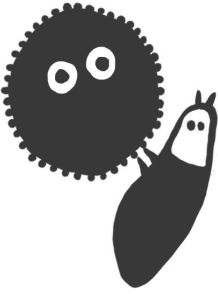


# Inhoud

Voorwoord	9
<b>1. Kiem of geen kiem</b>	13
De oerkiem – een workaholic waaraan we alles te danken hebben	13
Samen zijn ze sterk – waarom microben echte familiemensen zijn	23
Het menselijke microbioom – vrienden voor het leven	32
Seks en microbe – een verhaal van directe nabijheid	42
Most Wanted – de meest gezochte schurken uit het rijk der microben (die je thuis ook kunt tegenkomen)	50
<b>2. Een microbe komt zelden alleen</b>	67
De hygiënehypothese of waarom we eindelijk moeten ontwapenen	67
De keukenspons – het grootste hotel voor micro-organismen ter wereld	79
Keukenhygiëne – waar de wilde microben wonen	95
De verboden zone – waarom het toilet voor microben niet aantrekkelijk is	107
You will never talk alone? Microben op mobieltjes en brillen	117

<b>3. Ze leven in ons midden</b>	125
Holy shit! Waarom ook microben kerkgangers zijn	125
Natuurlijke weerstand – als microben resistent worden	135
Een microbe gaat op reis	145
Microben in de sportschool – of is sport toch moord?	155
‘Papa, zijn dat wormen?!’ - Kinderen, huisdieren en parasieten	163
<b>4. Dr. Bacillus en Mr. Kiem</b>	173
Een korte verhandeling over de ware gesels van de mensheid: zweet, slechte adem en pukkels	173
Met de hand op het hart: hoe vaak wast u uw handen?	185
Alarm in de wasmachine – waarom microben aan ons wasgoed komen	191
Microben in het paradijs – over de gevaren van verre reizen	200
Star bugs – ze zullen met ons de aarde verlaten	211
<b>Epiloog</b>	221
<b>Internetbronnen bij het thema hygiëne en microbiologie</b>	225
<b>Literatuuroverzicht</b>	227



## Voorwoord

‘Ik heb in de krant moeten lezen dat je een hygiëne-expert bent,’ heeft mijn vrouw een keer gezegd. Daarmee bedoelde ze dat ik in ons gezin nou niet direct als poetsfanaat word beschouwd, terwijl ik toch hoogleraar in de microbiologie en hygiëne ben.

Ik geef toe dat ik privé niet zo snel een poetsdoek pak. Daar is echter een simpele reden voor. Bij het woord ‘microbe’ raak ik niet direct in paniek. Wanneer er sprake is van ‘bacteriën’ denk ik niet direct aan problemen, maar aan een fantastische gemeenschap van levende wezens.

Dit boek gaat over onze dagelijkse ontmoetingen met micro-organismen zoals bacteriën, schimmels en virussen – het is het verhaal van de moeilijkste relatie die er is: die tussen mens en microbe.

We beschouwen Microbe & co. vooral als vijanden die moeten worden uitgeroeid. Liefst met alle middelen waarover wij in ons arsenaal aan agressieve schoonmaakmiddelen beschikken. Maar microbiologen beginnen de wereld van de microben net een beetje te begrijpen. En ze vermoeden nu al dat hun verborgen en mysterieuze universum ons vriendelijker gezind is dan we tot nu toe dachten.

Ik zal in dit boek laten zien dat een steriel leven zonder micro-organismen in onze huizen en woningen gewoon onmogelijk is. Miljarden eencelligen krioelen op elk moment in ons leven om ons heen. Ze leven op onze huid en zelfs in ons lichaam – ieder mens herbergt het onvoorstelbare aantal van 10 biljoen micro-or-

ganismen. Ook is het goed te weten dat overdreven hygiëne ons juist ziek kan maken. En dat bacteriën ons altijd weer op de been helpen als we toch ziek zijn geworden.

Ik ben geen verstokte wetenschapper die zijn onderzoeksobject esoterisch vereert. Het hoort nu eenmaal bij ons samenleven met micro-organismen om die lieve kleine beestjes af en toe van kant te maken. Want er zitten ook schurken tussen die van ons willen profiteren.

Antibiotica, desinfecterende en schoonmaakmiddelen behoren tot de zegeningen van de beschaving en hebben gezorgd voor een aanzienlijk hogere levensverwachting. Maar je moet ze zorgvuldig inzetten, anders val je zelf in de kuil die je voor de microben had gegraven. En dat niet alleen: wij microbiologen begrijpen steeds beter dat we een fout maken als we alle microben uitroeien; want om een paar kwade rakkers te pakken doden we ook alle goede.

Micro-organismen waren de eerste levende wezens op deze planeet. En ze zullen ook de laatste zijn voordat de aarde over 2 tot 3 miljard jaar door de zon wordt verschroeid. Alleen dankzij eencelligen kunnen we op onze mooie blauwe planeet leven. We mogen ze wel heel dankbaar zijn!

Het heeft me altijd al gestoord dat we over microben in de diepten van de Marianentrog of de Siberische toendra meer weten dan over de eencelligen in ons dagelijks leven. Daarmee doel ik op de metgezellen die zich stilletjes in onze wasmachines en keukensponzen verbergen.

Een leven zonder micro-organismen zou nogal troosteloos zijn: ze produceren levensmiddelen zoals kaas, salami, wijn en bier. Ontbeerlijke geneesmiddelen als insuline en belangrijke chemicaliën als citroenzuur en ethanol hebben we aan hen te danken.

Zonder microben zou geen koe gras kunnen verteren in haar maag en vlees op de botten kweken. En ook wijzelf zouden zonder hen niemand een poepje kunnen laten ruiken.

Veel planten halen essentiële stikstof uit de lucht met behulp van microben bij hun wortels en worden dus microbiëel bemest. In waterzuiveringsinstallaties vreten microben het vuil uit het afvalwater. In biogasinstallaties onttrekken ze aan afval het methaangas waarmee energie kan worden opgewekt.

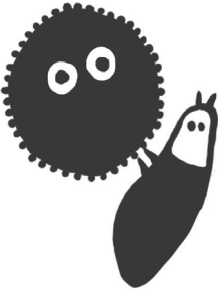
Veel microben delen zelfs enkele sympathieke eigenschappen met ons: bacteriën zijn aardige kletsmajoors, die heel effectief in grote groepen met elkaar kunnen afspreken. Ze gaan graag met gelijkgestemden om en nodigen ook nog hun bultige familie uit – een microbe komt nu eenmaal zelden alleen!

Maar het liefst zouden ze continu alleen maar eten. Van huis uit hebben ze niet zo'n groot libido, maar zo nu en dan doen ze hun uiterste best.

Een paar jaar geleden vroeg mijn vader me wat een bioloog zo de hele dag doet. Mijn knullige reactie zit me nog steeds dwars: 'Kleurloze vloeistoffen van het ene vat in het andere overgieten.'

Ik had hem beter over het spannende leven van de micro-organismen kunnen vertellen. Dat wil ik met dit boek alsnog doen. Wanneer u, beste lezer, na lezing onze minuscule medebewoners met andere ogen bekijkt, heb ik mijn doel bereikt.





# 1.



## Kiem of geen Kiem

### **De oerkiem – een workaholic waaraan we alles te danken hebben**

Ik begin lezingen over huishoudhygiëne graag met: ‘Hallo, ik ben Markus Egert en ik onderzoek zaken waarvan de meeste mensen zeggen: dat hoeft ik eigenlijk allemaal niet zo precies te weten!’ Bij veel mensen roepen de begrippen ‘ziektekiemen’ en ‘bacteriën’ in eerste instantie weerstand op. Het thema lijkt te onsmakelijk, misschien ook te luguber. Want het gaat hier over dingen die zich in het verborgene afspelen.

Meestal verdwijnt die gêne echter al na een paar minuten. We hebben immers allemaal met huishoudhygiëne te maken – en die laat niemand koud. In mijn beleving vinden de meeste mensen dat ze heel netjes en verstandig omgaan met poetslappen en allesreiniger. Over anderen worden wel grappen gemaakt. Wie heeft er niet een kennis die je voor zijn verjaardag graag een keer een pak vaatdoeken zou geven? En er is vast wel ergens een vriendin die je met haar poetsmanie zo op de zenuwen werkt dat je haar niet zo vaak meer opzoekt.

Dat ik me als microbioloog met dit thema ging bezighouden was niet vanzelfsprekend. Ik sta niet direct vooraan als er thuis schoon-gemaakt moet worden. Ik ben gepromoveerd op de microbiële gemeenschappen in de darmen van Afrikaanse rozenkeverlarven, meikever-engerlingen en regenwormen. Mocht u nu de indruk krijgen dat microbiologie eigenlijk een overbodig exotisch vak is, dan kan ik u geruststellen. Ik durf te beweren dat júst microbiologie tegenwoordig baangarantie biedt.

Want ze zijn werkelijk in bijna alle hoeken en gaten nodig om ons moderne leven te laten functioneren. Microbiologen moeten voorkomen dat er in onze levensmiddelen en ons drinkwater gevaarlijke ziektekiemen terechtkomen. Veel farmaceutica moeten zelfs steriel zijn, dus absoluut kiemvrij. Zelfs in de dompelmokken van de auto-industrie, waarin bij het lakken de carrosserie wordt gedompeld, mogen maar een beperkt aantal micro-organismen voorkomen. Anders bestaat het risico dat de eencellige op het metaal achterblijft en de lak vervolgens niet goed hecht.

### Avonturenspeeltuin voor microbiologen

Het is geen toeval dat ik huishoudhygiënist ben geworden. In 2006 begon ik bij Henkel, de Düsseldorfse producent van consumentengoederen. Voor een argeloze academicus is zo'n carrièrestap vooral een overstap naar de duistere kant van de macht. Want research wordt daar niet louter om de research bedreven, maar om meer was- en afwasmiddelen en deo's te verkopen.

Ik kreeg de leiding over het laboratorium op de afdeling microbiologie. Mijn belangrijkste terrein was aanvankelijk het onderzoek naar lichaamsgeur en deodorant. Het was alsof ik in een grote avonturenspeeltuin voor microbiologen was terechtgekomen. Wanneer ik met methoden die ik net op de universiteit had geleerd nieuwe



projectideeën presenteerde, sprak een van de oude chefs graag over de zandbak van de heer Egert.

We onderzochten bijvoorbeeld welk effect cosmetica op de huidflora had. Daarvoor hebben we bacteriën uit de okselholtes van collega's geïsoleerd en gekeken welke daarvan een nare geur veroorzaakten. Later hebben we ons nog beziggehouden met stinkbacteriën in airconditioningsystemen van auto's, de wasmachineflora en het effect van schoonmaakmiddelen op de huishoudmicroben.

Verder hebben we enzymen onderzocht uit genetisch gemodificeerde bacteriën die in staat waren tijdens het wasprogramma de vlekken op de was te verorberen. Een beetje zoals in het laboratorium van dokter Frankenstein. De moderne microbiologie maakt dat echter mogelijk: het is geen probleem om aan de tekenafel een micro-organisme op maat te creëren dat precies doet wat je wilt. Nou ja, bijna.

Anderzijds werken microbiologen met levende micro-organismen nog vrijwel op dezelfde manier als Robert Koch, de ontdekker van de tuberculose-verwekker, dat een kleine 150 jaar geleden al deed: met vaste of vloeibare voedingsbodems. Alleen bij levende microben kan namelijk echt worden getest hoe ze op bepaalde omgevingsfactoren reageren, bijvoorbeeld op schoonmaakmiddelen of de werkzame stoffen in deo's.

Dat micro-organismen levende wezens zijn met een eigen stofwisseling wordt gemakkelijk vergeten. Ze zijn maar 0,001 millimeter groot en je hebt een microscoop nodig om ze te zien. Een kleine 350 jaar geleden was het een enorme stap vooruit dat deze kleinste aardbewoners zichtbaar konden worden gemaakt. De eerste mens die bacteriën nauwgezet heeft bekeken en beschreven was Antoni van Leeuwenhoek, een Hollandse amateur-lenzenslijper en opticien. Hij begreep echter nog niet goed met wie hij te maken had. Omdat ze niets over hun bestaan wisten, geloofden geneeskundigen zelfs

in de negentiende eeuw nog dat ziekten door nare geuren werden veroorzaakt. De eerder genoemde Robert Koch onthulde vervolgens hun ware aard.

## Microben in de mixer

Alle microben zijn eencelligen. Dat ze in deze vorm kunnen bestaan is niet vanzelfsprekend. Om duidelijk te maken wat precies het verschil is tussen micro-organismen, dus eencelligen, en hogere, meercellige organismen, beschikken microbiologen over een heel eenvoudig onderscheidingscriterium: alles wat je in een mixer kunt stoppen zonder dat het doodgaat, zijn micro-organismen. De verklaring daarvoor: in meercelligen hebben de afzonderlijke cellen zich zodanig gespecialiseerd dat ze onder natuurlijke omstandigheden op zichzelf niet meer levensvatbaar zijn. Als ze uit elkaar worden getrokken, kunnen ze daarna geen volledig organisme meer opbouwen.

Micro-organismen daarentegen zijn potentieel onsterfelijk. Onverstoorbaar vermeerderen ze zich via tweedeling of – in wetenschappelijke termen – exponentiële groei: uit een cel ontstaan 2 nieuwe, daaruit 4, daaruit 8... waar dat heen gaat? Eén enkele cel die zich gedurende 48 uur elke twintig minuten deelt, creëert een biomassa die ongeveer 3000 keer zwaarder is dan de aarde.

Tot de micro-organismen of microben behoren de bacteriën en ook de archaea, een minder bekende groep zusjes van de bacteriën die in biogasinstallaties methaan produceren dat voor verwarming wordt gebruikt. Verder zijn ook schimmels, algen, eencellige dieren (protozoa) en virussen micro-organismen. De laatstgenoemde zijn buitenbeentjes, geen levende wezens maar ‘slechts’ gecompliceerde moleculen zonder een eigen stofwisseling.

Bacteriën zijn ongetwijfeld de best onderzochte microben. Ze

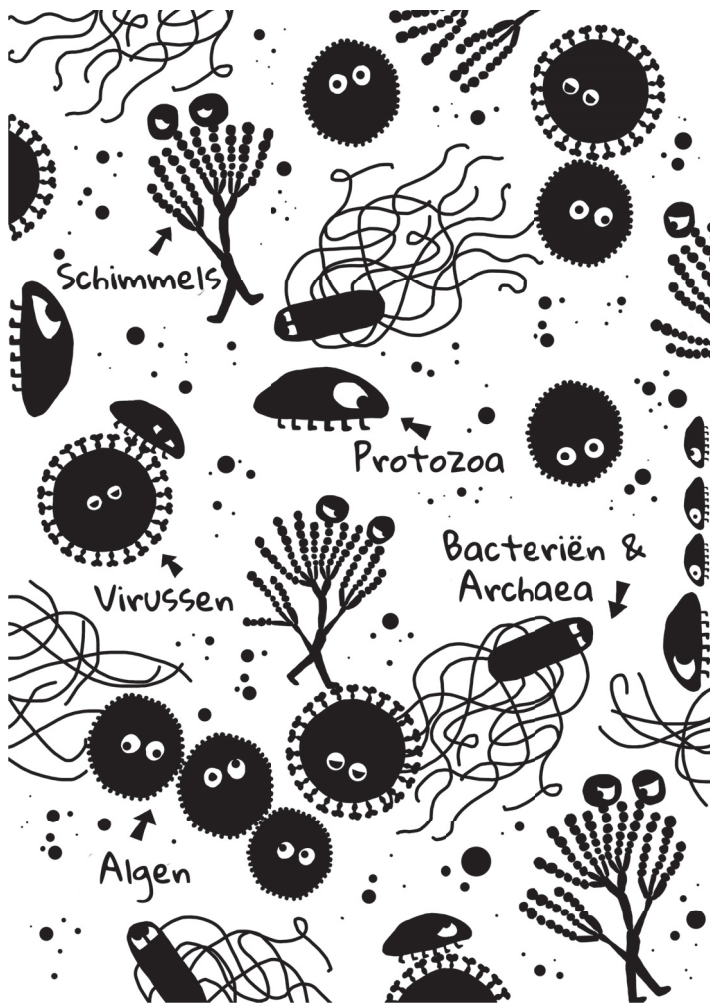
zijn in staat chemische prikkels waar te nemen en vaak hebben ze zelfs een soort motor waarmee ze zich kunnen voortbewegen. De begrippen ‘microbe’ en ‘bacterie’ worden vaak gebruikt als synoniem voor ziekteverwekker. Dat is onterecht. De meeste zijn volstrekt ongevaarlijk voor de mens.

Bacteriën hebben in tegenstelling tot de cellen van schimmels, algen, protozoa en alle hogere organismen geen celkern. Ze worden prokaryoten genoemd. Maar onze cellen zijn wel direct verwant aan de bacteriën. Sterker nog, we zijn eruit voortgekomen. Lang geleden hebben bacteriën en archaea zich samengevoegd tot zogenaamde eukaryoten: cellen met een celkern, waaruit uiteindelijk ook mensen zijn gemaakt.

We mogen de micro-organismen dus heel dankbaar zijn dat we bestaan! Al het leven op onze aarde is eruit voortgekomen. Het is wel tragisch dat in het scheppingsverhaal geen woord wordt gewijd aan deze kleine organismen die we met het blote oog niet kunnen zien. Eigenlijk verdienen bacteriën en micro-organismen juist in elk boek over het ontstaan van de mens een extra dik hoofdstuk.

Microben waren de eerste bewoners op onze planeet toen die nog op een onleefbaar inferno leek – en niet op de lieflijke wereld vol rozengeur en vogelgezang die we tegenwoordig ons thuis noemen. Als microben dit bijna onbehoorlijke weerstandsvermogen niet hadden gehad zou onze aarde een unbewoonbare woestijn zijn gebleven. Mens noch dier hadden hier ooit overleefd en er zouden geen bomen en bloemen bestaan.

Bij ons thuis beschouwen we micro-organismen het liefst als indringers. We moeten onszelf niets wijsmaken: wij wonen bij hen, niet zij bij ons!



Tot de wereld van de micro-organismen (microben, kiemen) behoren organismen die als eencellige levensvatbaar zijn en waarvan je de cellen niet met het blote oog kunt zien: de cellen van de bacteriën en archaea hebben geen celkern (prokaryoten), die van de schimmels, algen en protozoa (eukaryoten) wel. Virussen zijn geen levende organismen, maar gecompliceerde moleculen. De afbeelding is niet op schaal. Prokaryoten zijn ongeveer 0,000001 meter groot, virussen circa 10 keer kleiner, eukaryoten circa 10 keer zo groot.

## De voorouder van al het leven: een kiem

Toegegeven, het is behoorlijk lastig respect te hebben voor een organisme dat zo'n 40 keer kleiner is dan een menselijke haar en bovendien een nogal beroerde naam heeft. Om dit fundamentele inzicht kun je echter niet heen: al het leven op aarde gaat terug op een superkiem, die mogelijk al 4,3 miljard jaar geleden op het toneel verscheen.

Wetenschappers gaven dit eerste cellulaire organisme op aarde de naam LUCA – een afkorting van 'Last Universal Common Ancestor' (laatste universele gemeenschappelijke voorouder). De aarde was vermoedelijk nog maar enkele honderden miljoenen jaren oud toen hij opdook.

Kiemen of microben laten van hun aanwezigheid geen bewijsstukken achter die ook maar bij benadering zo indrukwekkend zijn als het skelet van een *tyrannosaurus rex*. Paradoxaal genoeg hebben we de aanwijzingen dat ze zo vroeg al bestonden aan de klimaatverandering te danken. Door de opwarming van de aarde komen steeds meer oeroude gesteenteformaties tevoorschijn waar geen mens eerder bij kon komen.

Zo ontdekte een Brits-Australisch onderzoeksteam onlangs in de Nuvvuagittuq Greenstone Belt in de Canadese provincie Quebec 4,3 miljard jaar oud gesteente met buisachtige structuren. Zulke formaties zijn ook nu nog een typisch product van de stofwisseling van micro-organismen die in de buurt van hete vulkanische bronnen op de diepzeebodem leven. Het water van deze zogenaamde 'Black Smokers' is namelijk buitengewoon rijk aan voedingsstoffen.

## Zuurstof – door toeval ontstaan

De jonge aarde waar LUCA opdook, was een onherbergzaam oord. Van een aardatmosfeer in de huidige vorm, die ons tegen de dodelijke uv- en röntgenstraling van de zon beschermt, was nog geen sprake. Er was dan ook nog geen zuurstof. Bovendien was het erg heet. LUCA kwam in het water ter wereld.

Zuurstof is de sleutel tot alle hogere levensvormen op onze aarde. Het ontstaan van de lucht die wij inademen is een wonder dat we aan de zogenaamde cyanobacteriën (blauwalgen) te danken hebben. Ze creëerden uit zonlicht, het kooldioxide in de lucht en water hun eigen voedsel: koolhydraten. De vrije, gasvormige zuurstof ontstond daarbij als afvalproduct van deze fotosynthese.

Het duurde circa anderhalf miljoen jaar voordat de zuurstofconcentratie in de atmosfeer een kleine 21 procent bedroeg. Dat is precies het percentage waarbij we tegenwoordig prima kunnen leven. Ongeveer een miljard jaar geleden werd die situatie voor het eerst bereikt. Met zoveel zuurstof als energiebron om te ademen kon het leven in al zijn verscheidenheid losbarsten en de blauwe planeet werd groen. Bovendien ontstonden de hogere, dus meer-cellige levensvormen.

Van de talrijke schepsels die tot op heden zijn ontstaan, kan echter geen enkele zijn afkomst verloochenen. We stammen allemaal af van LUCA en zijn daardoor allemaal aan elkaar verwant; van de bacterie via de zeekomkommer, van de aardappel en het fruitvliegje tot de chimpansee en de mens, allemaal hebben we gemeenschappelijke kenmerken, zoals bijvoorbeeld een DNA als erfgoed of de manier waarop we proteïnen (eiwitten) aanmaken.

Dat betekent ook dat de micro-organismen op het allerintiemste niveau met ons zijn verbonden. Want iedere cel van ons lichaam bevat ‘gemigreerde’ bacteriecellen, die als zogenaamde mitochondriën rond 90 procent van onze energie produceren.