

Inhoud

Organisch – hoe het begon	11
1 Een basisbehoefte – de longen	17
<i>Illustratie Jill Enders</i>	
Müdi's goede raad	19
De longen en de lucht	21
De stof die we nodig hebben	25
Vrije zuurstofradicalen	28
Een uitstapje naar het evenwicht van het leven	32
De ademregulering	34
<i>Adembalingstechnieken</i>	38
<i>Disfunctioneel adembalen</i>	42
Luchtverontreiniging – ongewenste deeltjes	46
<i>Stikstofdioxide en alkylstoffen – schadelijke stoffen die in ons bloed terechtkomen</i>	49
Wat je longen nu zouden doen	55
Politiek, grenswaarden en ventileren – onze behoeften beschermen	56
2 Veiligheid – het immuunsysteem	67
<i>Illustratie Jill Enders</i>	
Bills huis	69
Het systeem van veiligheid	71
Wat zijn virussen en bacteriën eigenlijk?	76
Ziekteverwekkers – wat is 'slecht'?	80
Ziek zijn – de onaangename kant van veiligheid	88

<i>Verkoudheidsmedicatie en herpes-compromissen</i>	94
Overdreven angsten van het immuunsysteem:	
allergieën	97
<i>Desensibilisering</i>	101
Destructieve twijfel van het immuunsysteem: auto-	
immuunziekten	102
Het immuunsysteem versterken?	107
<i>Vaccinaties</i>	112
3 Betrekkingen – de huid	119
<i>Illustratie Jill Enders</i>	
Hedi's overlijden	121
De generaties van de opperhuid	123
Wondgenezing	127
De verbindingen van de lederhuid	130
Anti-aging en de zon	134
<i>Zonbescherming</i>	140
Aanraking	143
4 Kracht en effect – de spieren	153
<i>Illustratie Jill Enders</i>	
Anettes armen	155
Drie manieren van rennen	158
De wedloop van het leven	161
De indeling van de spieren	164
Waar komt kracht vandaan?	169
Ontspanning en inspanning	173
Prestaties leveren	179
Sporten	185
<i>Helpt sporten om af te vallen?</i>	187
<i>Hoe werkt sporten eigenlijk?</i>	190
<i>Het onvervangbare effect van sporten</i>	193
5 Denken en zijn – de hersenen	197
<i>Illustratie Jill Enders</i>	
Jill en Giulia	199

De grijze eminentie	201
Slaap	208
<i>In slaap vallen</i>	208
<i>Lichte, halfdiepe, diepe slaap</i>	211
<i>Remslaap</i>	215
<i>Wakker worden</i>	220
<i>Slecht slapen</i>	221
<i>Tips om beter te slapen</i>	223
<i>Slaapmiddelen</i>	228
Weten en voelen	230
Motivatie en beloning	242
<i>Hoe we onze beloningscellen helpen</i>	248
Verslaving	251
<i>Manieren om af te kicken</i>	259
Hé hallo, hersenen	262
Dankwoord	269
Belangrijkste bronnen	271

Organisch – hoe het begon

Vroeger was er maar één orgaan waar ik een natte neus van kreeg – de darmen. Als tiener wilde ik er al alles van weten, tijdens mijn studie spitste ik pas mijn oren als hun naam viel, en op mijn drieëntwintigste schreef ik er zelfs een boek over, dat verbluffend genoeg een bestseller werd.

Mijn loopbaan, dacht ik, was daarmee helemaal uitgestippeld: ik zocht een ziekenhuis uit dat ‘het spijsverteringskanaal’ als zwaartepunt had en begon me te specialiseren. Maar al snel botste ik daarbij met de werkelijkheid: had ik voorheen gedacht dat ik alleen van ‘darmonderzoek’ op de hoogte hoefde te zijn, al snel kon ik daar alleen maar om lachen.

Zo behandelde ik een vrouw die na het verlies van haar baby hevige buikkrampen had en zich schaamde dat ze niet snel genoeg ‘weer fit’ was. Ik kreeg iemand op spreekuur bij wie voortdurend wisselende diensten de spijsvertering in de war schopten. Een gepensioneerde vrouw met een ellenlange medicijnlijst klaagde over ‘vage misselijkheid’, en iemand die politiek actief was, had last van storende diarree – het gevolg, zo bleek, van diverse stimulerende middelen die moesten helpen om alle deadlines te halen.

Toen een aannemer – formaat klerenkast – mij op een middag toevertrouwde dat hij vaak zenuwachtig was en last had van angstaanvallen, zei ik in gedachten verzonken alleen: ‘Ja, dat hebben echt veel mensen!’ Dat bedoelde ik niet

bagatelliserend. Ik was, net als de goede man zelf, gewoon verbaasd.

Uiteraard kon ik deze mensen helpen – iets voorschrijven, verschillende dingen proberen en klachten verlichten –, maar tegelijkertijd voelde dat niet als de echte oplossing voor hun problemen. Diep in mij groeide er een knagende ontevredenheid. Ik kon zien dat mensen er last van hadden dat ze niet functioneerden als een machine of eruitzagen als een pop, en dat ze het moeilijk vonden om eenzaam te zijn of zich verdrietig te voelen.

Het lukte me niet om onder woorden te brengen wat me in de loop der tijd steeds meer opviel. Minstens zo vaak als ik organen behandelde, behandelde ik een merkwaardige tijd.

Toen ik zo een paar jaar aan het werk was, overleed onverwacht mijn oma. Zij was een van de belangrijkste mensen in mijn leven, maar toch voelde ik na haar dood eerst een tijd lang helemaal niets. Ik stond op, vertrok naar mijn werk en ging 's avonds naar bed. Zelfs mijn angst voor het donker was verdwenen. 'Wie gevoelens als rouw niet toelaat, stelt ze uit en maakt ze groter', had ik ooit tijdens een psychologiecollege genoteerd. Nu moest ik eraan denken, maar het besef hielp me niet. Wat was er met me aan de hand?

Enige tijd later zat ik in het zonnetje achter mijn bureau een medische tekst over wonden te lezen. Opeens kwamen de tranen. Het was alsof de huid begreep hoe het is om iemand kwijt te raken. Gewond raken, het plotselinge ontbreken van weefsel, de eerste shockreactie. Wat ik eerder niet had toegelaten, kreeg nu eindelijk de vrije loop. Ik kon rouwen. Ook bij de vraag hoe ik eroverheen zou komen richtte ik me op hoe de huid met wonden omging. Een blik op mijn lichaam hielp me om mens te zijn.

Deze ervaring zette me aan het denken. We leven in een luidruchtige en veeleisende wereld. We krijgen voortdurend informatie binnen: wat we willen bereiken, hoe we kunnen leven,

hoe we eruit moeten zien of hoe we ons moeten voelen. En dat terwijl we soms nog niet eens begrijpen wat we in het hier en nu al zijn.

Zou kennis over ons lichaam tegenwicht kunnen bieden tegen wat ik in het ziekenhuis en bij mezelf zag? Zou een lichamelijke perspectief – al was het maar tot op zekere hoogte – kunnen helpen om in de maalstroom van het moderne leven onze menselijkheid te behouden?

Als je er eenmaal op begint te letten, valt op hoeveel begrippen uit de techniek, economie of zelfs oorlogsvoering we gebruiken om over ons lichaam te praten. Onze hersenen vergelijken we met een computer, ons immuunsysteem ‘stuurt troepen’ om ‘indringers aan te vallen’, met sporten vergroten we de ‘efficiëntie’ van de training met ‘fitnessregimes’, en wie niet genoeg in zijn gezondheid ‘investeert’, krijgt later ‘de rekening gepresenteerd’. Blijkbaar kleuren thema’s uit de buitenwereld onze kijk op onszelf. Maar wat doet dat met ons? En kunnen we het niet gewoon omdraaien, zodat ons lichaam bepaalt hoe we over ons werkende of sociale leven denken?

Me verdiepen in mijn theorie werd een hobby voor me. Steeds als de wereld nieuwe vragen opriep, las ik in allerhande vakliteratuur over ons gevoelsleven. Nieuw onderzoek naar longen liet me anders over basisbehoeften denken. Hoe ons lichaam zich herstelt, wat het nodig heeft en hoe het met het ongewone omgaat, werd voor mij een inspiratiebron. Door in modern onderzoek over immunologie te duiken, begon ik andere dingen belangrijk te vinden voor mijn veiligheid. De huid gaf me een nieuwe kijk op relaties – op verwondingen, genezing, aanraking en grenzen. En wie had gedacht dat spieren zo hun eigen perspectief op kracht en sterkte kunnen opleveren? Voor de belangrijkste menselijke behoeften was er steeds een passend orgaan.

Het is fascinerend hoe ons lichaam zijn problemen oplost.

Steeds opnieuw kon ik verbanden leggen met mijn eigen leven en had ik het gevoel dat ik in een snoepwinkel vol antwoorden stond.

Ons lichaam begrijpen helpt ons niet alleen om ziekten te voorkomen. Onze organen leveren ook een wezenlijke bijdrage aan wat het betekent om te zijn wie we zijn. Ze hebben invloed op levensvragen. Wat hebben we bijvoorbeeld écht nodig? Hoe gaan we met bedreigingen om? Hoe willen we met elkaar omgaan? Of neem een vraag als: wat kunnen we bereiken en hoe? Als we de antwoorden van ons lichaam beter begrijpen, kunnen we in grotere harmonie met onszelf leven.

Behalve bij ziekten of epidemieën zet het lichaam zelden de toon van openbare debatten. En zelfs dan is een deel van wat we over ons lichaam denken te weten al tamelijk verouderd. Weliswaar heeft onderzoek naar ons immuunsysteem van de afgelopen twintig jaar duidelijk gemaakt dat onze veiligheid er niet alleen op berust 'het kwaad af te slaan'. Wie begrijpt waarom, vindt een dergelijke overtuiging eventueel ook in zijn of haar eigen leven ietwat... tja, onbeholpen. En dat is nog maar één voorbeeld.

Wat er in dit boek staat, berust op wetenschap en heeft tegelijkertijd iets persoonlijks. Zo vond ik de longen in eerste instantie vrij passief en zacht, totdat ik besepte dat ze me aan mijn overgrootmoeder deden denken. Hoewel zij een zachte, en soms zeer passief aandoende, vrouw was, had ze een enorme invloed op iedereen om haar heen. Ze vormde een basis, zoals de longen en de ademhaling dat doen.

In plaats van dat ik (zoals ik eerst van plan was) deze persoonlijke overdenkingen alleen voor mezelf opschreef, heb ik ze voor elk hoofdstuk laten staan, want ze laten zien hoe mijn opvoeding en mijn kijk op de wereld mijn woorden hebben beïnvloed. Voor de wetenschap en de mensen die wetenschappelijk werk doen, geldt dat net zo. Daarmee zijn gedachten of

wetenschappelijke ontdekkingen nog niet verkeerd of onzakelijk; het betekent alleen dat de weg ernaartoe persoonlijk kan zijn.

Van, in plaats van alleen *over*, mijn lichaam leren heeft me veranderd. Ik kijk met een nieuwe eerbied naar het menselijke. ‘Onproductieve gevoelens’, fysieke grenzen of een andere definitie van macht komen opeens niet meer als ongehoord of zwak op me over, maar volgen een logica die nu dichter bij me staat. Inmiddels denk ik dat, zoals herkennen *wie* we zijn hoort bij volwassen worden, begrijpen *wat* we zijn deel uitmaakt van mens worden. En begrijpen wat we nodig hebben. Want hoe luidruchtig de wereld om ons heen ook is, of ze op clicks gebaseerd is, op nullen en enen en op niets daartussenin, verandert niets aan ons binnenste – we zijn organische wezens. Verbonden door vezels verweven we de capaciteiten van onze organen tot een unieke levendigheid. We vinden onszelf voortdurend opnieuw uit, hervormen ons en blijven toch miljoenen jaren oud.

Er is een stem die ons aan dat alles herinnert. Zijn taal spreken maakt ons tot oerbewoners van onszelf: Organisch.

1

Een basisbehoefte – de longen



Müdi's goede raad

Mijn overgrootmoeder werd altijd Müdi genoemd. Eigenlijk heette ze Hedwig, maar die voornaam miste een wezenlijk aspect van haar persoonlijkheid: de stemmingen, die zich tentakelgewijs door haar leven bewogen. 'Vlijtig' en 'onvlijtig', noemde mijn overgrootvader haar dan – al naargelang. Müdi kwam uit een Paltische familie die een boomkwekerij bezat. Haar vader was een zachtaardige man zonder enige koopmansgeest. Vaak lag hij melancholiek in de wei naar bloempjes te kijken. Haar moeder was een energieke vrouw die meteen op een paard sprong als ze iets met de burgemeester of de bankdirecteur wilde bespreken. Vooraf knotte ze dan haar haren en zette ze een hoedje op, een ritueel waarmee ze omstanders haar daadkracht duidelijk maakte. Mijn overgrootmoeder erfde eigenschappen van haar beide ouders zoals een mens in- en uitademt: vlijtig en onvlijtig, alert en vermoeid ('*müdi*', dus).

Het enige op de wereld waar zij van op aan kon, was de natuur. Die verankerde haar ziel, zodat ze haar altijd kon terugvinden. Al het andere fladderde vluchtig langs haar heen. Als jonge vrouw verhuisde ze met haar man naar het Berlijn van de wilde jaren twintig van de vorige eeuw, bezocht ze vrouwenbijeenkomsten, de destijds geheel nieuwe yogakringen of lezingen over sterrenkunde en dineerde ze met politieke kopstukken. Ze had een aangename oprechtheid die in die kringen werd gewaardeerd.

Na de machtsovername door de nazi's veranderde er veel. Ze liet alles achter zich en fietste van Berlijn naar haar familie in de Palts.

Toen ze thuiskwam, stonden daar nog steeds dezelfde bomen en scheen de zon. Haar vader lag zuchtend in de wei naar madeliefjes te kijken. Eigenlijk was alles als vanouds, en toch compleet anders. De rest van haar leven had mijn overgrootmoeder geen noemenswaardig respect meer voor politiek, ideologieën, machtige mensen of trends. Ze had interesse in de mensen van wie ze hield, de bossen en bovenal de zonsondergang, die ze elke avond vanaf haar terras aanschouwde.

Wie het leven van mijn overgrootmoeder niet beter kende, zou misschien zeggen dat ze geen betekenisvolle persoon was. Voor buitenstanders was ze slechts 'de echtgenote' van haar man, een geliefde jurist. Ze was klein, gaf snel de moed op en had een zacht gezicht met goeiige ogen. Hoe meer ik over haar nadacht, hoe belangrijker ze me voorkwam. Ze gaf iets door wat tot op de dag van vandaag nog steeds bestaat. Haar mildheid, haar kleine wijsheden, grappige spreuken en haar eindeloze nieuwsgierigheid... om dat alles wordt ze ook jaren later herinnerd, en dat leeft in ons voort. Mijn vingers glijden over de ketting die ooit om haar hals hing. En al heb ik mijn overgrootmoeder nooit gekend, toch voel ik me ook met haar verbonden. Als ik moe ben en me erger aan de wereld, denk ik aan de raad die ze haar dochters ooit gaf: 'Wie dorst heeft, drinkt. Wie het zwaar heeft, haalt adem.'

Hoe topperig en moe ik net nog was, met elke ademtocht voel ik me lichter. Dat gaat snel – mijn borstkas staat wijd open, mijn hoofd is vrij. Zo ook vanmiddag. In de weide van de oude boomkwekerij lig ik in de zon, val al snel opgelucht in slaap en begin nu pas te begrijpen wat haar goede raad precies betekent.

De longen en de lucht

Een slordige 20.000 keer per dag krijgen we wat we dringend nodig hebben. Ademhalen is onze belangrijkste behoefte. Eén minuut zonder adem, en ons verlangen wordt sterker dan naar water na een urenlange wandeling. Zelfs als je volkomen uitgedroogd bent en water vindt, zul je het drinken onderbreken om adem te halen. In de hiërarchie van het lichaam staat ademhalen fier op de eerste plaats.

Het orgaan dat ons hiertoe in staat stelt is op het eerste gezicht niet bijster indrukwekkend. Longen zijn noch robuust noch sterk of zelfstandig. Zonder de hulp van andere lichaamsdelen (zoals onze ribben) krimpen ze van een orgaan dat de borstkas vult onmiddellijk tot iets ter grootte van een vuist en zien ze eruit als twee te vaak gebruikte huishoudsponsjes. Ook in uitgevouwen en opgeblazen toestand komen ze niet direct intimiderend over: als iemand er uitdagend met een vinger in prikt, klinkt er alleen een zacht geritsel; het weefsel geeft zonder verzet mee en doet daardoor denken aan schuim dat in de afvoer van de badkuip verdwijnt. Wie achter de belangrijkste behoefte van de mens een imposant orgaan had verwacht, komt bedrogen uit.

Longen zijn zacht. Ze passen zich voortdurend aan hun omgeving aan. Gewoonlijk zijn er aan de buitenkant dan ook afdrucken van de ribben, het hart en de slokdarm te zien. Ook de ademhalingsbewegingen brengen ze niet zelf op gang; ze volgen de spieren van de borstkas en het middenrif. In al hun ontegenzeggelijke passiviteit en vervormbaarheid beschikken de longen echter over een van de meest effectieve eigenschappen die er op onze planeet te vinden zijn: de stille kracht van het zachte.

Bij elke ademtocht vlijen onze longen zich tegen hun omgeving aan. En wie er goed naar kijkt, herkent hun zachte raffinement: als we inademen raakt de lucht hun vezels op zo'n manier dat die als zeilen kunnen opbollen. Dat opent de luchtwegen – de luchtpijp in onze hals zet enkele millimeters uit, de bronchiën in de linker- en de rechterlong gaan open en trekken ook de fijne vertakkingen aan het eind van de luchtwegen mee. Dankzij de optimale opeenvolging van ondersteunende delen verloopt de uitzetting moeiteloos. Passief? Misschien wel, maar niet ineffectief. Het maakt ademen voor ons een stuk makkelijker. Om uit te ademen hoeven de elastische vezels alleen maar als elastiekjes terug te veren. Dankzij dit harmonische samenspel kunnen onze spieren hun ademhalingsbewegingen ontelbare keren per dag herhalen zonder moe te worden. Alleen door slimme zachtheid is de uitgeoefende kracht voldoende.

Dankzij hun zich vertakkende structuur gaan longen bovendien een misstand tegen die alle wensende wezens kennen: we krijgen bijna nooit *precies* wat we zouden willen. Zo is ook de lucht die we inademen in de regel iets te koud, meestal niet vochtig genoeg en bevat het een of ander vuildeeltje. Daarom hebben onze longen in de loop van hun ontwikkeling hun architectuur geperfectioneerd: vanuit de luchtpijp splitsen de luchtwegen zich maar liefst 22 keer af. Eerst zo'n 5 centimeter onder onze hals in de linker- en rechterlong en daarna per long nog 21 keer. De vorm die daardoor ontstaat, wordt in de anatomie *arbor bronchiale* genoemd: de bronchiale boom. De ademplucht die hierdoorheen stroomt legt in totaal een afstand af van 2400 kilometer. Onderweg wordt de lucht gereinigd, bevochtigd en opgewarmd. Mede dankzij het voorwerk van onze neushaartjes en keel maakt dat de adem tot wat het uiteindelijk is: op lichaamswarmte, met 98 procent vochtigheid en uiterst schoon.

Dat voorwerk staat ten dienste van een zeer zachte structuur aan het einde van onze luchtwegen. Daar slingeren de achterste elastische vezels zich om piepkleine openingetjes

en trekken die tijdens het inademen omhoog. Miljoenen van die mondjes happen dan samen met ons naar lucht en versterken de zuigkracht tot op de laatste micrometers. Hier hebben de longen hun essentie volbracht, in een minimalistische kathedraal van ultradunne cellen. Als blaasjes spannen ze zich om de lucht. Driehonderd miljoen van die koepeltjes steunen op de luchtwegen en bekronen ze met het vermogen tot gaswisseling: hier geeft het bloed moleculen af aan de lucht en neemt daarvoor in ruil andere moleculen op. Een slijmlaag beschermt de fijne structuur ternauwernood tegen ineenzakken. Nergens in ons lichaam zijn we zo kwetsbaar en fijngebouwd als hier.

Naarmate ze zich verder ontwikkelden, zijn onze longen fragieler en ontvankelijker voor onze behoeften geworden. Tegelijkertijd zijn ze ons steeds beter gaan beschermen tegen datgene wat we niet willen. Inmiddels is hun opbouw vrijwel volmaakt. Ze hebben slechts één tekortkoming: de ietwat ondoordachte ligging vlak naast de slokdarm. Dat maakt dat we ons soms verslikken en ons drinken ophoesten.

Wie de ontwikkelingsgeschiedenis van de longen kent, moet hun die misser echter vergeven. Ze zijn ontstaan in vissen, wier omgeving in de loop der tijd te zuurstofarm werd. Om niet te stikken, zochten ze aan het wateroppervlak naar zuurstof, zo luidt de stelling. Door steeds betere ‘luchtzakken’ te ontwikkelen, lukte het hun te overleven.

Het ontstaan van de longen markeert een verbluffende prestatie. Het is voor een waterwezen behoorlijk drastisch om zich in te laten met een volslagen vreemd element. En het is een enorme prestatie om daar een compleet nieuw orgaan voor te ontwikkelen. Zoiets voor elkaar boksen komt in de evolutie zelden voor en is (verslikproblemen daargelaten) een behoorlijk succes geworden. Al met al laten de longen en luchtwegen op weergaloze wijze zien waartoe wij levende wezens in staat zijn als we iets willen en als het ons ergens aan ontbreekt.

De twee belangrijkste eigenschappen van moderne zoogdieren zijn gebaseerd op de ademhaling: daarvoor gingen we aan land in plaats van in de zee te blijven leven, en dankzij steeds geraffineerdere ademhalingsbewegingen konden we uiteindelijk complexere hersenen ontwikkelen, die meer zuurstof nodig hadden.

Waar onze hersenen de impuls tot ademen geven en onze spieren verantwoordelijk zijn voor het 'adem halen', vormen de longen het derde onderdeel van dit samenwerkingsverband. De longen zijn datgene wat in onze prestatiemaatschappij makkelijk over het hoofd wordt gezien als we optellen wat we moeten doen om iets te bereiken. Om onze behoeften te vervullen, hebben we niet alleen eerzucht en vlijt nodig, maar moeten we ook aanvaarden wat er komen gaat. Wie niet kan meestromen met de lucht die hij wil inademen heeft het zwaar.

Net als drinken, de spijsvertering en slapen behoort ademen tot de huishoudelijke bezigheden van het mens-zijn. Door de eeuwen heen gekleineerd en lichtvaardig over het hoofd gezien zijn ze echter slimmer dan lang vermoed en hebben ze ook een meer bepalende invloed op het leven dan we tot nu toe hebben onderkend.

Daarmee laten onze longen ook zien dat wat we nodig hebben ons verandert. Dat is een wezenlijk verschil met machines. Onze behoeften zijn geen benzinetanks die gevuld moeten worden om ons te laten functioneren. Wat we willen en hoe we dat bereiken, bepaalt wie we worden. Als levende wezens vormen we ons allereerst door onze behoeften. Nu en daarna nog eens 19.999 keer per dag.

De stof die we nodig hebben

Zo'n 2,4 miljard jaar geleden vond er een afgrijselijk gifgasongeval plaats. Gemuteerde zeebacteriën waren dusdanig veranderd dat ze in een chemische reactie opeens zonne-energie toevoerden. Daarbij ontstond een afvalgas dat andere bacteriën vergiftigde. Een groot deel van de destijds levende wezens stierf. Er ontstond veel ruimte en de gifgasbacteriën konden zich redelijk ongehinderd uitbreiden. Al snel verpestte hun afvalgas niet alleen het water, maar steeg het ook op in de lucht. Onze atmosfeer vulde zich ermee: zuurstof.

Langzaam maar zeker verdrong het zuurstof andere gassen die tot dan toe de dienst in de atmosfeer uitmaakten, zoals kooldioxide (CO_2) en methaan. Kooldioxide en methaan zijn broeikasgassen – zowel toen als nu. Ze houden de aardatmosfeer warm. Toen ze plotseling sterk afnamen, gebeurde er het tegenovergestelde van tijdens de huidige klimaatverandering: het werd waanzinnig koud. De aarde beleefde haar eerste grote ijstijd en verstarde een slordige tweehonderd miljoen jaar lang in permafrost.

En zo had het eeuwig kunnen blijven. Er zijn tenslotte wel meer met ijs bedekte planeten in het heelal waar niet veel te vinden is, behalve... kou. Maar na tweehonderd miljoen jaar braken er gelukkig meerdere vulkanen uit die zoveel CO_2 de lucht in slingerden dat het weer warmer werd. Door het opwarmen van de aarde en het smelten van de ijskusten kon het leven doorgaan. En wie had dat verwacht: het gifgas 'zuurstof' had een paar verrassende eigenschappen in petto...

Zuurstof is sterk reactief en vormt verbindingen met alles om zich heen. IJzer? – Roest! Verse appel? – Bruine appel! Waterstof? – Water! Daardoor ontstonden er binnen de kortste keren allerlei nieuwe verbindingen. (Maar wees gewaarschuwd. 'Binnen de kortste keren' betekent voor de adrenalinejunkies

van geologie ‘in de loop van enkele honderd miljoen jaren’).

Wat zich vervolgens tot materiaal, planten en eencelligen ontwikkelde, vormde de basis voor het nieuwe leven. En vergeef onze vooringenomenheid als we zeggen: een opwindender leven.

Wat nu in leven wilde blijven, moest met zuurstof overweg kunnen. Onberekenbaar, dat zuurstof! De enige mogelijkheden waren dus: eraan ontkomen (niet veel plekken), gebruiken (al beter) of zich er zo aan aanpassen dat ermee omgegaan kon worden (ook goed). Planten produceerden met behulp van zonlicht zelf zuurstof. Zo ontstonden er metershoge bomen en kilometerslange zeewierbossen. Er is op goede dagen immers ruimschoots zonlicht zonder dat een organisme zich daarvoor hoeft te verplaatsen. Onder invloed van de reactiviteit van zuurstof verbonden ook eencellige organismen zich tot meercelligen, waaruit een onvoorstelbare verscheidenheid aan dieren ontstond.

Dit deel van de geschiedenis staat bekend als de ‘Zuurstofcrisis’. Of er bij deze naamgeving meer medelijden met zuurstofgevoelige bacteriën kwam kijken dan met ons, is niet overgeleverd. Het begrip is evenwel toepasselijk, want het herinnert ons aan iets elementairs: we zijn ontstaan uit een crisis, dankzij ons vermogen daarmee om te gaan.

Om met zuurstof overweg te kunnen, moeten we zijn doelstellingen begrijpen: die zijn er niet. In de lucht beweegt zuurstof zich volgens absoluut toevallige patronen. Als zuurstof onderweg een willekeurig passend molecuul tegenkomt, gaat het daar al snel een verbinding mee aan. Soms wordt dat iets, soms ook niet.

De strategie van het lichaam om zo goed mogelijk met de Zuurstofcrisis om te gaan, is gebaseerd op het volgende eenvoudige inzicht: zuurstof is chaos... en chaos is stuurloze energie. Als het ons lukt om die energie een beetje bij te sturen, is er geen sprake van crisis. Net als bij vuur bepaalt de manier waarop we ermee omgaan of we relaxed barbecueën

of ons balkon in lichterlaaie zetten.

Als er een golf zuurstofmoleculen in onze longen terechtkomt, dwarrelen die daar eerst wat richtingloos rond. Maar dat duurt niet lang. Zodra de eerste door het bloed worden opgenomen, brengt het lichaam ze op koers. De eerste aanwijzing: het ijzer in ons bloed. Zuurstof wil zich aan ijzer binden om roest te vormen (een van zijn klassieke trucs), maar ons bloed is het een stap voor. De bloedlichaampjes pakken ijzer zodanig in eiwitten in dat zuurstof er weliswaar bij in de buurt komt, maar niet dichtbij genoeg komt om ermee te kunnen reageren. Dankzij deze strategie laat zuurstof zich zonder storende voorvallen door het hele lichaam heen lokken. En als bonus kan het ijzer direct bij de volgende hartslag opnieuw worden gebruikt.

Als met zuurstof geladen bloedlichaampjes langs een cel komen die energie nodig heeft, duwen ze het zuurstof nog verder bij het ijzer vandaan. Pas nu geeft het de hoop op dat het zich er ooit aan zal kunnen binden en slaat het nieuwe wegen in. Ook dit avontuur is geen lang leven beschoren, want – *gloep* – daar wordt het opgeslokt door een enzymcomplex dat wel iets weg heeft van een rad in een molen. Wat nu volgt, is de reden waarom we zuurstof nodig hebben om te leven en waarom we zonder zuurstof overlijden.

De molenrad-enzymen (om precies te zijn: ATP-synthasen en cytochroom-c-oxidasen) komen dankzij zuurstof aan hun energie. Daarvoor nemen ze het allerkleinste overblijfsel van onze voeding (waterstofresten) en geven ze die aan iets wat toch al niet kieskeurig is – zuurstof!

Als zuurstof door het molenrad wordt opgepakt en op de waterstofflarden wordt geworpen, mag het einde-lijk losgaan en doen wat het het beste doet: er woest mee aan het reageren slaan! Met twee stukjes waterstof verbindt het zich tot water en stroomt weg. De energie die dankzij deze reactie vrijkomt drijft het molenrad aan en verzorgt onze cellen. Elke keer dat we ademen, komt er nieuwe energie vrij. Zolang het rad draait, is er leven. Als het stopt, gaan we dood.

De reactie die ons in leven houdt is tot op zekere hoogte ironisch: vanuit onze longen, via onze bloedvaten en tot in het kleinste compartiment van onze cellen wordt zuurstof begeleid en nauwgezet gecontroleerd. Nergens mag het uit de band springen en willekeurige verbindingen aangaan. Maar uiteindelijk is dat precies wat we van zuurstof verlangen. De energie van de chaos maakt onze stabiliteit mogelijk.

Hoe wij met zuurstof omgaan heeft zich in de loop van de evolutie verfijnd, maar complete controle hebben we nog steeds niet: op ongeveer elke honderd draaibewegingen ontglippen er twee porties zuurstof aan het molenrad-enzym – midden in de reactie. Daaruit ontstaan zogeheten vrije zuurstofradicalen. Deze halfbakken moleculen reageren nog sterker dan zuurstof zelf en zijn de reden waarom niet alleen ‘te weinig’ maar ook ‘te veel’ zuurstof schadelijk is. Vrije zuurstofradicalen kunnen namelijk met bijna alles een verbinding aangaan en in ons lichaam willekeurige kettingreacties ontketen. Gewoonlijk worden deze deserteurs door speciale afvangenzymen naar het molenrad teruggebracht... maar soms gaat dat mis.

Voor al onze behoeften geldt er een ‘teveel’ en een ‘tekort’. Voedsel in overvloed doet ons geen goed. Als we te lang slapen, voelen we ons daarna eerder moe dan fris, en zelfs door snel te veel water te drinken krijgen we ernstige problemen, tot een coma aan toe. Overal in ons lichaam gaat het om evenwicht en om de vraag hoe we dat bewaren.

Vrije zuurstofradicalen

Vrije zuurstofradicalen zijn niet alleen maar lastig. Als we ze niet tijdig afvangen, slaan ze ongevraagd eiwitten aan de haak, kreuken ze de vetten van onze celmembranen of bleken

ze zelfs hele strengen van ons DNA alsof ze blondeermiddelen zijn (die overigens ook door middel van vrije zuurstofradicalen werken). Als ze te talrijk worden, kunnen onze cellen ze niet meer in toom houden en ontstaat er een ‘kleine zuurstofcrisis’ in onze cellen.

In het dagelijks leven krijgen we met ‘te veel’ vrije zuurstofradicalen te maken na het nuttigen van zeer energierijke maaltijden, zoals macaroni met kaas, of hamburgers met frietjes, gevolgd door een zoet toetje – dus als de molenraderen op volle toeren draaien. Ze worden ook overactief na ongewoon zware lichamelijke belasting, zware ontstekingen, mentale stress of weefselschade. Dus altijd als onze cellen uiterste krachtingspanningen leveren en duidelijk méér energie nodig hebben, méér afvalstoffen aanmaken of méér schade melden dan gewoonlijk.

In het ongunstigste geval komen daar nog radicalen van buiten bovenop! Dat kan onbedoeld via medicijnen gebeuren (bijvoorbeeld na een te hoge dosis paracetamol), door bereidingsprocessen (zoals het oververhitten van vetten en voedsel roken) of normaal gesproken door: alcohol, tabaksrook en te veel zon. Als de stemming omslaat in de richting van chaos is dat slecht voor onze cellen.

Vrije zuurstofradicalen spelen een rol bij bijna alle bestaande ziekten. Ze reageren met ‘slecht’ LDL-cholesterol en laten zo vaatplaques ontstaan, wat de bloeddruk opdrijft. Vrije zuurstofradicalen worden uitgescheiden door overactieve immuuncellen en zetten zodoende aan tot chronische ontstekingen in gewrichten, zoals reuma, of in de darmen, zoals de ziekte van Crohn. Vrije zuurstofradicalen stellen bovendien alcohol en sigaretten in staat om DNA te beschadigen en kanker te veroorzaken. Ook bij alzheimer, parkinson of multiple sclerose is er ten minste een reactie met vrije zuurstofradicalen nodig om de kenmerkende beschadigingen aan de zenuwcellen te laten ontstaan.

Het goede nieuws is: we hebben bondgenoten. Planten hebben al miljarden jaren een verstandhouding met radicaal zuurstof en inmiddels hebben ze enkele opmerkelijke trucs

ontwikkeld. Als we deze planten eten, lenen we die trucs. De vuistregel van de voedingsgeneeskunde luidt: in vet oplosbare radicalenvangers (ofwel antioxidanten), bijvoorbeeld in noten en zaden, beschermen de vetten van onze cellen. In water oplosbare antioxidanten uit het vruchtvlees van fruit en groente bewaken juist de vloeibare binnenruimte van cellen en het bloed. Genoeg eten van allebei biedt een betere bescherming tegen tal van ziekten.

Binnen deze basisleer zijn er enkele verfijningen en bijzonderheden: zo gelden blauwe bosbessen onder de antioxidanten als ‘superfood’, omdat ze drie verschillende soorten radicalen even goed neutraliseren (singletzuurstof, hydroperoxyl en superoxide-anionen). Tomaten vangen slechts één van deze soorten af (singletzuurstof) – maar doet dat wel het effectiefst. Vitamine C (die in bijna alle soorten groente en fruit zit) speelt een dubbelrol: in gezonde cellen vangt ze makkelijker radicalen af dan in kwaadaardig gemuteerde cellen, waardoor ze die laatste groep benadeelt.

Ondanks alle verheugende inzichten trekken wetenschappers bij dit onderwerp echter een gepijnigd gezicht. Hoopvol begonnen onderzoeken waarin afzonderlijke antioxidanten (vitamine A, C, E) in capsules of tabletten werden verstrekt stelden enorm teleur. Voor tienduizenden deelnemers aan jarenlange onderzoeken brachten ze geen groot voordeel. Ze beschermden niet wezenlijk tegen ziekten, laat staan dat ze levensverlengend werkten. Bij sommige rokers nam door vitamine E het risico op kanker zelfs toe. Het blijft gissen waarom.

Vrije zuurstofradicalen hebben nog een andere kant die lang over het hoofd is gezien: ze zijn niet alleen chaotischer dan zuurstof, maar leveren ook een extra portie energie... Om met autoliefhebbers te spreken: meer ‘*oemph*’. Weefselcellen gebruiken ze om met elkaar te communiceren, als het ware als een uitroepteken in de celcommunicatie! Immuncellen maken ze aan om daarmee bacteriën en virussen af te we-

ren (contactlenzen ontsmetten met de vrije zuurstofradicaal waterstofperoxide is op hetzelfde principe gebaseerd). Bovendien kunnen we met hun hulp verkankerde cellen uitschakelen. Ze systematisch afvangen zou deze goede functies verhinderen. Dat zou ongunstig zijn.

Daar komt nog een onvermoed veelvoud bij: zo telt vitamine E maar liefst acht verschillende vormen! Sommige mensen verdragen de in de grote onderzoeken meestal in hoge concentraties toegepaste variant (γ -tocoferol) genetisch niet goed. Planten bevatten bovendien nog andere stoffen die de radicalen vermoedelijk nog beter afvangen en niet tot de vitaminen behoren (zoals polyfenolen).

Met het oog op deze verbijsterende nieuwe gang van zaken is het fijn om een ontspannen gezicht te zien. Professor Ronald Prior uit de VS, die zo ongeveer aan de wieg van het radicalenonderzoek heeft gestaan, hanteert een uitermate pragmatische houding. Volgens hem zouden we ons moeten concentreren op wat we zeker weten, namelijk de stijging van radicalen na het eten. Deze stijging vindt niet plaats om kankercellen te markeren of bacteriën af te weren – ze is doorgaans gewoon het gevolg van ingespannen molenraderen waarvoor alle beetjes helpen.

Groenten, fruit en noten... in het beste geval brengt gezonde voeding de behulpzame antioxidanten met zich mee, van het huis, zeg maar. Met andere soorten voedsel ligt het echter ingewikkelder. Frietjes, schnitzels, gebakjes en chips leveren wel energie, maar bevatten amper antioxidanten. Hoe meer we ons met dergelijke caloriebommen voeden, hoe hoger het risico is op chronische ziekten, hartinfarcten en dergelijke.

Voor een middelgrote portie frietjes met 320 kilocalorieën (kcal) hebben we in theorie een handvol blauwe bosbessen (ongeveer 25 gram) nodig om radicalen-aflaathandel te bedrijven. Een alternatief zou zijn een handjevol hazelnoten (ongeveer 15 gram), een derde van een appel of anderhalve banaan. Alleen ketchup zou lastiger worden – daarvan heb je 250 gram nodig, bijna een halve fles. De suiker in de ketchup

verpest dan de statistiek, aangezien die de molenraderen extra aandrijft.

Momenteel wordt op dit gebied over een en ander gediscussieerd. Bijvoorbeeld over de vraag of antioxidanten uit groente, fruit en noten ook echt in alle cellen terechtkomen, of dat sommige alleen in de darmen werkzaam zijn. Maar zelfs als dat zo is, kan Ronald Prior volkomen zorgeloos zijn schouders ophalen, want wat hij op grond van zijn berekeningen zou moeten aanbevelen geldt al lang: wie dagelijks vijf porties groente en fruit eet, leeft aantoonbaar gezonder en langer. Precies die hoeveelheid vangt bij 2200 kcal per dag de aanvallende radicalen af. Dus als Prior gelijk heeft, zou dat onze omgang met zuurstof fijner afstemmen.

Zo'n 2,4 miljard jaar geleden vond er een wonderbaarlijk ongeval plaats – zuurstof was daarvan het afvalproduct. Het onvermogen om ermee om te gaan werd het leven op aarde bijna fataal... en ook nu gaat het niet altijd goed. Elke ademtocht, elke borrelende vis, elke metershoge boom is het bewijs dat wij als levende wezens in staat zijn om crises te doorstaan en met onwenselijkheden om te gaan. Ook als dat lang duurt, moeizaam verloopt of anderszins met fouten gepaard gaat. Onze molenraderen draaien en we vinden manieren om stocijns en onaangedaan het leven aan te drijven.

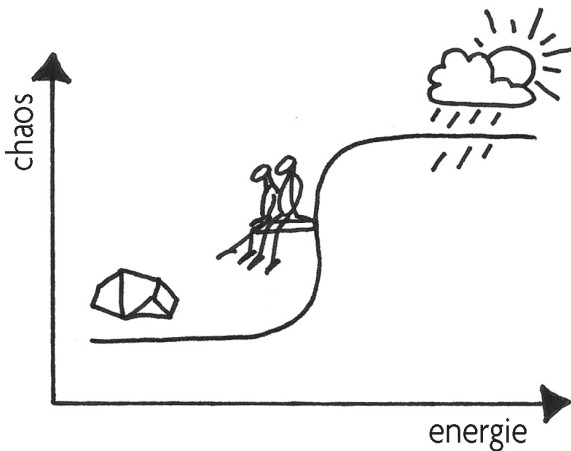
Een uitstapje naar het evenwicht van het leven

In 1944 plaatste Erwin Schrödinger, winnaar van de Nobelprijs voor de Natuurkunde, de wetenschappelijke wereld voor het raadsel 'Wat is het leven?' De vraag zwengelde een discussie aan, die Schrödinger vervolgens samenvatte. In zijn publicatie komen beide eigenschappen van zuurstof weer aan

bod: de energie en de chaos. Hier volgt een samenvatting:

Alles wat vandaag de dag op aarde bestaat, laat zich in de natuurkunde indelen naar hoeveel energie het nodig heeft om te bestaan en naar hoe chaotisch (of stabiel) het is. Een steen is bijvoorbeeld zeer stabiel en heeft amper energie nodig om te bestaan. Het per seconde veranderende weer is daarentegen ongelooflijk chaotisch en verbruikt enorm veel energie. Op deze schaal zitten wij mensen bijna precies in het midden, zij het iets dichterbij de chaos van het weer dan bij de rust van de steen.

Steeds weer moeten we behoeften vervullen om onszelf te onderhouden – ademen, eten, drinken, slapen. Steeds opnieuw komen wij daarbij dicht bij het punt in het midden, precies tussen het weer en de steen in, om ons daar een seconde later alweer van te verwijderen.



Elke keer dat we in- en uitademen, wervelen we zo om het punt van ons bestaan heen. Dat we niet langer in het midden kunnen blijven, in volledige rust, zonder wensen, verlangens of teleurstellingen, is geenszins de ‘vloek van het leven’, het is de definitie ervan!