijdens het vliegen is natuurlijk met een parachute. Aan deze uitvinding danken al veel piloten hun leven.

Deze menselijke uitvinding is echter op hetzelfde principe gebaseerd als de methode die zwevende reptielen, zoals *Icarosaurus* en *Kuehneosaurus*, reeds in de Trias gebruikten. Bij deze reptielen was een aantal ribben extreem lang uitgroeid, tussen deze ribben was huid gespannen dat bij sprongen vanuit een boom naar de grond of tussen bomen onderling als een soort parachute werkte (Lit. 6). Ook tegenwoordig kennen we veel van dit soort "parachutisten", zowel bij reptielen (vliegende hagedissen met huidvliezen langs de zijkant van de romp), en amfibieën (kikkers met extreem grote vliezen tussen de vingers en tenen), als bij zoogdieren (vliegende eekhoorns en vliegende lemuren met huidplooiën tussen vóór- en achterpoten) komen ze voor.

#### MISLEIDINGSTECHNIEKEN

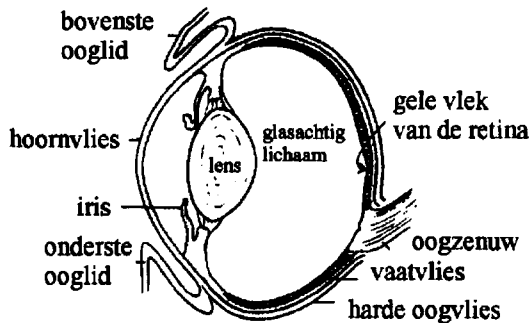
Het lijkt wel of de mens in oorlogstijd extra vindingrijk is. Veel uitvindingen hebben dan ook hun oorsprong in een tijd van oorlog of oorlogsdreiging. In tijden van oorlogsdreiging is het onzichtbaar maken van de eigen installaties en manschappen door middel van camouflage één van de strategieën om de vijand in het ongewisse te laten over de sterkte van de eigen troepen. In oorlogstijd is camouflage zelfs letterlijk van levensbelang, vandaar de legervoertuigen met groene camouflagekleuren, de soldaten met zwarte gezichten en takken op hun helm en de camouflage-netten om allerlei installaties te verbergen. Ook het tegenovergestelde van camoufleren, het nabootsen van bijvoorbeeld vliegtuigen en tanks door middel van bordkarton en piepschuim heeft tot doel de vijand te misleiden. Zolang de mens oorlog voert - en heeft hij dat ooit niet gedaan? - heeft hij misleidingstechnieken toegepast.

De strijd om het voortbestaan in de natuur is eigenlijk één continue oorlogvoering. Nu u al zover gevorderd bent met dit artikel, zal het bij u geen verwondering wekken, dat ook daarbij camouflage wordt toegepast. Voorbeelden hiervan zijn er te over. Het bezit van schutkleuren bij allerlei dieren is er een mooi voorbeeld van, of de algemeen bekende wandelende takken. Het tegenovergestelde, het suggereren van eigenschappen die het dier niet bezit, komt eveneens voor en wordt mimicry genoemd. Een voorbeeld hiervan is een ongevaarlijke diersoort die sprekend op een gevaarlijke soort lijkt, zoals zweefvliegen die sprekend op wespen lijken. Ook de grote 'ogen' op de vleugels van sommige vlindersoorten is een manier om tegenstanders schrik aan te jagen door groter en gevaarlijker te lijken. Alhoewel voorbeelden van camouflage en mimicry bij fossielen nauwelijks zullen zijn aan te tonen, is het toch wel aannemelijk dat dit soort praktijken ook miljoenen jaren geleden al voorkwam.

Maar het zal nog wel even duren voordat door de mens een camouflage-methode ontwikkeld wordt die kan wedijveren met die van bijvoorbeeld de kameleon. Dit dier kan namelijk zijn huidskleur aanpassen aan de omgeving en heeft dus een variabele schutkleur.

### HET DIAFRAGMA

Het fototoestel, als uitvinding zo'n dikke eeuw oud, maakt gebruik van een diafragma. Dit is een constructie die de mogelijkheid geeft de hoeveelheid licht die de lichtgevoelige laag van de film raakt, te regelen. Dit diafragma bevindt zich tussen de lens en de film en bestaat in wezen uit niets anders dan een gat met een variabele grootte. Hoe groter het gat, hoe meer licht en hoe kleiner het gat hoe minder licht per tijdseenheid de lichtgevoelige laag bereikt. Bij oudere camera's moet de grootte van het diafragma met de hand worden ingesteld aan de hand van de gemeten lichtintensiteit. De huidige camera-generatie meet de lichtintensiteit en stelt het diafragma automatisch in. Een automatisch diafragma gekoppeld aan de lichtmeting, een

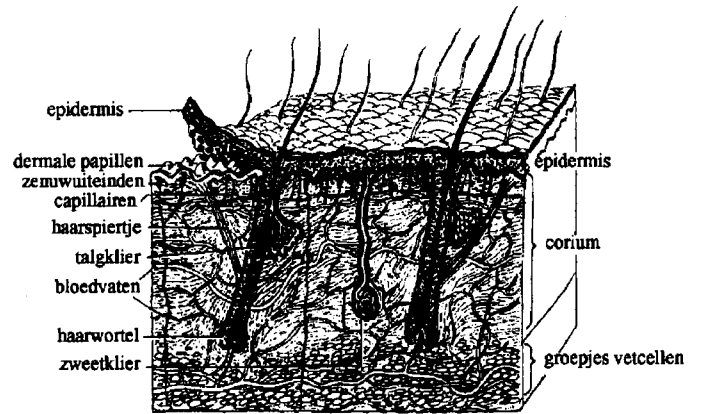


Afb. 6. Diafragma bij het oog (naar A.S. Romer: De gewervelde dieren).

vinging van de laatste kwart eeuw zou je zeggen. Maar ja, u begrijpt het al .... De iris in ons oog en in dat van heel veel diersoorten is een diafragma, waarvoor de camera-industrie goudgeld zou willen geven als u dit voor inbouw in een camera zou kunnen leveren. Afb. 6. De iris vervult in ons oog namelijk dezelfde functie als het diafragma in uw camera. Bij weinig licht vertoont ons oog een wijde pupil, dat wil zeggen meer licht naar de lichtgevoelige cellen van ons netvlies. Bij veel licht wordt de pupil door de iris automatisch geknepen om overbelichting te voorkomen (Lit. 5). En dat alles gebeurt met zo'n precisie en heeft zo'n reikwijdte dat hieraan zelfs de duurste camera niet kan tippen. En dat nog een mensenleven lang ook, zij het dat de hulp van een voorzetlens in de vorm van een bril in een aantal gevallen, zeker op latere leeftijd, nodig is.

### KOELING DOOR VERDAMPING

In veel tropische en subtropische landen behoort de waterverkoper tot het vertrouwde straatbeeld. Als u daar op vakantie bent, verdient het echter geen aanbeveling om een glaasje water bij hem te kopen, omdat wij westerlingen zeer gevoelig zijn voor de verontreinigingen die hoogstwaarschijnlijk in dat water aanwezig zullen zijn. Zoudt u dat echter toch doen, dan zult u opmerken dat dit water opmerkelijk koel is, ondanks de hoge buitentemperatuur en de tijdsduur dat de man zijn water ronddraagt. Hoe bereikt hij dat nu zonder ingebouwd koelelement in zijn waterservois? De potten waarin de watervoorraad bewaard wordt zijn enigszins poreus, zodat door de potwand heen continu een kleine hoeveelheid water lekt. Dit water zal op de buitenwand van de pot verdampen. Voor verdampen is echter energie nodig en deze verdampingsenergie wordt, in de vorm van warmte, onttrokken aan de pot en zijn inhoud. Het gevolg is dat de pot en het zich erin bevindende water afkoelen. Vandaar het relatief koude water dat u bij de waterverkoper verstrekt krijgt. Een simpele en goedkope methode om door verdamping van water iets koel te houden.



Afb. 7. Zweetklier in de huid (naar Romer).

De natuur heeft deze uitvinding reeds bij de introductie van de zoogdieren in de praktijk gebracht. Zoogdieren bezitten een lichaamstemperatuur die over het algemeen in grote mate onafhankelijk is van de omgevingstemperatuur. Dit vereist een hoge verbrandingssnelheid van het voedsel. In sommige gevallen, bijvoorbeeld als de buitentemperatuur hoog is, kan deze verbrandingssnelheid te veel warmte leveren, die dan weer afgevoerd moet worden. Dit afvoeren van de te veel geproduceerde warmte geschiedt bij de zoogdieren en dus ook bij de mens door zweten of transpireren. Zweetklieren, die in de huid liggen, scheiden vocht af dat verdampt. Afb. 7. Hiervoor wordt de benodigde verdampingsenergie, in de vorm van warmte, onttrokken aan het lichaam, dat daardoor gekoeld wordt (Lit. 5). De poreuze pot van de waterverkoper in een iets andere vorm.

### KERNCENTRALES

Een van de meest omstreden uitvindingen van de mens is de opwekking van kernenergie. Bij dit proces vallen de atomen van de uranium-isotoop U-235 uiteen in atomen van twee nieuwe, lichtere elementen. Bij deze kernreactie komt energie vrij. De ontdekking van het principe van kernenergie dateert van vrij kort voor de Tweede Wereldoorlog, terwijl de praktische toepassing ervan in kerncentrales niet ouder is dan zo'n veertig jaar. Het controversiële van de toepassing van kernenergie zit hem in twee aspecten:

- Hoe kunnen we het proces zo beheersen, dat het risico dat dit proces uit de hand loopt en de kerncentrale verandert in een (explosieve) bron van radioactieve vervuiling, praktisch nul is?
- Waar moet je heen met de radioactieve restproducten, die een zeer lange levensduur hebben?

Problemen waarvoor het vernuft van de mens (nog) niet groot genoeg is om deze bevredigend op te lossen.

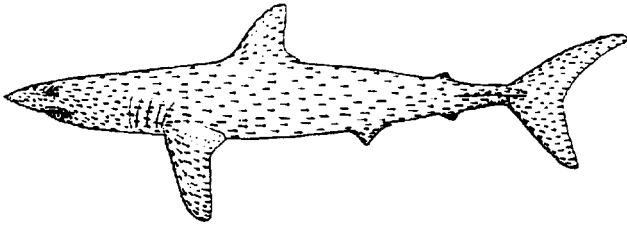
In 1956 werd reeds het idee geopperd dat er mogelijk in het verleden natuurlijke kernreactoren hebben bestaan. Het duurde echter tot 1972 voor een dergelijk fenomeen in Oklo, Gabon, in werkelijkheid werd ontdekt (Lit. 8). Op deze plaats waren de omstandigheden 1,8 miljard jaar geleden van dien aard dat ongeveer 600.000 jaar lang een natuurlijke kernreactor in stand werd gehouden. Hier moet in die periode in het verleden een relatief grote concentratie U-235 aanwezig zijn geweest. Het vermogen van deze natuurlijke reactor is niet hoger geweest dan enkele tientallen kiloWatts. Dit vermogen is natuurlijk maar een schijntje vergeleken met dat van de huidige kerncentrales, maar het principe van zo'n centrale was hier op aarde dus reeds 1,8 miljard jaar geleden bekend.

### WEERSTANDSVERMINDERING

Het vermogen dat nodig is om een lichaam met een bepaalde snelheid door de lucht of het water voort te bewegen is rechtstreeks afhankelijk van de weerstand die dit lichaam hierbij ondervindt. Hoe lager de weerstand, hoe lager dus het benodigde vermogen om bijvoorbeeld een vliegtuig of een schip voort te bewegen. Het zal dus duidelijk zijn dat vliegtuigbouwers en

scheepsbouwers, en niet te vergeten autoconstructeurs, heel wat geld en mensuren investeren om de weerstand van hun produkten zo laag mogelijk te maken, opdat het brandstofverbruik zo laag mogelijk is.

De totale weerstand van een zich voortbewegend vliegtuig, schip of auto is opgebouwd uit een aantal componenten, waarvan de wrijvingsweerstand er één is. Deze wrijvingsweerstand is een gevolg van de wrijving tussen de lucht- of waterdeeltjes en de vliegtuig-, scheeps- of autohuid. Tot ongeveer 15 jaar geleden had men dan ook het idee dat de wrijvingsweerstand zo laag mogelijk is als de huid van het voertuig zo glad mogelijk gemaakt wordt. In 1978 ontdekte men echter in de Verenigde Staten dat een wand met heel fijne groefjes of ribbeltjes in de richting van de stroming minder weerstand oplevert dan een volledig gladde wand (Lit. 9 en 10). Uit nader onderzoek bleek dat dit een gevolg is van de beïnvloeding van de turbulentie van de stroming in de onmiddellijke nabijheid van de huid. De ont-



Afb. 8. Groefjes in de huid bij bepaalde haaien kunnen de weerstand in het water verminderen en dus de snelheid verhogen. Lit. 9.

dekking dat heel fijne ribbeltjes in de stromingsrichting een weerstandsverlagend effect hebben werd o.a. reeds toegepast in 1984 op roeiboten tijdens de Olympische Spelen van Seoel en in 1987 bij het winnende jacht Stars and Stripes tijdens de bekende zeilrace om de America Cup. Ook de vliegtuigindustrie doet naarstig onderzoek naar de praktische toepassing van dit principe in de luchtvaart.

In 1982 rapporteerden twee Duitse paleontologen dat de huid van snelzwemmende recente haaien niet glad is, zoals bij langzamere soorten, maar kleine groefjes in de lengterichting vertoont (Lit. 9, 10). Later bleek dat dit soort groefjes ook werd gevonden bij 100 miljoen jaar oude fossiele haaien uit het Krijt. Afb. 8.

Bij recente snelle haaien werden de maximale snelheden gemeten die deze beesten in het water bereikten. Daarnaast werd aan de hand van de door de haaien verorberde hoeveelheid voedsel (dit geeft de beschikbare energie) en de berekende weerstand van de haaien met een *theoretisch gladde* huid (dit geeft de benodigde energie) de te verwachten maximale snelheden van de dieren berekend. Deze berekende maximale snelheden waren in alle gevallen lager dan de daadwerkelijk gemeten maximale snelheden. De conclusie is dan ook gerechtvaardigd dat de werkelijke opbouw van de haaienhuid met de genoemde groefjes een lagere weerstand moet hebben dan een geheel gladde huid. Een teken dat haaien al zeker 100 miljoen jaar gebruik maken van een fenomeen dat de mens pas onlangs ontdekte.

### PARABOLISCHE SPIEGELS EN ANTENNES

De schotelantennes voor het opvangen van door satellieten uitgezonden TV-signalen zijn een meestal weinig fraaie aanwinst van de laatste jaren. De parabolische dwarsdoorsnede van de schotels zorgt ervoor dat de relatief zwakke signalen in één punt (het brandpunt) geconcentreerd worden, zodat hierdoor het ontvangen signaal sterker wordt. Deze parabolische antennes voor het opvangen van elektromagnetische golven hebben een aantal grote broertjes die al enige jaren ouder zijn: de radiotelescopen. Radiotelescopen vangen elektromagnetische golven van verre sterrenstelsels op en versterken deze. Een aantal van deze grote radiotelescopen zijn te zien in Drenthe in de omgeving van Dwingeloo. De oudste schotel hier dateert van kort na de Tweede Wereldoorlog.

Familie van deze radiotelescopen zijn natuurlijk de spiegeltelescopen, die hetzelfde doen als de radiotelescopen, maar dan met zichtbaar licht. Ook hier wordt het zwakke lichtsignaal versterkt door het te concentreren in het brandpunt. In de oudheid werd dit principe al toegepast door met behulp van de zonnestralen en een spiegel vuur te ontsteken. En de mens zou de mens niet zijn als hij deze methode ook niet in oorlogstijd had gebruikt. De schepen van de Romeinen die in het jaar 213 voor Christus Syracuse belegerden, werden op aanraden van Archimedes in brand gestoken met behulp van zonnestralen en een batterij parabolische spiegels.

Omgekeerd werkt het principe van deze parabolische spiegels ook. Een licht in het brandpunt van zo'n spiegel levert een evenwijdige lichtbundel die goed met deze spiegel te richten is. Het meest voor de hand liggende voorbeeld is natuurlijk de reflector van een zaklantaarn of van de koplamp van je fiets of auto.

Maar ook geluid is te bundelen met een parabolische spiegel. In het Teylers Museum in Haarlem heeft men in een hoek van een grote zaal een horloge in het brandpunt van zo'n spiegel gehangen. Dit levert een evenwijdige bundel geluid dwars door de zaal, deze bundel wordt aan de andere kant weer door een parabolische spiegel opgevangen en geconcentreerd in het brandpunt. Als je nu je oor vlak bij de laatste spiegel houdt hoor je heel duidelijk het tikken van het horloge dat zich aan de andere kant van de zaal bevindt.

Slimme vondsten van de mens, zou je zeggen. Maar ja, ook hier is het weer hetzelfde liedje, de natuur is de mens heel wat jaartjes voor geweest. Een Europese sprinkhaansoort draagt op zijn rug een relatief grote parabolische antenne, die erg veel weg heeft van een kleine radiotelescoop. Deze antenne wordt gebruikt om het door hem geproduceerde geluid, dat vrouwelijke exemplaren aantrekkelijk blijken te vinden, te bundelen en te laten horen over grote afstanden.

Ik heb in het voorgaande gepoogd een opsomming te geven van een aantal menselijke uitvindingen die op een veel vroeger tijdstip, zij het in een andere vorm, reeds in de natuur voorkwamen. Waarschijnlijk waren een aantal van bovengenoemde voorbeelden al bij u bekend. Als ik u bij enige toch een beetje verrast heb, dan is het doel van dit artikel in elk geval bereikt. Ik besef dat ik in dit overzicht niet volledig ben geweest, dat was ook mijn opzet niet. Toen eenmaal mijn aandacht op het beschreven fenomeen gevestigd was, kwamen deze voorbeelden naar boven borrelen. Mocht u voorbeelden kennen of ontdekken die niet in dit artikel behandeld zijn, dan houd ik me aanbevolen voor eventuele aanvullingen. Mochten er leuke of frappante zaken naar voren komen, dan kunnen deze in de toekomst misschien nog leiden tot een vervolgartikel over dit onderwerp.

### Geraadpleegde literatuur:

1. Paleontologie van de Ongewervelden, *Gea* vol. 26 nr. 1 (maart 1993)
2. De Werelden van M.C. Escher, *Uitg. Meulenhoff, Amsterdam, december 1971*
3. Tumbleweed, J.A. Young, *Scientific American, maart 1991*
4. Fokker, Bouwer aan de Wereldluchtvaart, Thijs Postma, *Uitg. Romer, Haarlem, 1981*
5. De Gewervelde Dieren, A.S. Romer, *Aula-pocket 466-467, 1971*
6. The Reign of the Reptiles, M.J. Benton, *Uitg. Crescent Books, New York, 1990*
7. Elseviers bloemengids. De wilde bloemen van Noordwest-Europa, R. & A. Fitter/M. Blamey, *Uitg. Elsevier, Amsterdam/Brussel, 1976*
8. Kernreactoren, een natuurlijk geologisch fenomeen, *Gea* vol. 12 nr. 2 (juni 1979)
9. Weerstandsverlagende ribbeltjes, A.D. Schwarz-van Manen, *Ned. Tijdschr. voor Natuurk. 59/7 (6 april 1993)*
10. Secrets of a perfect skin, *New Scientist 18 januari 1997.*