

**PETER WOHLLEBEN**

**DE  
LANGE ADEM  
VAN BOMEN**

Hoe bomen leren om te gaan  
met klimaatverandering en  
hoe dat ons kan redden



# Inhoud

<b>Voorwoord</b> .....	7
------------------------	---

## DEEL EEN

<b>DE WIJSHEID VAN DE BOMEN</b> .....	9
---------------------------------------	---

<b>Als bomen zich vergissen</b> .....	11
---------------------------------------	----

<b>Duizend jaar leren</b> .....	23
---------------------------------	----

<b>De wijsheid zit in de zaadkorrel</b> .....	34
---	----

<b>Voltanken in de winter</b> .....	39
-------------------------------------	----

<b>Rode bladeren tegen luizen</b> .....	46
---	----

<b>Vroege vogels en langslapers</b> .....	54
---	----

<b>Het bos als airco</b> .....	57
--------------------------------	----

<b>Als het in China regent</b> .....	62
--------------------------------------	----

<b>Rekening houden met, afstand houden</b> .....	68
--	----

<b>Bacteriën: onderschatte manusjes-van-alles</b> .....	74
---	----

## DEEL TWEE

<b>DE ONWETENDHEID VAN DE BOSBOUW</b> ...	83
---	----

<b>Met de rug tegen de muur</b> .....	85
---------------------------------------	----

<b>Een slachtpartij in het beukenbos</b> .....	89
--	----

<b>Duitsland op zoek naar de superboom</b> .....	93
--	----

<b>Ondanks de beste bedoelingen...</b> .....	105
--	-----

<b>De ree: de nieuwe letterzetter?</b> .....	116
<b>De wolf als klimaatbeschermer</b> .....	126
<b>Hout: echt helemaal eco?</b> .....	131
<b>En nu betalen</b> .....	141
<b>Het argument van het wc-papier</b> .....	147
<b>Meer geld, minder bos</b> .....	153
<b>De ivoren toren wankelt</b> .....	162
<b>Wat ligt er op je bord?</b> .....	173

#### DEEL DRIE

<b>HET BOS VAN DE TOEKOMST</b> .....	183
<b>Elke boom telt</b> .....	185
<b>Moet iedereen aan boord?</b> .....	193
<b>Een frisse wind</b> .....	200
<b>Het bos komt terug</b> .....	207
<b>Over niet-weten en terughoudendheid in het bos: – een nawoord van Pierre Ibisch</b> .....	218
<b>Dankwoord</b> .....	227
<b>Noten</b> .....	229

## Voorwoord

Het lot van de bossen en de mensheid is onlosmakelijk met elkaar verbonden. En dat is niet figuurlijk maar letterlijk bedoeld. Wat je misschien somber en beangstigend in de oren klinkt, is eigenlijk reden tot veel hoop. Bomen vormen zulke efficiënte sociale gemeenschappen dat ze in elk geval de huidige klimaatverandering vaak goed aankunnen. En dat niet alleen: ze zijn onze beste optie om broeikasgassen weer uit de atmosfeer te verwijderen, veel beter dan de techniek dat ooit zou kunnen. Daarnaast koelen ze het lokale klimaat flink af en zelfs de hoeveelheid regen verhogen ze significant.

Dat doen bomen overigens niet allemaal voor ons, maar voor zichzelf. Ook bomen houden niet van te warm en te droog, alleen kunnen zij iets wat wij niet kunnen, namelijk de thermostaat ook weer naar beneden draaien. Alle daarvoor noodzakelijke vermogens zijn echter niet aangeboren; beuken, eiken of dennen moeten tijdens hun lange ontwikkeling tot oude boom goed leren omgaan met veranderingen. En dat is iets wat niet elk exemplaar lukt. Bomen zijn net als wij mensen heel verschillend: ze leren niet allemaal even snel en trekken niet allemaal de juiste conclusies.

Tijdens onze reis door het bos laat ik je zien hoe je kunt kijken naar hoe bomen leren, waarom niet elke zomerse bladval bij beuken of eiken problematisch is en waaraan je bomen kunt herkennen die op de verkeerde strategie gekokt hebben.

Het onderzoek is een enorme stap verder gekomen in het

ontraadselen van dat geheime leven van bomen. Toch is het gordijn nog maar een heel klein beetje opzijgeschoven. De rol van de kleinste levende wezens, zoals bacteriën of schimmels, is er daarbij tot dusverre behoorlijk bij ingeschoten, aangezien de meeste soorten nog niet eens ontdekt zijn. Voor bomen zijn die piepkleine wezentjes echter even belangrijk als de darmflora voor ons mensen; zonder die organismen is het leven voor ons allemaal niet mogelijk. Uit die verborgen wereld is er fascinerend nieuws dat ons laat zien dat elke boom een ecosysteem op zich is, een planeet die bevolkt wordt door ontelbaar veel prachtige levende wezens.

Ook een blik op het grote geheel laat verrassingen zien: bossen produceren rivieren in de lucht, die water in wolkenbanden duizenden kilometers ver de continenten op brengen en het laten regenen op plekken waar anders woestijnen zouden zijn.

Bomen zijn dus geen kleine wezens die passief de klimaatveranderingen moeten ondergaan die onze soort op aarde veroorzaakt. Ze geven hun omgeving juist vorm en reageren als iets uit de hand lijkt te lopen.

Om succesvol te kunnen inspelen op veranderingen hebben bomen echter vooral twee dingen nodig: tijd en rust. Door elke ingreep in het bos ondervindt het ecosysteem een terugslag en wordt het erin belemmerd om een nieuw evenwicht te vinden. Hoe erg de verstoringen door de moderne bosbouw zijn, heb je misschien tijdens boswandelingen weleens gezien: er vindt immers al tientallen jaren veel kaalkap plaats. Maar er is hoop! Waar we dat toelaten, keert het bos overal snel en sterk terug. We moeten alleen inzien dat mensen alleen plantages en geen bossen kunnen maken. We kunnen vooral helpen door aan de kant te gaan en de herbebossing op haar beloop te laten. Met de juiste hoeveelheid nederigheid – maar ook optimisme wat betreft het zelfregenererend vermogen van de natuur – kan de toekomst echt weer groen worden!

**DEEL EEN**

**DE WIJSHEID  
VAN DE BOMEN**

## Als bomen zich vergissen

**D**roge, warme zomers plaatsen bomen voor grote problemen. Ze kunnen niet naar een schaduwplekje vluchten, geen koel drankje nemen en al helemaal niet snel reageren. En omdat bomen zo langzaam zijn, is het nog belangrijker om voor de juiste strategie te kiezen. Alleen: wat is de juiste strategie en wat gebeurt er als een boom zich vergist?

Aan de linkerkant van de Nordstraße in Wershofen in de Eifel, waar onze Waldakademie gevestigd is, staat een rij paardenkastanjes. Die gedroegen zich in de dorre zomer van 2020 zoals veel bomen in Europa: in augustus begonnen ze voorzichtig te verkleuren. Paardenkastanjes hebben het al jaren erg moeilijk. Vlak voor de millenniumwisseling had de naar het noorden oprukkende kastanjemineermot ook de bomen in Wershofen bereikt.

Dat lichtbruine vlindertje is afkomstig uit Griekenland en Macedonië, dus uit het oorspronkelijke vaderland van de paardenkastanje. Net als veel andere geïmporteerde gewassen leidden de paardenkastanjes in Wershofen tot op heden een idyllisch bestaan. Omdat het hier simpelweg wat te koud is, vormen landen als Duitsland weliswaar niet per se het perfecte ecosysteem voor die bomen, maar toch voelden de kastanjes zich bij ons altijd kiplekker. Hun parasieten hadden zich tot dusverre niet verspreid tot hun nieuwe standplaats en voor een leven zonder mineermot namen de bomen frisse winters graag op de koop toe.

Veertig jaar geleden begon de situatie echter te veranderen. Sindsdien volgen de insecten hun prooi naar het noorden en ook in Wershofen hebben ze zich al lang gevestigd. De mineermotten doen wat hun naam zegt: hun rupsen vreten gangetjes (oftewel mijnen) in de blaadjes. Eerst legt de mot eieren op het oppervlak en de rupsen die eruit kruipen boren zich erin. Kleine bruine kronkellijntjes laten zien waar de kinderen van de motten zich monter etend een weg banen. Monter omdat ze in de bladeren goed beschermd zijn tegen hongerige vogels. De uitgeholde plekken verdrogen en naarmate de vraat verder voortschrijdt, ziet het loof er in de loop van de zomer steeds gehavender uit, vooral omdat de motten vaak nog een tweede keer eitjes leggen.

De bladeren van de bomen aan de Nordstraße waren dus al beschadigd toen de droogte als gevolg van dagenlang heet weer toesloeg. Kastanjes reageren in dat soort situaties net als alle andere bomen: eerst wordt de fotosynthese beëindigd en wachten ze af. Hoe lang zo'n droogteperiode gaat duren weten de bomen nog minder goed dan wij, dus heeft het geen zin om meteen in paniek te raken.

Eerst sluiten ze hun duizenden piepkleine mondjes, de spleetjes die aan de onderkant van de bladeren zitten. Daarmee ademen de bomen, net als wij, en net als wij raken ze bij het ademen waterdamp kwijt. Dat koelt de omgeving af, een effect dat door de groene reuzen actief wordt ingezet om warme zomerdagen draaglijker te maken. Geven de wortels echter aan dat de nieuwe bevoorrading stopt, dan worden de ontelbare mondjes in het loof gesloten. Maar als de bladeren niet meer ademen, functioneert de fotosynthese niet meer. En ook de bevoorrading met CO<sub>2</sub> droogt op, waardoor er geen suikerproductie met behulp van het zonlicht meer mogelijk is. Nu moeten de bomen teren op reserves die ze eigenlijk voor de komende winterslaap wilden aanleggen.

Minimale verdamping vind echter nog steeds via bladeren, wortels en bast plaats, en als de droogte verder aanhoudt volgt



de tweede maatregel: een deel van de bladeren wordt afgeworpen. Dat doen de kastanjes net als andere loofbomen van boven naar beneden. Allereerst vallen de bladeren die het verst van de wortels verwijderd zitten: dus de blaadjes in de top van de kruin. Het kost veel energie om water tot helemaal daarboven te transporteren, en omdat de boom nu geen extra energie meer kan produceren, moet hij daar zuinig op zijn. Is dat echter nog niet voldoende, en valt er nog steeds geen water uit de hemel, dan worden de bladeren stap voor stap afgeworpen, tot de bomen al in augustus helemaal kaal zijn.

Zo ver hebben beuken, eiken of kastanjes het bij ons in 2020 echter niet laten komen, op een paar uitzonderingen na. Misschien waren dat bomen die heel bang waren, die simpelweg het zekere voor het onzekere wilden nemen, of misschien stonden die op een stuk grond dat erg weinig water opslaat; hoe het ook zij: die waren in augustus helemaal kaal.

Juist de kastanjes konden zich dat eigenlijk niet permitteren, omdat ze door de mineermot al verzwakt waren. Met al hun bruine aangevreten plekken produceerden hun bladeren maar beperkt suiker, zodat de bomen toch al honger leden. Daar komt de hoogte waarop ze staan nog bij: de Nordstraße ligt ongeveer 600 meter boven zeeniveau en de gure Eifel doet er nog een schepje bovenop, zodat de vegetatieperiode best kort blijft. Voor de suikervorming is dat behoorlijk krap, want er moeten bepaalde minimale hoeveelheden worden geproduceerd die niet alleen toereikend zijn voor de lopende processen, maar ook voor de winterslaap en het begin van het volgende voorjaar. Dat is voor kastanjes onder dat soort omstandigheden ver van hun oude vaderland toch al moeilijk te realiseren. En nu kwam daar de derde droge zomer op rij nog bij, en waren kennelijk de allerlaatste waterreserves in de bodem opgebruikt.

Onder normale omstandigheden kunnen bomen in een dergelijke situatie simpelweg hun winterslaap in september vervroegen en al hun loof laten vallen, wat bijvoorbeeld de beuken

in mijn bosdistrict doen. Die lijken dan dood, maar lopen het volgende voorjaar gewoon weer uit en proberen goed te maken wat ze het jaar daarvoor verzuimd hebben. Ook kastanjes kunnen dat, maar de bange exemplaren, die al in augustus 2020 kaal waren, hadden die strategie te vroeg ingezet.

Op 31 augustus waren de weergoden ons eindelijk gunstiger gezind. De lucht werd donker, maar slechts boven een klein gebied aan de noordrand van de Eifel. Daar regende het urenlang en er viel ongeveer 60 liter per vierkante meter. Voor de dorre bodem was dat weliswaar nog lang niet genoeg, maar de bovenste centimeters werden in elk geval weer wat bevochtigd. Ik hoopte dat het genoeg zou zijn om de bomen een beetje op adem te laten komen. De dagen erna vertoonden de kale kastanjes echter een reactie die me op het eerste gezicht volkomen zinloos leek: ze begonnen te bloeien. Als je te weinig suiker hebt, zou je eigenlijk niet nog extra energie moeten verspillen voor de voortplanting, vooral omdat dat in de herfst geen effect heeft. Zelfs als de bloesems nog bestoven kunnen worden, kunnen zich in de korte tijd tot het invallen van de winter immers geen zaden en vruchten meer vormen.

Een groepje toekomstige bosgidsen, met wie ik terugliep naar het gebouw van de academie, wees me op het fenomeen. We keken er wat beter naar en deden meteen een ontdekking. Samen met de bloesems hadden de bomen ook zachte blaadjes geproduceerd en dat was de oplossing van het raadsel: de kastanjes hadden enorme honger! Met het frisse groen aan hun takken tankten ze in de nazomer nog een keer flink wat suiker en vulden ze hun opslagweefsel. Kennelijk kunnen bomen daarbij geen onderscheid maken tussen of ze alleen de bladknoppen van een tak laten uitlopen of alle knoppen inclusief de bloemen, en dat was precies wat je hier zag.

Ik maakte een klein filmpje en zette het op Facebook om een discussie aan te zwengelen. Ook op andere plaatsen bleken diverse kastanjes dezelfde strategie te hebben gevolgd. Uit een

zoektocht op internet bleek dat bepaalde kastanjes de jaren daarvoor ook al in de herfst hadden gebloeid, maar de verklaringen die ervoor werden gegeven vond ik voor een deel niet erg overtuigend. Het zou door de stress van de klimaatverandering komen, doordat ze aangetast waren door mineermotten en ook door zwammen, waardoor de bomen halfdood waren gegaan. De bomen bloeiden in de herfst nog een keer om zich voordat ze doodgingen nog één keer snel te vermeerderen.<sup>1</sup>

Op het eerste gezicht klinkt dat misschien logisch, maar dat veronderstelt dat een boom niet kan inschatten welk jaargetijde het is. Bloesems in de herfst leveren immers vanzelfsprekend geen vruchten op, omdat de weinige weken tot de winter daarvoor bij lange na niet genoeg zijn. Wie zoiets onzinnigs doet, verkwist extra energie en maakt daardoor de ellende alleen maar groter. De wetenschap weet bovendien al tientallen jaren dat bomen hun gedrag afstemmen op de lengte van de dagen en de temperatuur en zich dus exact zo oriënteren op het jaarverloop als wij dat zonder kalender ook kunnen. En precies op dat punt haakt de volgende merkwaardige verklaring in: de kastanjes zouden in de war zijn wat betreft de seizoenen.<sup>2</sup> De bomen waren kennelijk zo in verwarring geraakt door de zomerse droge periode waardoor ze geen water konden opnemen en ook geen fotosynthese konden bedrijven, dat ze door de neerslag in de herfst dachten dat het weer lente was geworden.

Die conclusie is meer dan absurd, want de evolutie heeft ook nog een vinger in de pap. Als de paardenkastanje zo gemakkelijk in de war zou raken, ondanks het natuurlijke verschijnsel dat er zeker elke tien jaar een droge zomer is, hoe zouden de bomen dan meer dan 30 miljoen jaar hebben kunnen overleven? Wanneer je namelijk regelmatig zinloos zoveel energie spendeert, ben je te zwak als de nood aan de man komt en teken je je eigen doodvonnis.

Persoonlijk ben ik van mening dat het de honger is die tot dergelijke reacties leidt. Wie A zegt, moet echter ook B zeggen:

het is namelijk niet voldoende om de frisse bladeren (inclusief de overbodige bloesems) te produceren, want nu moet er ook een energieschuld tot het bittere einde afbetaald worden. Het uitlopen kost immers kracht, kracht die er eigenlijk helemaal niet meer is. De boom mobiliseert zijn laatste reserves om nog één keer zijn zonnepanelen uit te klappen en zoete voeding te produceren. Maar het uitlopen van de bladeren alleen is niet voldoende, want daarbij worden knoppen gebruikt die eigenlijk voor het volgende voorjaar bedoeld waren. Om er het komende jaar niet helemaal kaal bij te staan, moet de kastanje nog een keer nieuwe knoppen vormen. En zelfs dat is nog niet alles: omdat knoppen en bladeren altijd aan nieuwe twijgen zitten, vormt de kastanje ook die.

We constateren het volgende: een boom die in de zomer al kaal is en in de herfst wordt verrast door een geweldige honger, moet naast bladeren (en ongewilde bloesems) ook nog twijgen en knoppen produceren. Dat loont alleen als de wanhopige boom daarvoor zoveel energie terugkrijgt dat hij al met al voor de winter een suikeroverschot kan creëren. Het jaargetijde werkt helaas niet mee. De dagen worden in september al duidelijk korter en de momenten waarop fotosynthese plaatsvindt dus ook. Bovendien rukken er een paar weken later normaal gesproken lagedrukgebieden met veel regen op, waardoor de bodem weliswaar wordt doordrenkt, maar waarachter ook de zon schuilgaat. En tot overmaat van ramp zakken tevens de temperaturen en kondigt de eerste nachtvorst zich aan.

Wat je als boom in oktober zou moeten doen, lieten de andere kastanjes in de Nordstraße zien. Ze trokken de reservestoffen terug uit hun bladeren, die daarna geel en vervolgens bruin werden. Een zekere haast was geboden, want met het invallen van de winter met nachtvorst onder de  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$  gingen de bomen onvermijdelijk in winterslaap. Dan zou een ordelijke bladval niet meer mogelijk zijn en gingen niet alleen de waardevolle stoffen in de bladeren verloren. De enige manier voor een boom

om er actief voor te zorgen dat de bladeren losraken van de takken is door een scheidingslaagje van kurk te vormen. Bomen die worden verrast door de winterslaap houden hun bruine loof aan de takken. Hevige sneeuwval zorgt dan voor een hoog gewicht, waardoor hele kruindelen kunnen afbreken, wat ik al vaak heb geconstateerd.

De meerderheid van de kastanjes aan de Nordstraße gedroeg zich dus voorbeeldig, met uitzondering van de zenuwpezen. Terwijl hun soortgenoten in bonte herfstpracht getooid waren, stonden zij dapper met hun frisse groene bladeren te pronken, omdat het saldo van hun suikerproductie simpelweg nog niet klopte. Ze lieten hun blad veel te laat vallen, na de eerste harde vorst midden december! Zuiver statistisch gezien overleven heel wat van zulke bomen de winter niet en gaan al voor het uitlopen van het blad in de lente dood. Kort daarvoor vindt namelijk de grootste krachttoer van het jaar plaats: water drukt zich de stam binnen, waarna de knoppen openbarsten. Dat is het moment waarop het lot van veel verzwakte bomen wordt bepaald.

In het geval van de kastanjes van Wershofen was er sprake van een happy end: hun knoppen zwollen in het voorjaar op, na een laatste inspanning vormden zich nieuwe bladeren en konden de bomen eindelijk in alle rust weer op adem komen.

Terwijl het verschijnsel van bloei en bladgroei in de herfst bij kastanjes inmiddels overal waarneembaar is, heb ik dat in beukenbossen nog nooit bewust gezien. Ook daar zouden zuiver theoretisch individuele exemplaren de boel net zo verkeerd kunnen taxeren als de hiervoor beschreven kastanjes. De oorzaak waarom dat nog niet gebeurd is, zou betere netwerkvorming kunnen zijn.

Beuken voorzien elkaar onderaards via hun wortelstelsel over en weer van suikeroplossing; ze helpen verzwakte, honger lijdende exemplaren daardoor in noodsituaties. Misschien hoe-

ven die daarom niet nog een keer nieuwe bladeren te laten groeien en fotosynthese te bedrijven, maar vertrouwen ze op de gemeenschap. Geplante kastanjes echter, ver van een natuurlijke bosgemeenschap langs een eenzame dorpsstraat, staan er kennelijk alleen voor en moeten zonder hulp van hun familie vechten om te overleven.

Terwijl loofbomen heel zichtbaar op droogte reageren, doen naaldbomen dat juist in het verborgene. Geen wonder, bij hen is immers de blad- of eigenlijk naaldval in de herfst een onopvallend gebeuren. Daarbij wordt altijd alleen de oudste naaldjaargang afgeworpen. Bij grove dennen bevinden zich van elke naaldjaargang er telkens drie achter elkaar aan de takken: vooraan een van dit jaar, daarachter een van vorig jaar en de achterste is van drie jaar geleden. De fijnspar heeft zelfs wel zes naaldjaargangen, maar langer lukt ook bij de fijnspar niet, dan zijn de naalden versleten en worden ze afgestoten. Van mooie herfstkleuren is echt geen sprake.

Het afwerpen is echter net zo'n actief proces als bij loofbomen en net als zij reguleren naaldbomen bij droogtestress hun watergebruik. Eerst beëindigen ze de fotosynthese, daarna worden de naalden afgeworpen om het verdampingsoppervlak te verminderen. Dat heb ik in de tuin van onze houtvesterswoning de afgelopen droge jaren heel mooi kunnen observeren. We gaven alleen de bloemperken om ons huis heen water, zodat niet alles verdorde. Daarvan profiteerden niet alleen de stokrozen en keukenkruiden, maar ook de bomen die eromheen staan. De honderdveertig jaar oude grove dennen zagen er zelfs tijdens de hittegolf van augustus 2020 nog kernegezond uit, maar niet allemaal. De bomen die niet aan de rand van de kleine stukjes stonden die gesproeid werden, wierpen een hele naaldjaargang vroegtijdig af. Optisch is het een groot verschil of er naalden van twee of van drie jaar aan de takken hangen. Is een derde daarvan verdwenen, dan zien de oude bomen er behoorlijk kaalgeplukt uit. Onze tuin met zijn grove dennen

was daardoor voor mij tot openluchtlaboratorium geworden, waarin ik kon observeren hoe de bomen leerden.

Tot nu toe hebben we onze aandacht gericht op wat er boven de aarde gebeurt. Maar ook onder de aarde spelen zich in droge periodes belangrijke processen af, en wel in de wortels. Waarschijnlijk zijn die het belangrijkste orgaan van de boom. In de toppen van de wortels zitten cellen die samen functioneren als een soort plantaardig brein.<sup>3</sup> Ze groeien zoekend door het donker en registreren daarbij voortdurend zeker twintig verschillende parameters, waaronder de vochtigheid. Ook houden ze rekening met de zwaartekracht: de tere wortels moeten tenslotte in de aarde blijven en er niet bovenuit groeien. Dat wordt ook verhinderd door sensoren voor licht, wat op het eerste gezicht misschien overbodig lijkt, omdat het onder de grond immers altijd donker is. Op een helling kunnen wortels echter schuin naar beneden groeien en toch per ongeluk naar buiten piepen. Dan is het goed als ze licht kunnen waarnemen en zich snel weer kunnen terugtrekken in de heuvel. Net zo schrikachtig reageren ze op giftige stoffen. Stuiten ze op dat soort gevaarlijke bodembestanddelen, dan groeien ze (voor hun doen dan) snel om de problematische plekken heen. Uit al die zintuiglijke indrukken kunnen wortels ook opmaken hoe de boom als geheel zich gedraagt, wanneer hij bloeit bijvoorbeeld en hoeveel bladeren hij aan zijn takken heeft.<sup>4</sup>

Is er sprake van een droge zomer, dan wordt natuurlijk in de eerste plaats de vochtigheid aandachtig door de wortels geregistreerd. Ze beginnen signalen door de stam naar de bladeren te sturen, zodat die hun kleine mondjes sluiten om de suikerproductie en dus het waterverbruik te stoppen.

Hoe dat in zijn werk gaat hebben Zwitserse wetenschappers ontdekt. Ze onderzochten jonge bomen in het laboratorium en simuleerden in een proefopstelling droogte. Daarbij ontdekten

ze dat het inderdaad de wortels zijn die de werking van de bladeren reguleren. Wordt het droog, dan beperken die het suiker-  
verbruik – geen wonder, want ze kunnen geen water meer naar  
boven pompen, en dat hoeft ook niet meer. Doordat ze geen  
zoete vloeistof meer afnemen ontstaat er boven in het weefsel  
een ‘suikerfile’, waardoor de bladeren de productie van voe-  
dingsstoffen staken. Ze doen hun spleetjes dicht en sluiten de  
tent. Toch leeft de boom verder, hij teert op zijn reserves. Daar-  
bij ademt hij zuurstof in en CO<sub>2</sub> uit. Een zomerbos met droogte-  
stress is dus geen bron van zuurstof meer! Is de droogte voorbij,  
dan gebeurt er iets verbazingwekkends: de bladeren nemen  
meer CO<sub>2</sub> op dan normaal en produceren daarmee ook aanmer-  
kelijk meer suiker. De bomen eten zich als het ware bliksemsnel  
weer vol. Door hun eetlust kunnen ze de droogte in elk geval  
ten dele compenseren.<sup>5</sup>

Wat gebeurt er tijdens de droogteperiode eigenlijk met de  
wortels zelf? Die moeten blijven groeien om zich door de  
bodem te kunnen bewegen. Daarvoor stroomt er normaal ge-  
sproken continu een voedingsoplossing van de bladeren naar  
de tere weefsels in de bodem. Wordt de fotosynthese gestaakt  
of worden zelfs de bladeren helemaal afgeworpen, dan ligt  
voor de wortels honger op de loer. Dat is heel riskant, want als  
de haarwortels afsterven wordt de wateropname de eerstvol-  
gende regenperiode al sterk belemmerd. Bovendien gaat de ste-  
vigheid van de hele boom verloren, zoals ik eind 2018 kon  
vaststellen.

Op een windstille, regenachtige dag maakte ik aanstalten om  
naar de Waldakademie in het naburige dorp te gaan. Bij de  
voordeur trok ik net mijn laarzen aan toen ik een eigenaardig  
knakkend geluid hoorde. Ik keek om de hoek en zag een reus-  
achtige, honderdveertig jaar oude den langzaam kapseizen en  
daarna met een dreun op een houten schuur vallen. Toen ik er-  
naartoe liep en het wortelstelsel bekeek, zag ik dat de fijne uit-  
lopers ernstig beschadigd waren. Droge zomers brengen dus



niet alleen schade toe aan de gezondheid van de bomen, maar ook aan hun stabiliteit.

Voor dat allemaal gebeurt, mobiliseren de groene reuzen echter al hun reserves en vallen daarbij deels ook op heel oude reserves terug, stelde een team van onderzoekers uit Finland, Duitsland en Zwitserland vast. Het team onderzocht de leeftijd van haarwortels, de dunste wortels van de boom, door de koolstof daarin te analyseren. Aan het aandeel radioactieve atomen kun je de leeftijd van de koolstof in plantaardig weefsel vaststellen. Een piepklein deel van de koolstofatomen in de atmosfeer, om precies te zijn elk biljoenste deeltje, verandert door kosmische straling in een  $C_{14}$ -aatom, waarvan de halfwaardetijd 5.730 jaar bedraagt. In de atmosfeer wordt er telkens weer nieuw  $C_{14}$  gevormd, maar in plantaardig weefsel juist niet meer. Het zit daarin ingebouwd door de fotosynthese en vervalt langzaam. Het aandeel daarvan aan de koolstof van de plant neemt daarbij gestaag af. Hoe oud een weefsel is, kan dus afgelezen worden aan de verhouding tussen de normale koolstof en  $C_{14}$ . Volgens die analyse worden de haarwortels van onze inheemse loofbomen gemiddeld elf tot dertien jaar oud.

Klinkt dat een beetje ingewikkeld? Dat snap ik, maar gelukkig kun je de leeftijd van de wortels ook veel eenvoudiger onderzoeken, namelijk door ze door te snijden. Wortels vormen namelijk net als een stam jaarringen, omdat ook zij in diameter moeten blijven groeien. En die telling van de jaarringen leverde een pittige verrassing op: de wortels waren tien jaar jonger dan volgens een onderzoek op basis van de  $C_{14}$ -methode, dus maar tot drie jaar oud. En jaarringen liegen nooit. De waarschijnlijke oorzaak voor die afwijking, aldus de onderzoekers, zijn jarenoude reserves in het opslagweefsel van de wortels. Die reservestoffen verouderen immers evenals plantaardig weefsel en hebben als ze uiteindelijk worden gebruikt voor de vorming van nieuwe haarwortels al een paar jaar voorsprong op de moleculaire klok.<sup>6</sup>

Het is natuurlijk bekend dat bomen reservestoffen opslaan, maar dat die tot tien jaar in het weefsel blijven sluimeren voordat de boom ze gebruikt, was ook voor mij volkomen nieuw.

De onderzoekers vermoeden dat de vorming van haarwortels uit zulke oude opgeslagen voedingsstoffen een strategie voor noodsituaties zou kunnen zijn. Ook in droge jaren moeten de haarwortels blijven groeien om volledig te kunnen blijven functioneren. Als er door de droogte geen suiker meer gevormd kan worden, zijn bomen die kunnen terugvallen op heel oude voorraden in het voordeel.

De oude den in onze tuin had dus niet per se hoeven omvallen omdat zijn haarwortels verdroogd waren. Misschien had hij alleen maar niet genoeg voeding voor noodgevallen in zijn opslagweefsel, zodat de onderaardse groei was gestagneerd. Maar het kan ook zijn dat hij simpelweg nooit had leren budgetteren en zijn suiker verkwistte zonder rekening te houden met noodsituaties. Zoveel droge zomers achter elkaar is voor deze plek in de Eifel echt ongebruikelijk, en om daaraan te wennen had hij het moeten overleven.

Je kunt als boom echter de juiste strategie leren, en dat hoeft niet per se op de harde manier. Soortgenoten – en vooral hun eigen ouders – kunnen bomen voor ernstige fouten behoeden. Om dat beter te bekijken, blijven we nog even bij het droogtejaar 2020 en nu midden in een enigszins natuurlijk beukenbos.