

THOMAS MACKEN

BEWEGEN

BEGRIJPEN

KLEIN HANDBOEK

OVER JE

ADEMHALING,

HART EN SPIEREN

TIJDENS

INSPANNING

LUCHT



Inhoud

Inleiding	7
HOOFDSTUK 1	
Zuurstof en ademhaling	12
HOOFDSTUK 2	
Longen, hart en bloedvaten	46
HOOFDSTUK 3	
Spiereen en stofwisseling	66
HOOFDSTUK 4	
Training	90
HOOFDSTUK 5	
Beter worden	120
HOOFDSTUK 6	
Trainingsprincipes: aerobe en anaerobe training	136
HOOFDSTUK 7	
Spreekuur van de sportarts	144
HOOFDSTUK 8	
Spreekuur van de fysiotherapeut	150
Dankwoord	157
Nawoord	159
Noten	161

Inleiding

We voelen of ruiken het niet.

We merken niet hoe het ons omringt.

Onzichtbaar als het is, kijken we er dwars doorheen.

We hebben het niet door, maar toch kunnen we geen minuut zonder.

Het is onze basis, en maakt leven mogelijk: zuurstof.

In dit boek neem ik je mee op reis door je lichaam. Ik laat je het belang van zuurstof beseffen door deze stof te volgen tot op de plek waar het alles mogelijk maakt wat jou doet leven: je beweging, je stofwisseling en je groei. Daarmee komen we ook direct op het veel bredere onderwerp van fitheid en conditie: wat is dat dan? Hoe kan ik gezond en beweeglijk blijven? Wat gebeurt er als ik niet harder kan lopen? Verzuurt m'n hele lichaam? En zo ja, is dat dan erg?

Misschien beweeg je weinig en krijg je er na het lezen van dit boek zin in. Of mogelijk ben je al sporter en begrijp je dankzij dit boek beter wat je (letterlijk!) beweegt. Ik hoop hoe dan ook dat dit boek je 'beweegt' om te bewegen.

De wetenschap die onderzoekt wat er in je lichaam gebeurt tijdens bewegen, heet ‘inspanningsfysiologie’: dat is het begrijpen hoe je longen, hart en spieren nauwkeurig moeten samenwerken om je te doen inspannen (en daarmee te leven, sporten, werken en zorgen). Dit geeft inzicht in hoe het menselijk lichaam zich aanpast om efficiënt met beweging om te gaan. Hoe meer je beweegt, des te beter je wordt in dat bewegen. Als je altijd op de bank ligt dan smelten je spieren weg als een ijsje in de zon.

Als longarts werk ik nauw samen met sportartsen bij de metingen en het bespreken van inspanningstesten. Bij die onderzoeken fietst de patiënt op een hometrainer en meten we zo alles wat met conditie, hart, longen en spieren te maken heeft. Zo kan er worden vastgesteld waarom je bijvoorbeeld kortademig bent of maar weinig inspanning aankunt. Als we samen met de longfunctieanalisten en artsen in opleiding voor het scherm staan en kijken naar alle grafieken en uitslagen die zich tijdens de test uitrollen, zien we voor ons hoe je lichaam tot in de kleinste haarvaten en cellen deze inspanning mogelijk maakt en wat er goed gaat of juist blokkeert in jouw lichaam. Het is complexe materie, maar ik zal dit in het boek op een heldere manier begrijpelijk maken.

Er is nog een reden om dit boek te schrijven: ik wil het plezier laten voelen, de pret en het mooie van alles wat met inspanning en sport te maken heeft. Het samen uitgeput, vuil en nat worden, en nadien dat gelukzalige moment ervaren je lichamelijke moe maar voldaan te voelen... dat is het.

Hier aan het begin van dit boek wil ik je voorstellen aan de ‘beweger’. Je herkent een beweger al snel: zij of hij is graag actief op het lichamelijke vlak. De beweger neemt altijd de

trap en nooit de lift, doet dit eerder hollend dan wandelend, springt liever op de fiets dan in de auto, is na het werk nog aan het klussen of aan het rommelen en zit weinig stil. Een beweger kan oud of jong, strak of zwaar, zenuwachtig of de rust zelve zijn, dat maakt niet uit... je kent er vast wel een paar of bent er mogelijk zelf een.

Naast deze eerste groep met vooral alledaagse bewegers is er de groep ‘sporters’: eigenlijk zijn dit de hobby- of soms zelfs beroepsbewegers. Daar hoort natuurlijk de juiste uitrusting, kleding en het bijpassende sportieve taalgebruik bij, want met veel oefening maak je als beweger uiteindelijk deel uit van een sportieve gezamenlijke bubbel. Het heerlijke van sporten is hetzelfde als het gevoel nadat je superlekker hebt gegeten: als je het nooit hebt geproefd dan weet je niet eens wat je mist, maar wie er eenmaal van geniet kan bijna niet meer zonder. Zowel de ‘bewegers’ als de ‘sporters’ komen in de volgende hoofdstukken aan bod, want in de basis is de werking van het lichaam voor iedereen gelijk.

Maar moeten we per se alles begrijpen wat in ons lichaam gebeurt? Alleen als je dat wilt, want je lichaam functioneert ook prima zonder het tot in detail te doorgronden. Toch stellen veel mensen me keer op keer dezelfde vragen over de manier waarop hun lichaam beweegt en hoe ze dit kunnen verbeteren: hoe hard kan mijn hart nu eigenlijk echt? Wanneer verzuur ik? Kan ik nog fitter worden? Waarom moet ik zo hijgen? Over juist die vragen gaat dit boek.

Misschien weet jij al veel over de menselijke biologie of mogelijk heb je juist een heel andere achtergrond, werk of hobby. Daarom probeer ik aan de basis te beginnen: je eigen lichaam. Want dat zie je en voel je. Maar wat dat zien

en voelen van je lichaam werkelijk betekent, blijft verborgen zonder de kennis die we samen zullen doornemen.

Duizelt alle informatie je en verlies je de draad van het verhaal? Lees dan één deel en neem gerust wat tijd om soms even terug te bladeren. Voor als je meer de diepte in wilt gaan en meer wilt weten, zijn er de kaders: daar ga ik dieper in op de inspanningswetenschap of volgt een praktisch voorbeeld. Het boek is nadrukkelijk níét bedoeld als cursus: je kunt dus ook achteraan beginnen of juist iets nog een keer teruglezen. Laat je het boek vooral liggen op je keukentafel om af en toe een hoofdstuk door te nemen of lees je het liever in één keer uit? Het kan allemaal.

Ik heb *Bewegen begrijpen* geschreven naar beste vermogen. De kennis van het lichaam heb ik in mijn opleiding tot arts meegekregen; zowel alle feiten over dat wat goed functioneert als de wetenschap over wat er bij ziekte of een blessure fout kan gaan. Over deze algemeen bekende basisfeiten zijn daarom geen referenties of noten toegevoegd. Uitgebreidere informatie of details worden uitgelegd met de referenties als voetnoten in het overzicht aan het einde van het boek. Het is vooral als basisboek voor alle lezers bedoeld. Specialisten of wetenschappers zullen zich meer in de wetenschappelijke literatuur kunnen vinden.

Omdat het kennisveld van de inspanningsfysiologie zo breed is en mijn verhaal zowel over longwerking, bloedvoorziening, hartfunctie als spierbewegingsleer gaat, is het boek waar nodig door Carlijn van den Berg (sportarts) en Davy de Corte (fysiotherapeut) aangevuld en door professor Hein Daanen (bewegingsleerdeskundige) nagelezen. Ik ben hen allen heel dankbaar voor hun aanvullingen en bespiegelingen.

Ik wens je als lezer veel bewegingsplezier toe, inspanningen op een niveau dat je graag wilt en een niveau dat je aankunt: word en blijf een beweger!

Veel lees- en bewegingsplezier,

Thomas Macken





HOOFDSTUK 1

ZUURSTOF EN

ADEMHALING

Weten: lucht doet leven

Lucht doet letterlijk leven, want weinig van het leven rondom je kan lang bestaan zonder zuurstof. Oké, een aantal bacteriën of fermenterende schimmels zijn net als sommige tijdelijke processen in ons lichaam zuurstofloos, maar alle hogere levensvormen hebben het voor het grootste deel van het leven nodig. Zuurstof zit in de lucht van de atmosfeer en is er preciezer gesteld een onderdeel van. Wel een beperkt deel, want de dampkring rond de aarde bestaat maar voor ongeveer twintig procent uit zuurstof en de rest is vooral stikstof. In dit hoofdstuk gaat het over zuurstof, oftewel 'O₂' in scheikundige termen.

We leven op aarde in de dampkring: een smalle schil van lucht waarvan alleen de eerste laag, de zo'n twintig kilometer dikke troposfeer, voor ons belangrijk is. Alleen in dat flinterdunne laagje tussen de grond van onze planeet en de ruimte is onze vorm van leven mogelijk. Die lucht plakt aan onze aarde vast door de zwaartekracht. De weerstand van die lucht kunnen we ook voelen: hoe sneller we gaan, des te meer tegenwind we ervaren.

De lucht rondom ons heeft een gewicht: die hele luchtlaag tot aan de ruimte weegt ongeveer evenveel als een kolom van tien meter water. Gek dat we dat gewicht niet op ons voelen drukken toch? We zijn eraan gewend geraakt. Bovendien omringt de lucht ons hele lichaam, dus onze uitgestrekte arm hoeft niet die hele druk erboven te torsen doordat er onder de arm ook nog lucht zit. Dit maakt dat we het gewicht van de lucht niet voelen.

Hoe zwaar is de lucht om je heen?

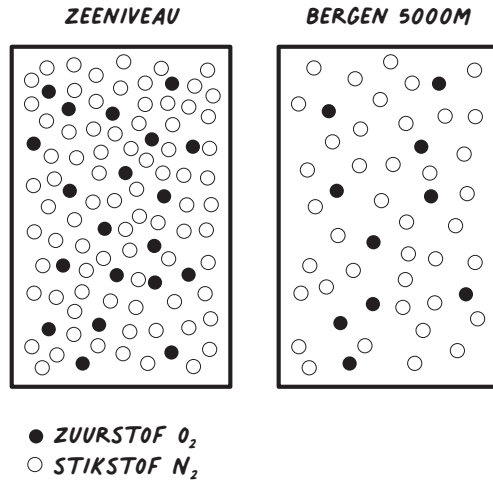
Je kunt het gewicht van de lucht om je heen zelf ontdekken: drink lekker een frisdrank- of waterflesje leeg als je op grote hoogte bent, bijvoorbeeld in de bergen of in een vliegtuig (het moet wel een flesje van zacht PVC en geen harde drinkfles zijn). Dan doe je de dop op de lege fles en wacht je tot je in het dal bent of het vliegtuig is geland: het flesje raakt verkreukeld en is dunner doordat de opgesloten lucht binnen in de fles ijler is dan de lucht buiten: je ziet eigenlijk het gewicht van de lucht het flesje platduwen.

We leven dus met z'n allen in een luchtlaag waarvan maar een vijfde deel uit zuurstof bestaat, terwijl we juist die zuurstof dag en nacht en zonder pauze of rust in ons lichaam moeten zien te krijgen. We zijn er bijzonder afhankelijk van: een aantal minuten zonder zuurstof en we vallen flauw, bij een nog langduriger gebrek aan zuurstof in onze hersenen kan dit zelfs leiden tot de dood. Naar adem snakken, ademloos, ademnood: dit levensbelang van zuurstof is ook in onze taal verweven.

Het is dus zo dat de lucht die we inademen voor ongeveer een vijfde uit zuurstof bestaat. De luchtdruk is het gewicht van die lucht en deze druk is het hoogst op zeeniveau, wat komt doordat er boven op een berg minder lucht boven je is dan aan zee en de lucht daar dus minder weegt. Minder luchtdruk betekent 'ijlere' lucht, of letterlijk dat de lucht op die plek minder gasdeeltjes bevat. Op die berg vormt zuurstof nog altijd eenzelfde vijfde deel van de lucht, maar er is doordat er minder luchtdruk is in totaal wel minder lucht. Dat vijfde deel bevat daardoor in totaal minder zuurstof: de totale hoeveelheid zuurstof op een berg is lager dan op zeeniveau.

Ook tijdens het vliegen is dit het geval: op een vlieghoogte van tien kilometer zouden wij bewusteloos raken door het tekort aan zuurstof, maar in het vliegtuig is de luchtdruk kunstmatig verhoogd. Niet helemaal tot zeeniveau, want dat zou de vliegtuigconstructie erg zwaar maken: de luchtdruk in een commercieel vliegtuig komt ongeveer overeen met de luchtdruk op een berg van 1800 tot 2400 meter hoogte. Vandaar dat je je in een vliegtuig minder kunt inspannen. Dat merkt gelukkig niemand, want de meeste tijd zit iedereen toch in z'n stoel.

Ken je de 'overlevingsregel van drie'¹¹? Deze luidt dat we ongeveer drie weken zonder eten en drie dagen zonder drinken kunnen. Maar binnen drie uur moeten we beschutting zoeken tegen koude, regen of zonlicht (in slechte weersomstandigheden) en vooral: drie minuten zonder zuurstof is al zeer riskant.



Zware inspanning in ijle lucht.

Waarom zijn die verschillen tussen deze survivaleisen zo groot, want voeding en vocht hebben we toch ook de hele tijd nodig? Klopt, maar het grote verschil is dat we voedsel als energie kunnen bewaren: we kunnen voeding opslaan en reserveren voor later, bijvoorbeeld in onze vetweefsels. Voor zuurstof lukt dat opslaan niet of nauwelijks: behalve de kleine voorraad (die in onze longen, bloed en spieren aanwezig is) kunnen we geen zuurstof vasthouden.

Hoelang kunnen zoogdieren zonder zuurstof?

Hoe moet het voelen om als potvis meer dan een uur, tweeduizend meter diep in vrieskoud, pikdonker water te duiken om daar je favoriete inktvismaal te vinden? En dat ook nog eens zonder adem te halen! Want potvissen mogen dan wel op vissen lijken, het zijn zoogdieren en ze hebben dus geen kieuwen.

Zeezoogdieren zoals deze potvissen, walvissen of zeehonden kunnen uitzonderlijk lang blijven leven zonder adem te halen. Ze hebben biochemisch precies dezelfde problemen met de zuurstofopslag zoals wij mensen deze kennen, maar ze hebben zich aangepast door hun grotere transportcapaciteit en spiervoorraad van het zuurstof en een zo laag mogelijk verbruik van dit zuurstof tijdens het duiken.

Bij het stoppen met ademen (bijvoorbeeld als je onder water zwemt) blijft wat zuurstof achter, is er nog lucht over in je longen en werkt je bloedsomloop ook gewoon nog. Je longen zijn namelijk nooit leeg en je kunt dus nog even voort. Maar lang duurt dat niet, want je lichaamscellen hebben zuurstof nodig en je hersenen zijn daar het meest gevoelig voor. Al snel is de lucht in je longen voor een groot deel verbruikt en ondertussen stijgt het koolzuurgasgehalte (dit is het afvalgas na het verbruik van de zuurstof). Dan is het zaak om weer snel naar de oppervlakte van het water te komen voor een diepe ademteug.

Een hartstilstand is anders dan je adem inhouden bij het onder water duiken: wanneer je hart niet meer klopt dan valt niet alleen je ademhaling maar ook je bloedsomloop plotseling weg. Er is dus onmiddellijk geen zuurstof meer beschikbaar voor al je organen en vooral voor je hersenen, wat al heel snel leidt tot het verlies van bewustzijn.

Maar waarom zijn vooral je hersenen zo gevoelig voor zo'n tekort aan zuurstof? In verhouding tot hun geringe gewicht gebruiken je hersenen veel zuurstof, wat voor het

grootste deel nodig is voor de zenuwcelfuncties die een grote energiebehoefte hebben. Je hersenen kunnen daarvoor eenvoudigweg niet zonder een continue zuurstofaanvoer. Alle andere weefsels hebben ook zuurstof nodig voor hun energievoorziening en hun functie, maar kunnen iets langer leven als de zuurstof wegvalt.

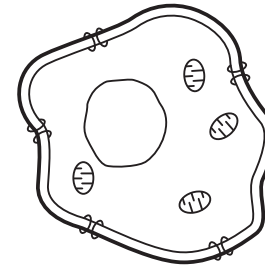
Hoelang kun je zonder zuurstof in je bloed?

Word je aan een arm of been geopereerd? Dan kan de chirurg dat helemaal bloedloos maken door tijdens de verdoving een strakke band om het te opereren lichaamsdeel te spannen. Dat kan tijdens een operatie een tijd zonder problemen: je spieren kunnen in tegenstelling tot je hersenen prima even zonder zuurstof voordat er schade ontstaat. Is een nier nodig voor transplantatie? Die wordt gekoeld, zodat de stofwisseling langzamer gaat en de nier nog langer zonder bloed (en dus zonder zuurstof) kan overleven.

DE CEL EN MITOCHONDRIE

We bestaan allemaal uit een enorme verzameling cellen. Waarom is dat? Eerst het woord 'cel': dit komt eigenlijk niet volledig overeen met wat het is, want een 'zeepbelletje' of 'miniballon' zou een beter passende term zijn. 'Cel' klopt deels wel, omdat er aan de buitenkant van een cel sleutels en poorten zitten en je er dus niet zomaar in en uit kunt. De wand van een cel is erg dun en heeft de structuur van een zeepbel. In die zeepbel zit zout water, wat eigenlijk een stukje vocht is dat is meegenomen uit de oerzee waaruit het leven vroeger is ontstaan.

Eén van de grootste cellen in de mens (in de vrouw in dit geval) is een eicel. Deze is ongeveer een tiende van een millimeter: dat wat je oog nog net kan zien zonder bril, vergrootglas of microscoop. Zenuwcellen kunnen wel een meter lang worden, maar zijn daarentegen heel erg dun. Alle andere cellen zijn kleiner en zonder hulpmiddel niet afzonderlijk zichtbaar.



Eenvoudige voorstelling van een biologische cel, met de celwand (en poortjes), celkern en meerdere mitochondriën. Alle andere structuren van het cytoplasma zijn in deze tekening weggelaten.

Voor al het leven moeten moleculen met elkaar kunnen samenwerken. Moleculen zijn een verzameling aan elkaar gebonden atomen met een bepaalde stoffeigenschap, zoals zuurstof, water of suiker. Ze zijn nodig voor je voeding, beweging, signalen, groei, verdediging, herstel en voortplanting. Maar om op elkaar te reageren en contact te kunnen maken moeten die stoffen elkaar eerst wel treffen. Wij mensen doen dat door met elkaar af te spreken, op elkaar af te lopen of elkaar te bellen. Moleculen moeten letterlijk tegen elkaar botsen om een scheikundige reactie te doen ontstaan. Dat lukt veel beter in een waterige omgeving, omdat alles dan rondrijft en elkaar raakt.

In de lucht zou die reactie al moeilijker zijn, omdat de stoffen zich daar niet zoals in water oplossen. In een vaste stof is het zelfs helemaal hopeloos: daar komen de moleculen elkaar niet eens tegen.

Waarom lukt leven in een waterige omgeving beter?

Stel je eens een hoop magneetjes voor op een tapijt: in de ochtend kom je ze precies zo tegen zoals je ze in de avond hebt achtergelaten, ook al kunnen ze aan elkaar blijven plakken. Al die magneetblokjes in een stromend bad zullen echter heel anders reageren: misschien zijn er wel kleine combinaties en nieuwe vormen ontstaan doordat de blokjes elkaar toevallig aanraakten en magnetisch aan elkaar bleven kleven. Hetzelfde geldt voor een schep zout over droge aardappelen: het zout blijft erop liggen, terwijl zout in kookwater oplost en zich zo helemaal verspreidt, wat de aardappelen extra lekker maakt.

Leven zoals wij het kennen, kan dus alleen als er een waterige omgeving voorhanden is. Water is essentieel, deels als molecuul om mee te reageren maar vooral als omgeving. En dat water is er gelukkig altijd, zelfs in de droogste woestijn: elke cel van een levend wezen houdt water vast om al die gewenste molecuulreacties daarmee mogelijk te maken. Wij mensen leven niet meer in het water maar op land en onze cellen hebben dat water daarom zelf maar meegenomen. Het kan goed zijn dat het water dat jij drinkt of dat in je lichaam zit, dezelfde moleculen zijn die ooit in of rond een dinosaurius stroomden...

Binnen in je cellen gebeurt bijna alles wat belangrijk is voor je lichaam, want de ruimte om die cellen heen is maar beperkt. Alle cellen in je lichaam zijn sterk gespecialiseerd en lijken soms nauwelijks op elkaar, maar ze stammen wel allemaal af van dezelfde basis- of stamcellen. Als je van buiten naar binnen gaat in een willekeurige lichaamscel dan kom je als eerste het celmembraan tegen: het zeepbelwandje. Net zoals zeep bestaat dit celmembraan uit sliertjes waarvan de kop van water houdt (ze zijn hydrofiel of waterminnend en bedekken de binnen- en buitenoppervlakte van de wand) en een staart die water juist niet leuk vindt (deze is hydrofoob of waterafstotend, dit is het binnenste of middelste deel van de celwand).

Olie is bijvoorbeeld op dezelfde manier waterafstotend: doe een paar druppeltjes olijfolie in water en deze zullen zich niet mengen maar als één grotere druppel bij elkaar blijven: olie houdt niet van water en is dus ook hydrofoob.

Terug naar de celwand: deze barrière houdt het zoute water bij elkaar, maar kan niet helemaal gesloten zijn omdat de cel dan geen voeding zou kunnen krijgen en daardoor af zou sterven. Er moeten daarom poorten in de celwand zijn die binnenlaten wat nodig is en juist buitensluiten wat te veel is. Deze poorten zijn ingewikkelde eiwitkanalen die herkennen welke moleculen rondzweven en al dan niet naar binnen of buiten mogen worden gelaten. Het zijn een soort sluizen, maar dan wel van de heel kieskeurige soort: sommige laten maar één soort moleculen door en niets anders. Daarnaast zijn er ook stoffen die door de celwand heen kunnen zonder dat ze zo'n poort nodig hebben.

In iedere cel zit een celkern, dit is eigenlijk een soort minicel in een cel zoals een kluis in een kamer. In die celkern

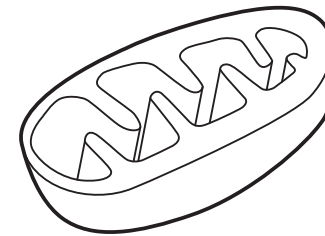
staat de genetische informatie (DNA) opgeschreven in de vorm van opgerolde en in de celkern verfrommelde slieren. Deze informatie bevat een codetaal of handleiding met alle instructies die nodig zijn om een nieuwe cel te maken en welke eiwitten daarvoor nodig zijn. De celkern maakt kopieën van deze handleiding, een soort recepten, die van de celkern naar de cel drijven. Buiten die celkern, maar nog binnen de cel zelf, zitten de mitochondriën die als energiecentrales van de cel dienstdoen. Daarnaast zitten hier nog andere complexe structuren die de recepten uitlezen en de benodigde eiwitten maken.

Honderd mitochondriën op een rijtje zijn ongeveer net zo lang als de dikte van een mensenhaar en eentje is dus onmogelijk te zien. Toch zijn mitochondriën best ingewikkelde dingen: ze lijken een beetje op een ouderwetse radiator met veel ribbels als een zorgvuldig opgevouwen vlies of membraan, met daaromheen een zakje dat de buitenkant van de mitochondrie vormt. Door al die plooien heeft dat heel kleine volume van zo'n minuscule mitochondrie toch veel oppervlakte.

Veel van je energie komt van deze mitochondriën, waardoor ze enorm belangrijk voor jouw bewegen zijn. In plaats van benzine zoals in een auto of elektriciteit zoals in een elektromotor, gebruikt je lichaam als energie vooral een kleine molecuul die we ATP (adenosine trifosfaat) noemen. Deze molecuul is een soort oplaadbaar klein batterijtje dat binnen de cel rond kan dwarrelen, energie kan afgeven aan je spiereiwitten en vervolgens als een lege accu opnieuw opgeladen kan worden door de mitochondriën. Je kunt zo'n energiemolecuul gelukkig steeds opnieuw gebruiken, want je lichaam is erg zuinig. Als je er opnieuw energie insteekt dan is de ATP opgeladen en opnieuw klaar voor gebruik.

Dat batterijtje is een drager van energie, maar die energie moet dus wel eerst toegevoegd worden in de vorm van calorieën uit voeding. De mitochondriën, de energiecentrales, zijn de opladers van de batterijtjes: zij kunnen calorieën uit voeding omzetten in geladen ATP-moleculen zodat de energie door de spieren gebruikt kan worden.

En hier komen je zuurstofmoleculen weer terug in beeld: je hebt meestal zuurstof nodig om ATP te maken. Houd dit beeld dus even vast: het zuurstof wordt afgeleverd in de cel, het komt bij de mitochondrie samen met calorieën uit je voeding, de energie komt vrij en de ATP wordt gevormd. Kortom, leven en bewegen!



Een doorsnede van een mitochondrium, vereenvoudigd voorgesteld, met buitenwand en geplooid binnenwand.

ADEMHALING EN DE BUIK

De lucht die je inademt moet je longen in. Maar hoe dan? Hoe pomp je ergens lucht in? Met druk lukt dat, net zoals je je fietsband vult met een pomp. Dat zou betekenen: lucht happen en deze door je longen duwen met je wangen, maar handig is het niet.

Bij dieren en mensen gaat het daarom andersom. Er is geen overdruk om te duwen, maar juist onderdruk om te zui-