



## UvA-DARE (Digital Academic Repository)

### Vast in het spoor van Darwin : biografie van Hugo de Vries

Zevenhuizen, E.J.A.

**Publication date**  
2008

[Link to publication](#)

**Citation for published version (APA):**

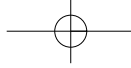
Zevenhuizen, E. J. A. (2008). *Vast in het spoor van Darwin : biografie van Hugo de Vries*.

**General rights**

It is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), other than for strictly personal, individual use, unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

**Disclaimer/Complaints regulations**

If you believe that digital publication of certain material infringes any of your rights or (privacy) interests, please let the Library know, stating your reasons. In case of a legitimate complaint, the Library will make the material inaccessible and/or remove it from the website. Please Ask the Library: <https://uba.uva.nl/en/contact>, or a letter to: Library of the University of Amsterdam, Secretariat, Singel 425, 1012 WP Amsterdam, The Netherlands. You will be contacted as soon as possible.



## IV

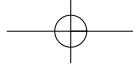
### Groeiend in groeionderzoek

1877-1885

*‘Ik heb mij nu in den grooten kamer, naast de palmenkas, zoowat ingericht, dat wil zeggen mijn eigen instrumenten en glaswerk daar uitgepakt. Het is moeilijk er plaats te vinden. Een paar waterculturen en wat potten waarin gezaaid is vormen het begin der physiologische proeven. Ik zal twee uur in de week college geven. Tot mijn spijt heb ik de uren op denzelfden dag en na elkander moeten nemen daar er niets anders overschoot, namelijk maandag van tien tot twaalf, voor de voorbereiding van proeven al zoo ongunstig als het maar kan.’<sup>1</sup>*

Het is 11 oktober 1877, vier dagen voordat de Universiteit van Amsterdam feestelijk haar deuren zal openen. Op zijn kamers aan de Plantage Lepellaan schrijft Hugo de Vries zijn vriend Willem Moll over zijn nieuwe werkplek: de Amsterdamse Hortus Botanicus. De voorgaande dagen heeft hij zich geïnstalleerd in de kamer die zijn collega Oudemans hem heeft toegewezen. Het is de vergaderkamer van de Commissie van Toezicht die decennialang namens de gemeente de Hortus heeft bestuurd maar spoedig overbodig zal zijn. De tuin is namelijk opgenomen in de organisatiestructuur van de nieuwe universiteit; Oudemans is benoemd tot hoogleraar-directeur van de Hortus. Een plaats om instrumenten neer te zetten is er in de kamer niet. Noodgedwongen heeft De Vries de boeken in de kasten naar achteren geschoven en zijn spullen ervoor gezet. Een laboratorium bezit de Hortus niet; alleen een kleine ruimte waar studenten microscopiepracticum krijgen.<sup>2</sup> Dat zijn vrijwel allemaal studenten medicijnen en farmacie die tijdens hun propedeuse colleges en practica botanie volgen omdat zij iets van (vooral medische) plantkunde moeten opsteken. Het aantal studenten dat plant- en dierkunde studeert, bedraagt welgeteld drie.<sup>3</sup>

Op een modern en ambitieus plantenfysioloog als De Vries is de Hortus

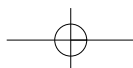
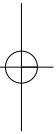


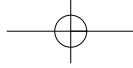
duidelijk niet ingesteld. In de tuin (gesticht in 1638 voor het onderwijzen en examineren van apothekers die in de stad een eigen winkel wilden beginnen en sinds 1682 gevestigd aan de Plantage Middenlaan) regeert de systematiek nog volop. In de achttiende eeuw was de collectie een van de grootste en rijkste in Europa geweest en hadden de publicaties van de aan de Hortus verbonden hoogleraren over hogere planten uit de gematigde en tropische streken internationaal de aandacht getrokken. Oudemans zet die traditie op bescheiden wijze voort met zijn onderzoek naar de systematiek van (voornamelijk Nederlandse) paddestoelen. Nog steeds heeft de Hortus een rijke plantenverzameling. De trots is de tropische kas in het midden van de tuin. Daarin bevindt zich een groot waterbassin waar jaarlijks de wonderbaarlijke *Victoria amazonica* bloeit, een gebeurtenis die elke keer weer heel wat Amsterdammers trekt. Elders in de tuin staan twee kleine kassen voor tropische en subtropische gewassen.

Buiten de tuin ziet De Vries echter zijn kans. In 1876 heeft het gemeentebestuur besloten een van de grachten waaraan de Hortus grenst te veranderen in een openbaar plantsoen. Een deel van de tuin is bij het plantsoen gevoegd. Ter compensatie van het verlies heeft de Hortus de beschikking gekregen over het voormalige Sint-Anthoniekerkhof dat na tien jaar grafrust gebruikt kan gaan worden voor andere doeleinden. Het terrein ligt vlak bij de Hortus maar grenst er niet aan. Om het te bereiken moet men een stukje door het nieuwe plantsoen wandelen en daarbij de nieuwe brug over de voormalige gracht overgaan. Het nieuwe gedeelte heeft vanwege zijn ligging de naam 'de Overtuin' gekregen; die naam heeft het nog steeds. Door de afstand is het niet mogelijk de Overtuin voor het publiek open te stellen. De Vries ziet meteen een prima functie voor de Overtuin: hier kan hij in alle rust de planten kweken die hij nodig heeft voor zijn colleges en onderzoek. Met dit 'fysiologisch terrein', zoals hij de Overtuin ter onderscheiding van de 'systematische' Hortus aanduidt, heeft hij net als Sachs zijn eigen 'Gärtchen'.<sup>4</sup>

#### **Van lector naar hoogleraar**

De twee uren college 'physiologiam plantarum experimentis illustratam'<sup>5</sup> die De Vries wekelijks zou gaan geven waren in de voorgaande jaren gegeven door Oudemans. Direct na zijn benoeming tot hoogleraar in 1859 was hij begonnen met colleges anatomie en fysiologie.<sup>6</sup> Daarmee had hij destijds het botanisch onderwijs in Amsterdam aanzienlijk gemoderniseerd. Zijn voorganger Miquel had alleen de vakken systematiek en farmacognosie gedoceerd, net als al zijn voorgangers sinds de zeventiende eeuw. Oudemans vond het belang-

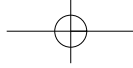




rijk dat de studenten kennisnamen van de nieuwe stromingen in de plantkunde. Dat mocht echter niet ten koste gaan van de traditionele vakken waaraan hij grote waarde bleef hechten. In zijn inaugurele rede had hij zich gekeerd tegen de 'banvloek' van Matthias Schleiden dat alleen anatomische en fysiologisch onderzoek het predikaat 'wetenschappelijk' verdient (zie blz. 52-53).<sup>7</sup> In 1861 had hij de Commissie van Toezicht gevraagd om een ruimte 'voor de praktische beoefening der anatomie en physiologie der planten'. De Commissie had toen afwijzend gereageerd: zoiets was niet beschikbaar en nieuwbouw was te duur.<sup>8</sup> Niettemin was hij in 1866 met microscopiepracticum begonnen, waarschijnlijk in een daarvoor ongeschikte ruimte, want in 1872 had hij de Commissie opnieuw om een lokaal gevraagd. Ook dit keer was de Commissie bevreesd geweest voor hoge kosten, maar toch had zij toen een ruimte ter beschikking gesteld.<sup>9</sup> Toen er vanwege het toenemende aantal studenten in 1875 een nieuwe collegezaal werd gebouwd, was in dat gebouw een nieuwe, maar bescheiden practicumruimte ingericht.<sup>10</sup>

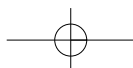
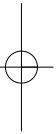
In vergelijking met De Vries had Oudemans een zware onderwijstaak. Hij gaf wekelijks zeven uur college systematiek, morfologie, anatomie, farmacognosie en geschiedenis van de medische plantkunde, en bovendien zeven uur microscopiepracticum. Daarnaast maakte hij met de studenten excursies.<sup>11</sup> Maar daarin kwam snel verandering. Bij B en W ontstond in het voorjaar van 1878, mogelijk na een verzoek daartoe van Oudemans<sup>12</sup>, het voornemen om aan De Vries het onderwijs in de anatomie en een deel van het practicum over te dragen en hem bovendien te bevorderen tot buitengewoon hoogleraar in de botanie. De curatoren van de universiteit en het bestuur van de faculteit Wis- en Natuurkunde steunden het plan en zo benoemde de gemeenteraad op 27 juni 1878 De Vries tot buitengewoon hoogleraar met een jaarsalaris van f 2500 en het bijbehorende aandeel in de collegegelden.<sup>13</sup> Van 't Hoff, die andere jonge en getalenteerde natuurwetenschapper die de gemeente met een lectoraat aan haar universiteit had weten te verbinden, was hem net iets voor geweest: de gemeenteraad had hem een dag eerder benoemd, overigens niet tot buitengewoon maar tot gewoon hoogleraar.<sup>14</sup> Opvallend is dat De Vries kort voor zijn bevordering, op 8 mei 1878, was benoemd tot lid van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen. Het (levenslange) lidmaatschap gold als een belangrijk kwaliteitsmerk onder de Nederlandse wetenschappers. Onbekend is of er verband tussen beide benoemingen was. Van 't Hoff zou pas in 1885 Akademielid worden.

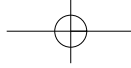
Op 15 oktober 1878 hield De Vries zijn inaugurele rede in het gebouw van het genootschap Felix Meritis (de universiteit ontbeerde nog een eigen repre-



sentatieve ruimte voor dergelijke bijeenkomsten). Van 't Hoff was hem opnieuw net voor: die hield zijn rede op 11 oktober. Zoals inmiddels gebruikelijk bij het openlijk verkondigen van zijn mening vroeg De Vries zijn steun en toeverlaat Willem Moll naar diens oordeel over het concept. Moll had veel kritiek, waarop De Vries zijn betoog vrijwel geheel herschreef. 'Toch beviel het mij zoo niet, en geloof ik ook niet dat het jou bevallen zou', liet De Vries hem weten. 'Daarom heb ik besloten een geheel nieuwe te schrijven, over een eenigszins ander onderwerp'. Welk onderwerp hij eerst had gekozen blijkt uit de briefwisseling niet, en evenmin waarom De Vries als nieuw onderwerp de koolzuurassimilatie koos. Wellicht wilde hij ermee laten zien hoezeer hij het onderwerp beheerste, en dat hij recht van spreken had gehad met zijn scherpe kritiek op Adolf Mayer een jaar eerder. De nieuwe rede las De Vries enkele dagen voor de plechtigheid nog aan Moll voor om diens definitieve fiat te krijgen.<sup>15</sup>

De koolzuurassimilatie of, zoals de titel van de oratie luidt, *De ademhaling der planten*, was slechts de kapstok voor de boodschap die De Vries wilde uitdragen: het is noodzakelijk dat de verschillende natuurwetenschappen samenwerken. En daar school op zijn beurt weer zijn reductionistisch-mechanistische visie achter. Alleen door samenwerking zou men namelijk kunnen komen tot 'de ontdekking van die algemeene wetten die niet slechts voor enge groepen van verschijnselen gelden, maar de geheele natuur omvatten'. Aan de hand van het onderzoek naar de ademhaling van planten in de voorgaande twee eeuwen liet hij zien dat de plantenfysiologen steeds een 'ruim en vruchtbaar gebruik' gemaakt hadden van methoden, instrumenten en kennis uit andere vakken. 'Een schooner bewijs voor de samenwerking der natuurwetenschappen dan de leer der ademhalingsverschijnselen ons aanbiedt kan men wel niet wenschen', aldus De Vries. 'Hier zijn de meest verheven resultaten, die de verschillende vakken elk op eigen gebied verkregen hebben, tot een harmonisch geheel ineengeweven. Physika, chemie, histologie en physiologie van den mensch, anatomie en physiologie der planten brachten alle het hare er toe bij om de eenheid van het leven in de geheele natuur te bewijzen'. Men kon er dan ook aan twijfelen wat men het meest moest bewonderen: 'de scherpzinnigheid van de mannen, aan wier genie het gelukt is deze geheimen te ontsluiëren, of de natuur, waarin zij ons zulk een schone eenheid, zulk een innigen samenhang van alle verschijnselen hebben leeren kennen'. Ten slotte richtte De Vries zich tot zijn studenten en ook hier viel hij terug op een overtuiging die hij eerder had verwoord, namelijk het 'onderscheiden und verbinden' van Goethe: 'Van de feiten op te klimmen tot een helder inzicht in de al-



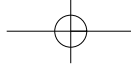


gemeene wetten der natuur, om daardoor de feiten zelve beter te leeren begrijpen – zietdaar het doel der wetenschap, zietdaar het doel van uw studie'.<sup>16</sup>

### Verloofd en getrouwd

Door het betere toekomstperspectief en het hogere salaris dat aan het hooglerarschap verbonden waren, kon De Vries eraan gaan denken een gezin te stichten. Nog maar kort geleden had hij kennis gemaakt met Louise (later Wies) Egeling, dochter van de medicus Lucas Jacob Egeling en van Sophie Magdalena Knoblauch. Net als Hugo was Wies geboren in Haarlem (in 1855) en als kind naar Den Haag verhuisd. Het is mogelijk dat de families De Vries en Egeling elkaar al kenden in Haarlem en hun vriendschap in Den Haag hebben voortgezet. Een andere voor de hand liggende liaison tussen Hugo en Wies lijkt de Haarlemse bloembollenkweker J.H. Krelage; hij was een aangetrouwde neef van Wies' moeder. De Vries had in 1869 contact gezocht met Krelage toen zij beiden waren benoemd tot vertegenwoordiger van de Nederlandse regering voor het bezoek aan een tuinbouwtentoonstelling in Hamburg. Blijkbaar was er sindsdien contact gebleven, want toen Krelage in 1875 een nieuw tuinbouw-tijdschrift wilde starten, had hij De Vries als medewerker gevraagd.<sup>17</sup> Hoe het ook zij, De Vries was meteen diep onder de indruk van Wies geweest. Halverwege juli 1878, drie weken na zijn benoeming tot hoogleraar, vroeg hij haar per brief ten huwelijk. Wies, die op dat moment met haar ouders op vakantie was in Soden (nabij Frankfurt), accepteerde het aanbod onmiddellijk, maar haar vader vond dat ze ten minste één dag bedenktijd moest nemen. Enkele dagen na ontvangst van Wies' positieve antwoord reisde De Vries naar Duitsland om zijn verloofde te bezoeken. 'Ik ben zoo enorm blij en gelukkig dat ik het u op verre na niet zeggen kan', schreef hij na aankomst aan zijn moeder. 'Ik vind het heerlijk dat zij reeds nu zooveel van mij houdt, nu zij mij nog zoo weinig kent. Als ik haar later maar niet tegenval!'<sup>18</sup>

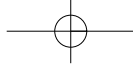
Lucas Egeling was de zoon van een Haarlemse arts die nationale bekendheid had vanwege zijn strijd tegen het alcoholmisbruik in zijn streven de lagere klassen te verheffen.<sup>19</sup> Lucas was in de voetsporen van zijn vader getreden: ook hij had medicijnen gestudeerd, zich als arts in Haarlem gevestigd en zich het vaak kommervolle bestaan van de arbeidersklasse aangetrokken. In 1857 was hij stadsgeneesheer geworden, waarmee hij onder andere de medische zorg voor de armen had gekregen. Met zijn collega-arts Lubach had hij *Schat der Gezondheid* opgericht, een gemakkelijk leesbaar tijdschrift over medische onderwerpen. In 1863 was Egeling benoemd tot 'referendaris der afdeling medische politie' aan het ministerie van Binnenlandse Zaken. Het gezin (naast



Wies was er nog een jongere dochter, Johanna Maria) was toen naar Den Haag verhuisd. Als referendaris adviseerde Egeling de minister over wetgeving op geneeskundig gebied. In 1865 was hij inspecteur voor het geneeskundig staatstoezicht voor Zuid-Holland geworden, vooral een administratieve functie. Ook buiten zijn werk had Egeling zich steeds ingezet voor de verbetering van de volksgezondheid: hij had zich in Den Haag beijverd voor de koepokinenting, was actief geweest in de plaatselijke afdeling van de Vereeniging tot Bevordering der Volksgezondheid en in 1874 had hij een studie over een rioleringsstelsel gepubliceerd. Onderzoek naar epidemieën en hygiëne moest hij door zijn drukke baan laten liggen.<sup>20</sup> Egeling was van huis uit Nederlands-hervormd en had zijn twee dochters hervormd laten dopen (zijn vrouw was Evangelisch-Luthers). Op enig moment na zijn vestiging in Den Haag had hij, met zijn twee dochters, de kerk verlaten.<sup>21</sup> Het was een in die tijd nog zeer zeldzame stap. In 1879 stond slechts 0,3% van de Nederlandse bevolking officieel als buitenkerkelijk te boek. Deze stap maakt begrijpelijk dat Egeling een van de oprichters was van de Vereeniging voor Lijkverbranding. Crematie was toen nog, op christelijke gronden, wettelijk verboden.

Hugo en Wies trouwden op 10 april 1879 in Den Haag. Getuigen waren Hugo's broer Egbert, zijn vader (die opvallend archaïsch tekent als 'Gerrit de Vries Abrahamszoon'), Herman van Capelle, referendaris van het ministerie van Binnenlandse Zaken (waarschijnlijk een goede bekende van zowel Gerrit de Vries als Lucas Egeling) en neef J.H. Krelage.<sup>22</sup> Van een kerkelijke huwelijksinzegening zijn geen sporen gevonden. Het paar vestigde zich op het adres Plantage Kerklaan 9 in Amsterdam, niet ver van de Hortus. Maar een ander huis lag in het verschiep. De Vries' grootmoeder Reuvens had in januari 1879 een perceel grond gekocht aan de Plantage Parklaan, tegenover de Hortus, met de bedoeling daarop een huis te laten bouwen. In mei 1884 was het huis gereed en trokken Hugo, Wies en de twee inmiddels geboren zoontjes Otto (1881) en Ernst (1883) erin. In een brief aan Moll typeerde De Vries het huis als 'groot en ruim en zeer genoeglijk'.<sup>23</sup> In augustus 1885 schonk grootmoeder Reuvens het huis aan haar kleinzoon.<sup>24</sup>

In 1885 en 1888 werd het gezin uitgebreid met respectievelijk dochter Eva en zoon Wouter.<sup>25</sup> Geen van de kinderen werd gedoopt en met het geloof opgevoed. Hugo en Wies volgden daarin dus de door vader Egeling ingezette traditie. Persoonlijk hield De Vries vast aan zijn eigen familietraditie: hij bleef zijn leven lang lidmaat van de doopsgezinde gemeente.<sup>26</sup> 'Kerkelijk was hij niet, maar ik waag het hem als geloovig man aan te merken', aldus zijn leerling Theo Stomps in een lezing lang na De Vries' dood. Stomps haalde in zijn



lezing een herinnering op aan een gezamenlijk bezoek aan de Dom in Keulen in 1909. ‘Het trof mij zoals professor De Vries daarbij zweeg. Geen woord liet hij vallen gedurende het gehele bezoek, bewonderend wat er te zien was. ... Op een gegeven moment maakte ik een spottende opmerking over het vele geld dat geloovigen hadden moeten opbrengen om dit alles tot stand te brengen. Steeds bleef professor De Vries zwijgen. Maar ternauwernood waren wij de Dom uit, of hij zei: “Nu moet ik je toch eens zeggen dat ik niet begrijpen kan, hoe je op zoo’n gewijde plaats kunt spotten”. Eén keer vroeg Stomps zijn leermeester hoe die dacht over de verhouding tussen geloof en wetenschap. ‘En zijn antwoord was: “Als er geen God was, had ik nooit mijn vondsten kunnen doen”.<sup>27</sup> Uit geen van zijn publicaties blijkt evenwel dat De Vries zich in zijn werk door een geloof in God liet leiden of inspireren.<sup>28</sup>

Wies Egeling was 55 jaar lang een toegewijde en betrokken echtgenote. Ze was intelligent en goed opgeleid. Zo sprak en schreef ze probleemloos Engels en Duits.<sup>29</sup> Voor meisjes waren er in Den Haag gedurende de jaren zestig nog geen mogelijkheden voor een middelbare-schoolopleiding en het ligt voor de hand dat ze een particuliere school had gevolgd of huisonderwijs had gekregen. Na haar huwelijk met De Vries verdiepte ze zich in de plantkunde (in het najaar van 1879 volgde ze een reeks lezingen door Willem Moll voor het genootschap Felix Meritis)<sup>30</sup> en in het werk van haar echtgenoot. Hugo nam haar belangstelling zeer serieus. Hij hield haar, getuige zijn brieven, goed op de hoogte van wat hij deed en gaf haar exemplaren en overdrukken van al zijn publicaties.<sup>31</sup>

### Een nieuw laboratorium

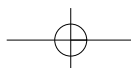
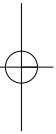
Zijn benoeming tot hoogleraar was voor De Vries natuurlijk niet alleen in materieel opzicht voordelig. Zij gaf hem ook meer status en tevens meer invloed, aangezien hij nu toetrad tot het bestuur van de faculteit Wis- en Natuurkunde dat gevormd werd door de hoogleraren van die faculteit. Hij kon nu dan ook serieus werk gaan maken van de inrichting van zijn laboratorium. Spoedig nadat hij zich in zijn nieuwe kamer in de Hortus had geïnstalleerd, was zijn oog al gevallen op de naastgelegen bergruimte. Daar stonden allerlei spullen van de hortulanus, waaronder een grote mangel voor het persen van linnengoed. Verder lagen er meterslange bundels met vezels, restanten van een inzending voor een onlangs in het Paleis voor Volksvlijt gehouden tuinbouwtentoonstelling.<sup>32</sup> De Vries maakte van de bundels kleine pakketjes om op college te vertonen. Uiteindelijk verdween ook de mangel en kon hij de kamer in z’n geheel in gebruik nemen.<sup>33</sup> Een goede huisvesting was een probleem waar meer hooglera-

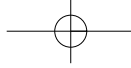




ren van de faculteit mee zaten. De natuurkundigen behielpen zich met enkele vertrekken in de Garnalendoelen aan het Singel, het gebouw dat het Athenaeum in 1862 als hoofdvestiging had betrokken. Bij de benoeming in 1877 van J.D. van der Waals, leraar en directeur van de HBS in Den Haag, tot hoogleraar natuurkunde had het gemeentebestuur echter al in principe besloten een nieuw natuurkundig laboratorium te zullen laten bouwen.<sup>34</sup> In januari 1878 had De Vries het bestuur van de faculteit Wis- en Natuurkunde gevraagd of in dat laboratorium een ruimte van 300 m<sup>2</sup> gereserveerd kon worden voor de plantenfysiologie. Het bestuur had daar terughoudend op gereageerd gezien de beschikbare ruimte en hem verzocht zich direct tot B en W te wenden.<sup>35</sup> De Vries had vervolgens een brief met uitgebreide toelichting naar het college geschreven, wat slechts had geresulteerd in een kleine aanpassing van de ramen van de twee ruimten die hij gebruikte.<sup>36</sup> In de loop van de zomer en het najaar ontstond echter, in overleg tussen de wethouder Onderwijs, de afdeling Publieke Werken en de twee hoogleraren botanie, het plan om zowel op de twee kamers die De Vries gebruikte als op de kamer die Oudemans gebruikte en de aangrenzende oranjerie een nieuwe verdieping te bouwen. Op 12 februari 1879 gaf de gemeenteraad haar goedkeuring aan de oprichting van 'een laboratorium voor experimentele plantenfysiologie' en het opgestelde bouwplan, waaraan een prijskaartje van f 14.000 hing.<sup>37</sup>

Voor De Vries betekende dit besluit nog slechts de eerste stap. Over de inrichting van het laboratorium was namelijk niets geregeld. Eind juni stuurde hij daarom opnieuw een uitvoerig betoog naar B en W waarin hij schetste in welke droevige situatie hij de afgelopen twee studiejaar had moeten werken. Instrumenten, glaswerk, chemicaliën, preparaten, modellen en andere materialen voor het fysiologisch en anatomisch onderwijs, ja zelfs 'de meest noodzakelijke en meest eenvoudige hulpmiddelen' ontbraken. Ook de uitrusting voor het microscopiepracticum liet sterk te wensen over: microscopen waren er namelijk niet. Enkele bemiddelde studenten hadden zelf een instrument, maar de meesten konden dit niet betalen en daardoor niet aan het practicum deelnemen. 'Toch is het zeer wenschelijk vooral de aanstaande medici in staat te stellen zich in het gebruik van het mikroskoop te oefenen, daar zij bij hunne latere studiën deze kennis ten zeerste behoeven', betoogde De Vries. Het materiaalgebrek was ook een probleem voor de ouderejaars studenten plant- en dierkunde, 'aan welke de ondergeteekende thans in den regel zijn eigen mikroskoop moet leenen, om ten minste eenigszins in de bestaande behoefte te voorzien'. Ter ondersteuning van zijn colleges had De Vries zelf enkele wandplaten getekend danwel zijn schetsen door de amanuensis laten uitvoe-





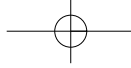
ren. Uitbreiding van de collectie was noodzakelijk, maar een behoorlijke kast om de platen op te bergen ontbrak. Om het laboratorium volgens zijn eisen in te richten was, zo rekende De Vries B en W voor, een bedrag van f 6200 nodig.<sup>38</sup>

B en W staken hun licht op bij het bestuur van de faculteit der Wis- en Natuurkunde dat liet weten tegen deze uitgave geen bezwaar te hebben.<sup>39</sup> Ook Curatoren hadden geen bezwaar, mits de uitgave voor microscopen (waarvoor De Vries f 750 had berekend) werd geschrapt. Curatoren meenden namelijk dat de studenten die zelf moesten kopen.<sup>40</sup> Opnieuw klom De Vries in de pen: de microscopen waren ook bedoeld voor demonstratie (voor dat doel was slechts één microscoop aanwezig, en die werd door Oudemans gebruikt), sommige studenten gebruikten de microscoop ook bij zoölogie en histologie en meer dan één apparaat bezitten was te veel van hen gevraagd (en slepen met een microscoop van college naar college uiteraard onwenselijk), en ten slotte bleef het feit dat sommige studenten gewoon te arm waren om een instrument te kopen.<sup>41</sup> Na kennis genomen te hebben van deze argumenten gaven Curatoren zich gewonnen en werd het totale bedrag toegekend dat De Vries had gevraagd.<sup>42</sup>

Overigens zal De Vries bij zijn inspanningen voor een goede huisvesting niet uitsluitend aan het belang van zijn studenten gedacht hebben. Zijn onderzoek naar plantengroei dat hij in Duitsland was begonnen wilde hij graag voortzetten, en daarvoor was een goed ingericht laboratorium natuurlijk noodzakelijk.

In februari 1880 waren de tekeningen voor de verbouwing gereed en vond de aanbesteding van het werk plaats. De kamer die De Vries bij zijn aantreden toegewezen had gekregen werd bestemd tot bergkamer voor instrumenten en de plaats waar collegeproeven voorbereid werden. De voormalige mangelkamer die hij later ook had betrokken werd grotendeels kantoor voor de hortulanus. Verder werden er een kamer voor de amanuensis, een privaat en een trap naar de nieuwe verdieping gemaakt. Deze verdieping zou bestaan uit een laboratoriumruimte, een ruimte voor watercultures en een donkere kamer. Boven de kamer van Oudemans en de aangrenzende oranjerie kwamen een ruimte voor bibliotheek en herbarium, een laboratorium voor ouderejaars studenten en een microscopiekamer.<sup>43</sup> In oktober 1880, bij het begin van het nieuwe collegejaar, was het nieuwe laboratorium gereed.<sup>44</sup> Het ruimtegebrek was hiermee echter nog niet geheel opgelost. In 1882 en 1885 werden zowel de ruimten die Oudemans als die De Vries gebruikten enkele meters in de richting van de tuin uitgebouwd. Aan het collegegebouw werd in 1883 een wachtkamer toegevoegd.<sup>45</sup>

De institutionalisering van het botanisch onderwijs in Amsterdam kreeg

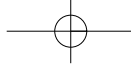


in 1880 nog op een andere wijze vorm. In dat jaar verscheen het eerste deel van het *Leerboek der plantenkunde* dat De Vries en Oudemans samen schreven. Dit eerste deel, van de hand van De Vries, behandelde de fysiologie en anatomie. Het tweede deel, geschreven door Oudemans, ging over morfologie en systematiek; het verscheen in 1883. In 1884 schreef De Vries nog een derde deel: een handleiding voor het vervaardigen van microscopische preparaten.<sup>46</sup> Enkele decennia lang fungeerde het *Leerboek* als het basishandboek voor het botanisch onderwijs in Amsterdam; het beleefde een groot aantal herdrukken. Ook buiten Amsterdam werd het gebruikt. De Vries' Leidse leermeester Suringar voerde het deel over fysiologie en anatomie al spoedig na verschijnen voor zijn studenten in.<sup>47</sup> Na het in 1867 verschenen tweede deel van Oudemans' *Leerboek der plantenkunde* was De Vries' boek het eerste Nederlandstalige leerboek over plantenfysiologie voor het hoger onderwijs. Vergelijking met Sachs' *Lehrbuch der Botanik* laat zien dat De Vries dit beslist als inspiratiebron heeft gebruikt. Niet verwonderlijk is dat De Vries vrij uitvoerig ingaat op groei en bewegen; zijn eigen experimenten en resultaten zijn gemakkelijk te herkennen.

#### **Van buitengewoon naar gewoon**

Net als op de andere universiteiten was het aantal hoofdvakstudenten plant- en dierkunde in Amsterdam zeer gering. Bij De Vries' aantreden in 1877 waren het er slechts drie geweest en de volgende jaren was dat aantal maar weinig toegenomen. Pas aan het einde van de jaren negentig zou hun aantal boven de tien komen.<sup>48</sup> Zo klein als het aantal studenten plant- en dierkunde was, zo groot was het aantal studenten medicijnen en farmacie dat de colleges en practica volgde: het bedroeg jaarlijks ettelijke tientallen. Het studentenblad *Propria Cures* berekende in 1903 dat een kwart van de 2800 toen in Nederland gevestigde artsen ooit eens college bij De Vries had gelopen.<sup>49</sup>

Sinds zijn benoeming tot buitengewoon hoogleraar gaf De Vries colleges fysiologie en anatomie en bovendien twee middagen per week microscopiepracticum; in totaal negen uur per week onderwijs (Oudemans had nog elf uur).<sup>50</sup> De stof die hij behandelde, zijn vele demonstratieproeven en zijn inzet tijdens practica en excursies maakten al snel dat hij zeer gewaardeerd werd door zijn studenten, zijn collega's en het gemeentebestuur. Er brak dan ook een lichte paniek uit toen in januari 1881 de Landwirthschaftliche Hochschule in Berlijn, die na ruim vijfjaar voorbereiding eindelijk van de grond kwam, De Vries de lang geleden beloofde positie van hoogleraar plantenfysiologie aanbood. Van Tienhoven, inmiddels burgemeester van Amsterdam en in die positie president-curator van de universiteit, liet in de raadsvergadering van



26 januari weten dat De Vries hem enkele dagen eerder over het aanbod had ingelicht. Het was zeer aantrekkelijk: het jaarsalaris bedroeg het dubbele van wat Amsterdam bood, De Vries zou de vrije hand krijgen bij de inrichting van zijn laboratorium, hij zou een assistent krijgen en maar een paar uur college per week hoeven te geven. Van Tienhoven liet de raad weten dat hij het zeer zou betreuren wanneer De Vries zou vertrekken. 'De algemeen erkende kennis van dien professor maakt deze tot eene illustratie voor onze universiteit', zo meende hij. Volgens hem was het mogelijk De Vries te behouden door hem van buitengewoon hoogleraar te bevorderen tot gewoon hoogleraar. De gemeenteraad was het unaniem met de burgemeester eens.<sup>51</sup> Een paar dagen later lichtte de burgemeester zijn collega-curatoren in en ook die meenden unaniem dat De Vries de bevordering moest worden toegekend.<sup>52</sup> Men besloot steun te zoeken bij het bestuur van de faculteit Wis- en Natuurkunde, maar dat had reeds actie ondernomen: een verzoekschrift, ondertekend door acht hoogleraren, was verzonden aan de president-curator waarin werd aangedrongen 'middelen te willen beramen' waardoor De Vries het aanbod uit Berlijn zou afslaan.<sup>53</sup> De Vries zelf ontving een door 125 studenten ondertekende brief waarin die lieten weten 'dat zij u met groot leedwezen zien vertrekken, en met evenveel bescheidenheid als aandrang verbinden zij er de verwachting aan dat hunne stem bij het door u te nemen besluit in overweging moge genomen worden'. En ook het bestuur van de 'Filosofische Faculteit', een subvereniging van het Corps voor studenten wiskunde en natuurwetenschappen, deed een beroep op hem in Amsterdam te blijven.<sup>54</sup> De acties hadden succes: De Vries sloeg het aanbod van Berlijn af en op 16 februari 1881 (zijn verjaardag) benoemde de gemeenteraad hem tot gewoon hoogleraar, met een salaris van f 4500 plus een aandeel in de collegegelden.<sup>55</sup>

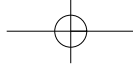
In een brief van ruim veertig jaar later suggereerde De Vries dat de benoeming in Berlijn vrijwel rond was geweest. 'Reeds had ik de tekeningen voor mijn laboratorium aldaar beoordeeld en uitgewerkt, toen de gemeenteraad te Amsterdam mij tot ordinarius benoemde'.<sup>56</sup> In werkelijkheid had hij helemaal niet veel zin om naar Berlijn te gaan en kreeg hij met het Amsterdamse ordinaat precies wat hij werkelijk wilde hebben. Dat blijkt uit een brief aan zijn vriend Moll van kort na het aanbod en waarschijnlijk ook kort na het gesprek met de burgemeester. De condities die Berlijn hem aanbood waren natuurlijk 'zeer fraai', zo schreef hij. 'Maar wat nog veel fraaier is, en wat ik je voorloopig onder geheimhouding kan mededeelen, is dat ik reden heb om te hopen dat de raad hierin aanleiding zal vinden om mij gewoon hoogleraar te maken. In dit geval zou ik natuurlijk hier blijven'.<sup>57</sup>

Bestuurders en studenten waren bijzonder verheugd over het besluit. Enkele dagen na de officiële benoeming, na afloop van de viering van de dies natalis van de universiteit en de onthulling van een buste van Minerva op het plein van het nieuwe universiteitsgebouw aan de Oudemanhuispoort, trok een grote groep feestvierders naar het huis van De Vries voor een serenade. 'Tooverachtig verlichtte het Bengaalsche vuur, op verschillende plaatsen door welwillende Amsterdammers afgestoken, den voorbijtrekkende stoet', berichtte het studentenweekblad *Vox Studiosorum*. 'Bij den heer De Vries deed de kapel van Carels haar opwekkende tonen wêergalmen, terwijl de senaat, eenige avunculi, benevens het bestuur der Philosophische Faculteit, de HH. Ruijs en Van 't Hoff, naar binnen gingen. Doch ook voor hen die buiten stonden zorgde de waardige hoogleeraar met zijne gewone welwillendheid, en deed het hun aan geen lafenis ontbreken'.<sup>58</sup>

Op het moment dat De Vries het aanbod uit Berlijn kreeg, stond hij nog steeds bij het Pruisische ministerie van Landbouw op de loonlijst voor het onderzoek naar vier landbouwgewassen. Van drie planten (klaver, aardappel en suikerbiet) had hij zijn resultaten in respectievelijk 1877, 1878 en 1879 gepubliceerd, zodat alleen de beschrijving van maïs nog resteerde.<sup>59</sup> Die is echter nooit verschenen. Heeft De Vries na zijn benoeming tot hoogleraar het contract eenzijdig opgezegd? Heeft hij van het ministerie ontheffing van zijn verplichtingen gekregen? Heeft het ministerie zelf het contract beëindigd toen duidelijk werd dat De Vries niet als hoogleraar in Berlijn het werk zou gaan voortzetten? Of heeft De Vries wel een manuscript ingeleverd maar is dat nooit gepubliceerd?<sup>60</sup> Wilhelm Rimpau, die hem eertijds in de geheimen van het landbouwbedrijf had ingeleid, vroeg zich nog in 1882 af waar het eindresultaat bleef. 'Denken Sie eigentlich noch an Vollendung der Monographien im Auftrag von Thiel', schreef hij De Vries, 'oder wird daraus in diesem Leben nichts mehr?'<sup>61</sup>

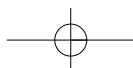
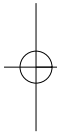
#### Studenten en toehoorders

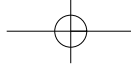
De studenten plant- en dierkunde, geneeskunde en farmacie toonden zich ook in de volgende jaren enthousiast over de colleges, practica en excursies van De Vries, zoals blijkt uit de berichten die daarover jaarlijks verschenen in de almanak van het Amsterdamsch Studentencorps. Hij werd geprezen om zijn 'duidelijke en heldere behandeling' van de collegestof en om zijn 'aangename leiding' van de practica, om zijn 'onverdroten ijver en nauwgezetheid' en zijn 'uitnemende gaven'. 'Zijne colleges werden ook door hen, die niet alleen examen doen maar ook studeeren, onder de meest gewaardeerde en nut-



tigste gerekend'. F.A.F.C. Went, die zich in 1880 aan de universiteit liet inschrijven en in 1885 bij De Vries promoveerde, twijfelde in het begin van zijn studie tussen plantkunde en scheikunde, maar koos uiteindelijk voor het eerste vanwege het onderwijs van De Vries. 'Zijn colleges muntten uit door een buitengewone helderheid', zo memoreerde hij jaren later. 'Men kon hem geen brilant spreker noemen; hij sprak zonder veel stemverheffing en zijn betoogtrant was rustig. Maar wat hij zeide was steeds zoodanig dat alle hoorders er wel door gepakt moesten worden'.<sup>62</sup>

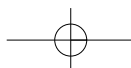
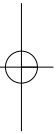
In zijn propedeutische colleges fysiologie en anatomie behandelde De Vries alleen bekende, afgeronde onderwerpen en geen onopgeloste problemen. Daarbij gaf hij alleen zijn eigen opvatting en niet die van anderen. Zijn capita selecta-colleges, die hij vanaf het studiejaar 1881-1882 gaf aan studenten plant- en dierkunde, waren geheel tegenovergesteld van karakter. Daarin behandelde hij specifieke onderwerpen uit de plantenfysiologie waarbij hij een overzicht gaf van de verschillende meningen met hun voors en tegens en de gehele literatuur over het onderwerp besprak. De studenten plant- en dierkunde die zich specialiseerden in de botanie kregen van De Vries een aparte behandeling. In het jaar 1881-1882 liet hij de vier studenten J.H. Wakker (begonnen in 1878), J.M. Janse, F.A.F.C. Went en H.P. Wijsman (alle drie begonnen in 1880) elke maand een avond bij hem thuis komen. Om de beurt hield een van de vier een voordracht over een onderwerp uit de anatomie of fysiologie, waarop de anderen (De Vries inclusief) dan reageerden. De bijeenkomsten eindigden officieel om tien uur, maar duurden meestal tot middernacht. De refereeravonden werden het volgende studiejaar voortgezet.<sup>63</sup> Voor hun doctoraalexamen en hun proefschrift (alle vier promoveerden zij bij De Vries) werkten Wakker, Janse, Went en Wijsman in het krappe laboratorium, zij aan zij met hun leermeester. 'Wij begrepen natuurlijk zeer goed welk voorrecht ons daardoor te beurt viel door het nauwe contact waarin wij dientengevolge met onzen leermeester kwamen', schreef Went later. 'Toch zou ik de waarheid te kort doen wanneer ik daarbij niet vermeldde dat dit toen niet altijd volkomen werd gewaardeerd, daar dientengevolge ook de vrijheid van onze gesprekken min of meer aan banden werd gelegd'. Een groot persoonlijk contact tussen leraar en leerling was er ook tijdens de excursies die in het voorjaar werden gemaakt. 'Het was vooral bij die gelegenheden', aldus Went, 'dat ons ingescherpt werd dat een plantenfysioloog de gewone inlandsche planten behoort te kennen, wil hij op den naam van botanicus aanspraak maken'. De Vries volgde hierbij kennelijk het voorbeeld van Sachs die immers hetzelfde standpunt huldigde.<sup>64</sup>

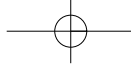




In het begin van de jaren tachtig werden De Vries' colleges en practica ook gevolgd door drie vrouwen: Anna van Bosse, een jonge en treurende weduwe die afleiding zocht, Margo Middelberg en Marie de Vries, een achternicht van Hugo de Vries; waarschijnlijk waren zij vriendinnen van elkaar. De drie hadden de status van toehoorder.<sup>65</sup> Iedereen kon zich als toehoorder aan een universiteit aanmelden; eisen aan de vooropleiding werden niet gesteld. Academische examens afleggen was echter niet toegestaan; daarvoor was een met succes afgelegd examen aan een gymnasium of toelatingsexamen aan een universiteit vereist. In bijzondere gevallen gaf de minister van Binnenlandse Zaken ontheffing van deze examenverplichting. Onbekend is of het de drie vriendinnen ontbrak aan de kwaliteiten of de durf, of dat zij eenvoudig de ambitie niet hadden om zich als gewoon student te kwalificeren. Het drietal lijkt direct geïnspireerd te zijn geweest door Neerlands' eerste studente Aletta Jacobs. Die had zich in 1871 aan de universiteit in Groningen als toehoorder aangemeld en was het volgende jaar door ministeriële dispensatie tot de academische examens toegelaten. In 1876-1877 bereidde zij zich in Amsterdam voor op het eerste gedeelte van haar artsexamen en raakte in die periode bevriend met Anna van Bosse. In 1879 promoveerde Jacobs in Groningen. Na haar revolutionaire eerste stap hadden zich op de universiteiten en de Polytechnische School in Delft steeds meer vrouwen gemeld, hetzij als toehoorder, hetzij als regulier student.<sup>66</sup>

Menig hoogleraar en lector verzette zich tegen de komst van vrouwelijke studenten, om uiteenlopende redenen: sommigen vonden studeren voor meisjes niet gepast, anderen meenden dat vrouwen een studie lichamelijk of geestelijk (of allebei) niet aankonden, en weer anderen vreesden een toevloed van studentes met een geringe vooropleiding en een verlaging van het van het onderwijsniveau. Maar over het algemeen waren de docenten (en mannelijke studenten) neutraal tot ronduit positief.<sup>67</sup> De Vries lijkt met zijn drie leergierige vrouwen geen problemen gehad te hebben. Toen in 1927 een verslaggeefster van het *Algemeen Handelsblad* hem vroeg hoe hij dacht over de vrouwelijke student, antwoordde hij: 'Ik heb de eerste jongedames aan de universiteit en op mijn colleges zien komen. Het waren intelligente meisjes; zij kwamen uit een beschaafd milieu, zij hadden open hersens en wisten zich aan te passen'. Over hun opvolgsters was hij echter minder te spreken: 'Later, toen het aantal groeide, toen veel meer jonge vrouwen zich tot het hoger onderwijs voelden aangetrokken, bleven mijn ervaringen niet altijd even gunstig. Toen heb ik wel eens geconstateerd dat niet het onderwijs, maar andere dingen, andere belangen op den voorgrond traden. Och, het is begrijpelijk, het is menselijk





maar... de wetenschap werd er niet door gebaat'.<sup>68</sup> De eerste drie toehoorders ontbrak het aanvankelijk aan de durf voor dergelijke niet-wetenschappelijke activiteiten: tijdens het microscopiepracticum werkten de vrouwen in een apart zaaltje en bij hoorcolleges durfden zij de collegezaal pas binnen te gaan als de hoogleraar arriveerde. 'Maar toch werden ook zij langzamerhand vrijmoediger', aldus Van Bosse later in haar herinneringen, en met de mannelijk studenten ontstonden goede vriendschappen.<sup>69</sup>

Marie de Vries bleef de rest van haar leven belangstelling voor planten houden; ze stuurde De Vries later vaak planten als materiaal voor zijn onderzoek naar variabiliteit.<sup>70</sup> Margo Middelberg studeerde verder aan de universiteit van Zürich, een universiteit waar men zonder gymnasiumdiploma de doctorstitel kon behalen en die veel vrouwen tot zich trok.<sup>71</sup> Ze ontmoette daar de botanicus en docent Carl Schröter met wie ze in 1884 trouwde.<sup>72</sup> Anna van Bosse kreeg, zo vertelde ze later, door de lessen van De Vries haar levenslust weer terug en bleef haar leven lang actief in de biologie. Zij trouwde in 1883 met De Vries' collega-hoogleraar voor zoölogie Max Weber en ontwikkelde zich tot een vooraanstaand algologe. De universiteit van Utrecht verleende haar in 1910 een eredoctoraat.<sup>73</sup> Uit dankbaarheid noemde zij in 1895 een nog niet beschreven alg die zij in Zuid-Afrika ontdekte naar De Vries: *Pseudocodium de-vriesii*.<sup>74</sup>

#### **Nuttige kennis voor iedereen**

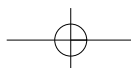
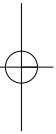
Tijdens zijn jaren als leraar aan de hbs had De Vries zich enkele keren op het terrein van de wetenschapspopularisering begeven door het geven van lezingen en cursussen en door het publiceren in publiekstijdschriften. Daar ging hij na zijn benoeming in Amsterdam mee door. In 1879 en 1881 hield hij weer lezingen voor de maatschappij *Diligentia* in Den Haag. 'Zelfs de dames waren in breede rijen opgekomen, ondanks het gure weer', zo schreef het *Dagblad van Zuid-Holland en 's-Gravenhage* over de eerste lezing. 'Geen wonder. Immers, de sympathieke jonge geleerde dr. Hugo de Vries was aan het woord en nog wel over een onderwerp dat de belangstelling van alle huismoeders in levendige mate opwekt'. De Vries sprak die avond over het inmaken van groenten en vruchten.<sup>75</sup> In de jaren tachtig echter lijkt De Vries het schrift de voorkeur boven het woord gegeven te hebben; van andere populaire lezingen uit deze jaren zijn namelijk geen berichten gevonden. In de jaren 1879-1883 publiceerde hij weer enkele keren in het weekblad *Eigen Haard*, en in 1881-1888 leverde hij een reeks bijdragen aan het *Maandblad van de Hollandsche Maatschappij van Landbouw*; verder waren er in de jaren tachtig incidentele bijdragen aan het

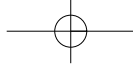




Nederlandsche Tuinbouwblad, Het Nieuws van den Dag, De Natuur, Kosmos en De Gids. Met ingang van de jaargang 1886 werd De Vries lid van de redactie van het *Album der Natuur*. Pieter Harting, hoogleraar in Utrecht, had het voorgaande jaar zijn functie neergelegd na 33 jaar, sinds de oprichting, aan het tijdschrift verbonden te zijn geweest. De andere twee redacteuren, de arts Lubach en de leeraar natuurkunde Logeman, net als Harting al vanaf het eerste uur voor het *Album* werkzaam, besloten de redactie uit te breiden met vier nieuwe leden, waaronder De Vries. Tot de opheffing van het *Album* in 1909 zou De Vries redactielid blijven. Hij schreef er in die jaren iets meer dan honderd artikelen voor. Bovendien verzorgde hij honderden korte uittreksels uit recente botanische literatuur voor het 'wetenschappelijk bijblad'.

De onderwerpen waarover De Vries in de populaire bladen schreef zijn zeer uiteenlopend. Lang niet altijd hebben ze iets te maken met zijn eigen onderzoek. Met behulp van de artikelen de aandacht vestigen op zijn eigen werk lijkt zeker niet onbelangrijk te zijn geweest, maar zijn bedoeling is veel breder. Hij wil leken en (bij de artikelen voor het blad van de Maatschappij van Landbouw) landbouwers kennis en begrip bijbrengen van biologische (vooral fysiologische) processen, kennis die in de dagelijkse praktijk van nut kan zijn: als men weet wat er gebeurt, weet men ook hoe men moet handelen. In een artikel over ingemaakte vruchten bijvoorbeeld maakt hij duidelijk waarom dergelijke vruchten niet bederven. Want elke huisvrouw zal toch 'wenschen te weten en te begrijpen waartoe de verschillende handgrepen dienen die zij bij het inmaken van haren wintervoorraad pleegt te gebruiken'. Alleen de kennis van de algemene beginselen zou volgens De Vries al helpen 'om in voorkomende gevallen een duidelijk inzicht in de beteekenis der verschillende handelwijzen te verkrijgen', om eenvoudiger en beter te werken en om plotselinge moeilijkheden op te lossen. 'Om al deze redenen behoort steeds met de ervaring een wetenschappelijk inzicht gepaard te gaan'.<sup>76</sup> In de inleiding op een reeks artikelen over de verzorging van kamerplanten laat De Vries weten niet de bedoeling te hebben 'empirische voorschriften' te geven. 'Veeleer wil ik trachten, door de bespreking van enkele levensverschijnselen, de beteekenis van eenige gebruikelijke handelwijzen toe te lichten ten einde mijne lezers in staat te stellen zelve te beoordeelen wat hunnen planten toekomt, en in welke opzichten deze vooral op een goede behandeling aanspraak mogen maken'.<sup>77</sup> In 1883 schrijft De Vries over een kort tevoren in Duitsland ontdekt middel dat verhindert dat opgeslagen aardappelen in de winter zoet worden, een proces dat er soms toe leidt dat de aardappelen oneetbaar worden. Hij beschrijft het proces dat hiervoor verantwoordelijk is, hoe het middel dat tegen-





gaat, en spreekt ten slotte de hoop uit dat het middel spoedig ook in Nederland benut zal worden.<sup>78</sup> In de artikelen voor het *Maandblad van de Maatschappij van Landbouw* laat De Vries onder andere zien hoe planten zich beschermen tegen in overmaat opgenomen hoeveelheden kalk en kiezelzuur;<sup>79</sup> hoe de bevruchting bij granen in zijn werk gaat en hoe men met die kennis soorten kan verbeteren en creëren en men de opbrengst kan vergroten;<sup>80</sup> of hij verklaart de bouw en werking van de wortelharen om te laten zien hoe planten op droge grond toch voldoende water op kunnen nemen en wat er kan gebeuren als men bij het verplanten te ruw met de wortels omgaat.<sup>81</sup> Kortom: wetenschap en praktijk zijn uitstekende partners bij het oplossen van problemen, bij het verbeteren van land- en tuinbouw, en kunnen daarmee bijdragen aan het vergroten van de materiële welvaart.

Maar De Vries lijkt bij het schrijven van zijn populaire artikelen ook geleid te zijn door de overtuiging dat weten plezierig is en dat kennis een beschavende werking heeft. In zijn necrologie voor Pieter Harting (die in december 1885 overleed) prees De Vries hem om precies die houding: 'Warme liefde voor de studie der natuur bezielde hem, doch niet minder bezielend werkte in hem de overtuiging dat de vooruitgang der beschaving in onzen tijd niet alleen berust op den invloed dien de natuurwetenschappen op alle takken van handel en nijverheid uitoefenen, maar meer nog op de richting der geestesontwikkeling die van haar uitgaat'. Harting had aan het einde van zijn leven geconstateerd dat mede door hem kennis over de natuur in alle lagen van de bevolking was doorgedrongen. 'Gelukkig hij, die met groote voldoening de vruchten van zijn arbeid mag aanschouwen', verzuchtte De Vries.<sup>82</sup> Veel artikelen die De Vries schreef in het *Album der Natuur* zijn verzamelingen feiten en weetjes: over de nog weinig in Nederland bekende 'kola-noot';<sup>83</sup> over het sprookje dat zaden die in Egyptische piramides zijn gevonden nog kiemkrachtig zijn;<sup>84</sup> of over de maretak (*Viscum album*) waaraan 'alles ... even vreemd (is). Waarlijk, zij is een nadere kennismaking wel waard'.<sup>85</sup> Allemaal niet direct nuttig maar wel leuk om te weten. Maar net zo vaak gaan de artikelen in het *Album* over nieuwe ontdekkingen in de landbouw: over kruisingen van de katoenplant met andere soorten om een productievere soort te creëren;<sup>86</sup> of een nieuwe methode om de koffiebladziekte tegen te gaan.<sup>87</sup> Ook leuk om te weten, en bovendien heel erg nuttig.<sup>88</sup>

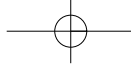
### Ziekten bij bloembollen

In zijn pleidooi voor de samenwerking tussen wetenschap en praktijk hield De Vries het niet bij woorden alleen: uit de jaren tachtig zijn drie gevallen be-

kend waarbij hij actief betrokken was bij de oplossing van een praktisch probleem. Zijn rol was echter vooral die van organisator; zelf het onderzoek uitvoeren deed hij nauwelijks.

Het eerste onderzoek betrof de ziekten bij bloembollen.<sup>89</sup> J.H. Krelage, bollenkweker in Haarlem, had zich in 1874 al eens tot Oudemans gewend met de vraag of die iets voelde voor een gedegen, wetenschappelijk onderzoek naar ziekten bij hyacinten, maar tot zijn ergernis bij hem geen gehoor gevonden. Enkele jaren later had hij De Vries over zijn plan gepolst. Die had niet afwijzend gereageerd, maar gemeld dat hij wegens tijdgebrek voorlopig niets kon doen. In het voorjaar van 1881 informeerde Krelage bij De Vries, inmiddels benoemd tot gewoon hoogleraar en in het bezit van een behoorlijk laboratorium, 'of de zaak u blijft interesseeren en of u genegen zijt u er mede bezig te houden'. Onderzoek was namelijk meer dan ooit gewenst. Een geheimzinnige ziekte waarbij delen van bollen veranderen in een gelige, slijmerige massa ('geelsnot' genoemd) en die zich in het begin van de jaren zeventig in de Hollandse bollenstreek had gemanifesteerd, breidde zich steeds verder uit. De Vries reageerde dit keer welwillend, waarop Krelage hem een partij zieke hyacinten stuurde. De conclusie dat een bacterie de ziekte veroorzaakt was snel getrokken. Edouard Prillieux, docent aan het Institut Agronomique in Versailles, ontdekte tegelijkertijd dat een andere ziekte, het zogenaamde ringziek, door een aaltje veroorzaakt werd; hij noemde het *Tylenchus hyacinthi*. De Vries kon die conclusie spoedig bevestigen en schreef daarover een kort verslag. Krelage wilde het graag aanbieden aan de *Haarlemsche Courant*, waarin hijzelf ook wel eens over het bloembollenvak publiceerde, of (met het oog op de katholieke bollenkwekers) *De Tijd*. Maar De Vries schrok terug voor zoveel publiciteit: 'Dit is een gebied waarop ik mij nooit bewogen heb en mij ook bij voorkeur niet zou begeven', protesteerde hij bij Krelage. De Vries' verslag werd toen als een afzonderlijke brochure gedrukt door de Algemeene Vereeniging voor Bloembollencultuur (waarvan Krelage voorzitter was) en onder de leden verspreid. In de brochure betoogde De Vries dat Prillieux' onderzoek liet zien dat 'alleen een grondige kennis van deze parasietische wezens den waren grondslag eener rationeele behandeling der plantenziekten kan vormen'.<sup>90</sup>

Gesterkt door de resultaten stuurde Krelage opnieuw hyacinten die door allerlei kwalen waren aangetast. Dit keer verliep het onderzoek minder voorpoedig: De Vries concludeerde dat elke ziekte verschillend was en een eigen aanpak vereiste. 'Zou het niet wenschelijk zijn, bij voorkomende gelegenheid, middelen te beramen om zulk een uitvoerig onderzoek uit te lokken?', schreef hij Krelage. Het werk zou zeker enkele jaren duren. Zijn student Wakker, die

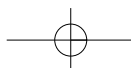
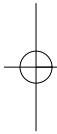


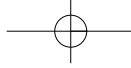
hem bij zijn eerdere onderzoeken al behulpzaam was geweest, was volgens hem een goede kandidaat voor de klus. Hij zette Wakker alvast aan het werk, maar zag er wel op toe dat die ook de nodige aandacht aan zijn doctoraal-examen bleef besteden (waarvoor hij overigens pas op 21 april 1883 zou slagen).

In het voorjaar van 1882 verschenen er in de pers plotseling berichten over de geheimzinnige geelsnot-ziekte en over de ramp die zou dreigen, met allerlei speculaties over de oorzaken ervan. Een kweker had aan de *Leidsche Courant* gemeld dat ‘wetenschappelijke mannen, als dr. Hugo de Vries en anderen’ de zaak al enkele keren hadden onderzocht ‘zonder dat deze heeren zelfs den aard der ziekte hebben kunnen constateren’. De Vries zag zich genoodzaakt hiertegen in het geweer te komen: hij meldde dat het onderzoek al hoopgevende resultaten had opgeleverd en dat nadere informatie spoedig zou volgen.<sup>91</sup> Die informatie gaf De Vries tijdens een bijeenkomst van het Genootschap tot Bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde op 1 november 1882. Op verzoek van Krelage hield hij dezelfde lezing in februari 1883 voor de leden van de Vereniging voor Bloembollencultuur. Het plan om opdracht te geven tot onderzoek naar het geelziek (een benaming waaraan De Vries de voorkeur gaf boven geelsnot; ‘Dit klinkt minder onaesthetisch’) circuleerde inmiddels onder de bestuursleden van de Vereniging. Krelage hoopte met de lezing bestuur en leden ‘uit te lokken’ (zoals De Vries eerder had geschreven) tot het verstrekken van de opdracht, wat in de algemene ledenvergadering van de volgende maand zou worden voorgesteld. Om ook degenen die niet bij de lezing aanwezig waren geweest warm te krijgen voor het voorstel publiceerde Krelage een uitvoerig verslag van De Vries’ betoog in de *Haarlemsche Courant*.<sup>92</sup>

De lezing had het gewenste resultaat: in maart 1883 besloot de Vereniging met algemene stemmen een wetenschappelijk onderzoek naar de ziekten bij hyacinten uit te laten voeren.<sup>93</sup> Wakker kreeg een contract aangeboden voor de periode van 1 mei 1883 tot 31 augustus 1885, met stilzwijgende verlenging van een jaar. Op aandringen van De Vries werd als voorwaarde gesteld dat Wakker gedurende het wintersemester 1883-1884 aan de universiteit in Straatsburg bij Anton de Bary, dé specialist op het gebied van paddestoelen, schimmels en bacteriën, zou studeren om de noodzakelijke theoretische en praktische kennis op te doen. De Vries kon hem die onvoldoende bieden, en elders in Nederland was die kennis evenmin te halen. Als blijk van waardering verleende de Vereniging De Vries het erelidmaatschap.

In zijn herinneringenboek schreef De Vries later de volgende anekdote over de beslissende lezing. ‘Op de vergadering was een vooraanstaand kweker aanwezig, die een bekend tegenstander van de samenwerking tusschen praktijk

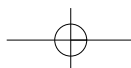


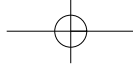


en wetenschap was. Na afloop vroeg Krelage hem waarom hij eigenlijk gekomen was. "Ik kwam eens hooren welke domheden een leek op ons gebied te hooren zou geven". "En welke domheden hebt gij gehoord?" Antwoord: geen. Krelage bracht mij dit gesprek over, en zelden in mijn leven heb ik mij meer gevlijd gevoeld dan toen'.<sup>94</sup>

De Vereeniging beloofde Wakker met een vergoeding van f 2000 per jaar. Aangezien de eigen kas daarvoor niet geheel toereikend was, werd voor 1883 (met succes) subsidie aangevraagd bij het Rijk en de provincie Noord-Holland. Zijn reiskosten naar Haarlem voor overleg en onderzoek ter plaatse en, in de winter van 1884-1885, het geven van een cursus voor de leden van de Vereeniging moest Wakker uit eigen zak betalen. Ook voor zijn verblijf in Straatsburg kreeg hij geen extra vergoeding. Van zijn onderzoek, dat hij vooral in De Vries' laboratorium verrichtte, maakte Wakker drie verslagen die door de Vereeniging werden gepubliceerd. Aanvankelijk richtte Wakker zich op ziekten bij hyacinten, later onderzocht hij ook ziekten bij andere bolgewassen. Voor 1884 en 1885 verleende het Rijk opnieuw subsidie, maar een subsidieverzoek aan de provincie Zuid-Holland voor 1884 werd afgewezen. De kas van de Vereeniging raakte spoedig uitgeput en in juni 1885 moest het hoofdbestuur besluiten het onderzoeksproject te stoppen. Bij dat besluit zal waarschijnlijk ook meegespeeld hebben dat van de leden maar weinig waardering voor Wakkers resultaten kwam. Ernst Krelage, zoon van de voorzitter en enkele jaren student plant- en dierkunde aan de Universiteit van Amsterdam, roemde in 1910 het onderzoek als 'een der schoonste en roemrijkste bladzijden in de geschiedenis der vereeniging'. Het was volgens hem de eerste stap naar het systematisch onderzoek van plantenziekten bij cultuurgewassen geweest, onderzoek dat in 1910 in volle gang was en waarvan het nut toen door niemand meer betwijfeld werd.<sup>95</sup>

Tegelijk met het onderzoek aan de bloembollenziekten werkte Wakker aan zijn proefschrift, waarop hij op 5 maart 1885 promoveerde. Het was De Vries' eerste optreden als promotor. Het proefschrift was een studie over de plaatsen waar adventieve knoppen ontstaan en 'de wetten, die de vorming der adventieve knoppen beheerschen'. Het was een voornamelijk theoretische, anatomisch-morfologische studie. Blijkbaar vond De Vries het praktische onderzoek van Wakker niet geschikt voor een wetenschappelijke proeve van bekwaamheid. Alleen in de inleiding schrijft Wakker (geheel in de geest van zijn leermeester) hoe jammer het is dat 'nog talrijke ontdekkingen niet tot de praktijk doorgedrongen en zeker niet minder talrijke, reeds lang in de praktijk bekende feiten nog niet wetenschappelijk onderzocht (zijn)'.<sup>96</sup>

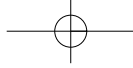




Na het officiële einde van zijn opdracht voor de Vereeniging voor Bloembollencultuur bleef Wakker nog anderhalf jaar in De Vries' laboratorium werken om het project af te ronden en bijdragen te leveren aan het onderzoek van zijn leermeester. In 1887 werd hij assistent van de hoogleraar botanie in Utrecht Klaas Rauwenhoff, vervolgens was hij leraar aan de Zuivelschool in Alphen-Oudshoorn en leraar biologie aan een middelbare school. Een wetenschappelijke carrière leek in het verschiet te liggen toen hij in 1892 werd benoemd tot directeur van het Proefstation Oost-Java voor suikerriet. Met zijn studiegenoot Went onderzocht hij er onder andere de ziekten die bij het gewas voorkomen. Verder wist hij door kruisingen een productiever type suikerriet te verkrijgen. Veel waardering kreeg hij echter niet: verschillende mensen werkten hem tegen en in 1897 werd hij aan de kant geschoven. Terug in Nederland werd hij leraar in Den Bosch. Voor de vacature van hoogleraar in Leiden in 1898 werd hij gepasseerd, net zoals twee jaar eerder al was gebeurd bij vacatures in Utrecht en Amsterdam. Volgens Went in een 'In memoriam' kwam dit alles door 'het weinig plooibare van Wakkers karakter. Zodoende stootte hij herhaaldelijk het hoofd en hij behoorde niet tot de mensen die gemakkelijk buigen konden. Daardoor kreeg hij den naam van een lastig man, waarbij de fama zeker in sterke mate overdreef. De laatste dertig jaar van zijn leven sleet Wakker eenzaam en verbitterd als leraar. Publiceren deed hij na 1898 niet meer.'<sup>97</sup>

#### **Verontreiniging van water, kaas en gist**

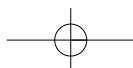
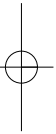
In de zomer van 1882, terwijl het onderzoek naar de ziekten bij hyacinten langzaam op gang kwam, maakte D.J. Coster, inspecteur voor de keuring van voedingsmiddelen in Amsterdam, De Vries attent op het voorkomen van de bacterie *Crenothrix polyspora* in het Amsterdamse drinkwaternet. In enkele Duitse steden had deze bacterie eerder tot grote overlast geleid. *Crenothrix* haalt zijn energie uit de oxidatie van ijzerionen en vormt grote vlokken ijzerhydroxide die de waterleidingen verstoppen. De Vries onderzocht de verontreiniging (zonder te streven naar een oplossing) en schreef er een artikel over.<sup>98</sup> Het was er waarschijnlijk de oorzaak van dat hij in 1887 door het gemeentebestuur van Rotterdam werd gevraagd zitting te nemen in een onderzoekscommissie toen daar in de waterleiding *Crenothrix* plotseling een plaag werd. De commissie adviseerde te voorkomen dat de voedingsstoffen voor de gevreesde bacterie in de bassins en het leidingennet terecht kwamen. Daarvoor moest het water van de Maas dat tot drinkwater werd verwerkt beter gefilterd worden en het gebruik van hout in de waterkelders moest worden vermeden. De Vries assisteerde de voorzitter van

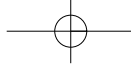


de Rotterdamse Openbare Gezondheidscommissie bij diens bacteriologische en microscopische onderzoek.<sup>99</sup> Het rapport van de commissie verscheen niet in druk. De Vries verzorgde van de resultaten die hij verzamelde tijdens zijn commissariaat en tijdens enkele latere bezoeken aan het waterleidingcomplex in 1890 een Duitstalige publicatie. Deze houdt het midden tussen een flora en fauna van de Rotterdamse waterleiding en een praktische handleiding om verontreiniging van een drinkwatercomplex te voorkomen.<sup>100</sup> Voor zijn medewerking aan de commissie ontving De Vries tot zijn verbazing een honorarium van f 1000. 'Bacteriën zijn toch goede dingen!', schreef hij Moll.<sup>101</sup>

Het onderzoek naar de ziekten bij hyacinten was waarschijnlijk aanleiding voor de kaaskoopman Melchert de Jong uit Hoorn zich in 1887 bij De Vries te melden met de vraag of die onderzoek wilde doen naar het ontstaan van blauwkleurige schimmel in Edammer kaas die wordt veroorzaakt door een bacterie en die de voorgaande jaren steeds vaker was opgetreden. De Vries deed een verkennend onderzoek waarvan hij de resultaten beschreef in enkele korte opstellen voor het *Maandblad* van de Hollandsche Maatschappij van Landbouw met de bedoeling 'anderen op te wekken aan dit stelselmatig onderzoek deel te nemen'. Net als bij de bloembollenziekten wilde hij het volledige onderzoek namelijk niet zelf doen, en kennelijk kon of wilde hij evenmin weer een van zijn leerlingen ermee belasten. 'Het is te omvangrijk dan dat het door een enkel persoon zou kunnen worden volbracht, tenzij deze er gedurende een reeks van jaren al zijn tijd en al zijn krachten aan zou kunnen wijden', zo stelde hij in het *Maandblad*. Zijn laboratorium zou trouwens niet geschikt zijn voor het onderzoek: 'Daarenboven eischt het aan de eene zijde al die toestellen en inrichtingen die op een wel ingericht bacteriologisch laboratorium in gebruik zijn, aan de andere moet het voor een groot deel in de kaasmakerijen zelve worden uitgevoerd. Vele vragen kunnen wellicht niet anders opgelost worden dan door de oprichting van zulk een laboratorium in de nabijheid eener kaasmakerij'.<sup>102</sup> De Vries' oproep vond een gunstig gehoor: in september 1887 besloot het bestuur van de Hollandsche Maatschappij een onderzoek naar de schimmelvorming in kaas uit te laten voeren.<sup>103</sup>

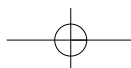
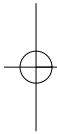
Wellicht had De Vries gehoopt dat zijn pleidooi de zuivelbranche ertoe zou brengen een voorbeeld te nemen aan de Nederlandsche Gist- en Spiritusfabriek in Delft die sinds kort over een eigen bacteriologisch laboratorium beschikte. In 1884 had J.C. van Marken, directeur van de fabriek, De Vries geconfronteerd met zijn probleem dat het productieproces van gist vaak wordt belemmerd door verontreiniging met bacteriën. De Vries had hem aangeraaden zijn vriend Beijerinck, docent landbouwchemie aan de Rijkslandbouw-





school in Wageningen en directeur van het aan de school verbonden proefstation, daarvoor aan te stellen en hem alle benodigde faciliteiten ter beschikking te stellen. Van Marken had De Vries' raad opgevolgd: in september 1885 had hij Beijerinck (met een salaris een hoogleraar waardig) in dienst genomen en hem alle vrijheid gegeven in een speciaal voor hem nieuw gebouwd laboratorium. Voor de inrichting ervan had Beijerinck zijn licht opgestoken bij de al genoemde De Bary in Straatsburg en in het laboratorium van bierbrouwer Carlsberg in Kopenhagen. Het is niet verwonderlijk dat De Vries' advies bij Van Marken in goede aarde was gevallen: hij had gestudeerd aan de Polytechnische School in Delft en als een van de weinige ondernemers in Nederland leerlingen van de school in dienst. De meeste ondernemers hadden maar weinig vertrouwen in mannen met een theoretische opleiding en gaven de voorkeur aan in de praktijk geschoolden.<sup>104</sup>

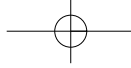
De Vries was zeer te spreken over Van Marken: hij zag het belang van de wetenschap voor de praktijk. Maar net zoals het bedrijfsleven nog veel te doen had, zo moest volgens De Vries ook de overheid nog de nodige stappen nemen. De problemen waarmee in korte tijd de bloembollensector, de drinkwaterbedrijven, de gistfabricage en de kaasmakerij te maken hadden gekregen brachten hem ertoe zijn mening daarover publiekelijk uit te spreken. Voor het tijdschrift *De Gids*, waarin actuele culturele en wetenschappelijke onderwerpen werden besproken, schreef hij een pleidooi voor erkenning van de bacteriologie als zelfstandige wetenschap. Een beschrijving van de problemen waarmee Van Marken te maken had (en die hij al een tijdje had liggen) voegde hij er als praktijkvoorbeeld aan toe.<sup>105</sup> Want juist in de bedrijfstakken waar bacteriën een belangrijke rol spelen 'eischt hier de praktijk voorlichting van de wetenschap', zo stelde hij. De bacteriologie was echter nog een jonge wetenschap. Bacteriologen waren er nog nauwelijks en om het vak op wetenschappelijk niveau te leren was er in Nederland geen gelegenheid. 'Waar zullen deze personen in de toekomst hunne opleiding genieten? Is het de plicht van de Polytechnische School en de Rijkslandbouwschool, dan wel van het hoger onderwijs om hierin te voorzien? De beantwoording dezer vraag kunnen wij gerust aan de toekomst overlaten. Maar ééne zaak is duidelijk. Worden de eerstgenoemde inrichtingen van onderwijs hiertoe geroepen, dan zullen de aanstaande leeraren in de zuivere en toegepaste bacteriologie zelve hoger onderwijs moeten volgen om zich voor hunne betrekkingen te bekwaamen. In elk geval zullen dus de universiteiten moeten voorgaan, en gedrongen door de behoeften der praktijk aan onderwijs en voorlichting de bacteriologie moeten opnemen in de reeks der natuurwetenschappen'.





Vóór publicatie liet De Vries zijn artikel aan Beijerinck lezen, die meteen begreep waar hij naartoe wilde. 'Als je soms aan mij denkt voor prof in bacteriologie, denk dan niet dat ik daartoe zoo maar dadelijk en in elk geval bereid ben', reageerde hij. Beijerinck werkte op dat moment aan onderzoek naar de rol van melkzuurbacteriën bij de vorming van gist en de productie van zure melkproducten.<sup>106</sup> 'Hij verwacht gouden bergen (en bergen gouds) van zijn melkzuur-ontdekking, die ze daarom voorzichtig geheim houden', verklaarde De Vries aan Moll de afwijzende reactie van Beijerinck.<sup>107</sup> De Vries zelf intussen lijkt zijn pleidooi te hebben willen ondersteunen door het goede voorbeeld te geven en vooruit te lopen op het door hem gewenste toekomstbeeld. Zijn leerling Wijsman liet hij onder leiding van Beijerinck in diens laboratorium werken aan een onderzoek naar de versuikering van mout, het uitgangspunt bij de bereiding van bier. Wijsman promoveerde op het sterk scheikundig getinte onderzoek in 1889. De Vries was zijn promotor voor het proefschrift, zijn collega voor scheikunde Van 't Hoff de promotor voor de stellingen.<sup>108</sup> Wijsman koos echter niet voor een carrière als bacterioloog. Hij werd hoogleraar farmacie, eerst in Leiden en later in Utrecht.

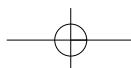
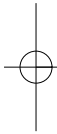
Op het gebied van de landbouw zaten particulieren en overheid evenwel niet stil. In 1885 hadden de provinciale landbouwmaatschappijen zich verenigd in het Nederlandsch Landbouw Comité en de minister van Waterstaat, Handel en Nijverheid (aan wie landbouwzaken als onderdeel van de nijverheid waren opgedragen) vervolgens bestookt met subsidieverzoeken, onder andere voor verbetering van het landbouwonderwijs en de oprichting van een tweede landbouwkundig proefstation. Omdat hij te weinig inzicht had om de waarde van de verzoeken te kunnen beoordelen had de minister een Staatscommissie ingesteld om de toestand van de Nederlandse landbouw te onderzoeken en adviezen uit te brengen voor verbetering van de situatie.<sup>109</sup> De Vries deed zijn duit in het zakje door zijn artikel in *De Gids* naar de leden van de Tweede Kamer te sturen; de bacteriologische onderzoeken die hij erin beschreef zou, zo beweerde hij zelf later, 'hun ogen geopend hebben voor zaken waarvan zij geen idee hadden'.<sup>110</sup> Op basis van de adviezen van de commissie werd in 1892 besloten tot oprichting van drie proefstations: in Groningen, Hoorn en Breda. De Vries' assistent J.W.C. Goethart, die aan de Rijkslandbouwschool had gestudeerd en in Göttingen was gepromoveerd, werd benoemd tot assistent voor de bacteriologische afdeling van het proefstation in Hoorn.<sup>111</sup> Eveneens in 1892 werd besloten Beijerinck te benoemen tot hoogleraar bacteriologie aan de Polytechnische School in Delft, waarschijnlijk door toedoen van Van Marken. Beijerinck eiste een hoog salaris en de bouw van een

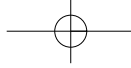


nieuw laboratorium; beide eisen werden ingewilligd.<sup>112</sup> Beijerinck bleef tot zijn emeritaat in 1921 hoogleraar in Delft. In die jaren ontwikkelde hij de visie dat microbiologisch onderzoek zuiver wetenschappelijk moet zijn. Alleen door fundamentele vragen aan te pakken zou het vak de kennis kunnen leveren waarmee de maatschappij geholpen kan worden.<sup>113</sup> Overigens duurde het tot de jaren twintig voordat ook elders hoogleraren bacteriologie werden aangesteld en De Vries' toekomstvisie zoals in *De Gids* uitgedragen echt werkelijkheid werd.

### Vooruitgang door kennis

De overtuiging, uitgedrukt in zijn pleidooi voor de erkenning van de bacteriologie als zelfstandige wetenschap, dat wetenschap en praktijk samen moeten werken maar dat de onderzoeker de weg moet wijzen aan de toepasser, is ook in andere publicaties van De Vries uit deze periode terug te vinden. Eerder zagen we al dat hij in populaire lezingen betoogde dat plantenziekten alleen door wetenschappelijk onderzoek bestreden kunnen worden (blz. 92). In één van zijn opstellen over landbouwgewassen voor de Pruisische regering zet hij de praktische en de wetenschappelijke manier om problemen op te lossen tegenover elkaar. De eerste leidt volgens hem doorgaans direct tot resultaat, maar alleen voor het specifieke geval dat men onderzoekt. De tweede leidt niet direct tot resultaat, maar men kan verwachten 'dass er am Ende den Schlüssel zu der vollständigen und befriedigenden Lösung aller einschlägigen Fragen liefern wird'. Op elk gebied dat voldoende lang wetenschappelijk was onderzocht, was vroeg of laat resultaat geboekt.<sup>114</sup> Met die opmerking had hij naadloos aangesloten op zijn leermeester Suringar, die in zijn rectorale rede uit 1868 had gesteld dat 'geen ongeduld, geen jagt naar resultaat' de drijfveren van een wetenschapper mogen zijn. 'Geregeld en natuurlijk ontwikkeld brengt de wetenschap hare vruchten van zelve en overvloedig voort'. In zijn onderzoek naar het mechanisme van de plantengroei lijkt De Vries uitsluitend door wetenschappelijke nieuwsgierigheid gedreven te zijn geweest. Verwijzingen naar mogelijkheden om de verworven kennis in te zetten voor praktische vraagstukken komen in zijn artikelen niet voor. Alleen wijst hij er soms op dat met behulp van de gepresenteerde kennis natuurlijke verschijnselen beter te begrijpen zijn, net zoals hij dat in zijn populariserende artikelen deed. Fundamentele vragen krijgen een antwoord, en of daarmee ook praktische vragen beantwoord zijn is niet van belang. Dat was niet de zorg van een wetenschapper maar van een ander: 'Bij zuiver wetenschappelijk onderzoek zal men altijd zien dat een practicus noodig is om er iets bruikbaar van te ma-



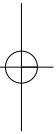


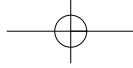
ken', schreef De Vries in 1891 aan zijn leerling Went, die toen net in Nederlands-Indië was aangekomen voor een onderzoek naar de sereh-ziekte bij suikerriet.<sup>115</sup> Bij zijn bemoeienis met de verontreiniging bij de Rotterdamse waterleiding, de ziekten van bloembollen en de schimmelvorming in kaas had hij gehandeld volgens zijn overtuiging: hij had verkennende onderzoeken gedaan, faciliteiten beschikbaar gesteld, advies en steun gegeven, maar de eigenlijke onderzoeken aan anderen overgelaten.

Met zijn opvatting dat wetenschappelijke kennis de maatschappij belangrijke diensten kan bewijzen, stond De Vries beslist niet alleen. Onder Nederlandse intellectuelen leefde in de tweede helft van de negentiende eeuw sterk de gedachte dat de samenleving vooruitging, dat maatschappelijke problemen tot een oplossing kwamen en dat meer mensen in de welvaart gingen delen. Wetenschap en techniek speelden in die vooruitgang voor hen een prominente rol: die zorgden ervoor dat de wereld overstroomd werd met nieuwe kennis en nieuwe producten. Kennis was kortom de motor van de vooruitgang. Hoe wetenschappelijk onderzoek georganiseerd moest worden, daarover bestonden echter verschillende opvattingen. De onderzoeker kon zich concentreren op een specifiek probleem en proberen daarvoor een oplossing te vinden; hij kon fundamenteel-theoretisch onderzoek doen en de verworven kennis beschikbaar stellen, in de hoop dat er in de praktijk iets mee gedaan zal worden; of de onderzoeker kon een tussenweg vinden, en bij verschillende onderzoeken een verschillende benadering hanteren. De Vries lijkt getuige het voorgaande het meest gezien te hebben in het als tweede genoemde uiterste.

Een ander punt bij de opvatting over de organisatie van het onderzoek was de rol die men de overheid toedacht: moest deze een actieve rol spelen of zich afzijdig houden? De opeenvolgende Nederlandse regeringen tijdens de negentiende eeuw volgden steeds een politiek van onthouding; alleen het wetenschappelijk onderwijs rekenden zij tot hun verantwoordelijkheden, het onderzoek niet. Wetenschappers probeerden steeds de overheden tot andere gedachten te brengen en legden daarbij de nadruk op nut en noodzaak van het opleiden van onderzoekers en het doen van onderzoek. De Vries' pleidooi voor erkenning van de bacteriologie past hierin perfect: zoals aangegeven meende hij dat de overheid in dit specifieke geval de taak had om bacteriologen op te leiden. Overigens zagen we ook dat De Vries vond dat de industrie, dus het particuliere initiatief, zich niet afzijdig mocht houden.

Ook over de wijze waarop wetenschappelijke kennis verspreid moest worden bestonden verschillende opvattingen. Wetenschappelijke, culturele en





maatschappelijke organisaties, standsorganisaties en andere belangengroepen hadden sinds het einde van de achttiende eeuw praktische kennis uitgedragen via cursussen, lezingen, tijdschriften en brochures. Deze bereikten echter alleen het min of meer geschoolde deel van de bevolking, niet de lagere klassen waar de problemen juist het grootst waren. Veel intellectuelen meenden aan het einde van de negentiende eeuw dan ook dat andere maatregelen noodzakelijk waren. Zij keken hierbij nadrukkelijk naar de verschillende overheden die met wetgeving het lot van de onderklassen zouden moeten verbeteren. Hoewel er door veel wetenschappers nog volop aan popularisering werd gedaan, was het enthousiasme ervoor toch minder dan eerder in de eeuw. Scholen en tijdschriften namen hun rol over en onderzoek doen werd voor hen belangrijker. Dat onderzoek werd steeds ingewikkelder en minder geschikt voor popularisering. Dat De Vries nog wel veel tijd aan popularisering besteedde kan ermee te maken hebben gehad dat botanische kennis gemakkelijker aan de gewone man is te brengen dan bijvoorbeeld natuur- of scheikundige kennis en dat de directe praktische toepasbaarheid ervan zichtbaarder is.<sup>116</sup>

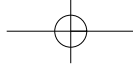
Voor velen waren hun ideeën over vooruitgang, oplossen van maatschappelijke problemen, vormgeven van de samenleving en de rol van de overheid verbonden met hun politieke keuzes. Voor De Vries is moeilijk aan te geven waar hij in politiek opzicht stond. Duidelijke uitspraken over zijn voorkeur komen in zijn artikelen niet voor. Zijn vader is zonder moeite als liberaal te typeren, en De Vries zal van dit gedachtegoed zonder twijfel het een en ander meegekregen hebben. Binnen de familie was de politieke voorkeur van De Vries onbekend; eerder werd hij als a-politiek beschouwd. 'I do not think my uncle cares at all about politics', schreef De Vries' neef Reinout van Vloten in 1909 aan een vriendin in Amerika.<sup>117</sup>

#### **Een afscheid en een kennismaking**

Sinds zijn vertrek uit Würzburg naar Halle in april 1877 had De Vries steeds zijn gebruikelijke drukke correspondentie met Sachs onderhouden. Sachs was zeer verheugd geweest over De Vries' benoeming tot lector in Amsterdam en beschouwde hem nu veel meer als zijn gelijke. In plaats van het afstandelijke 'Hochverehrter Herr Doktor' was Sachs zijn brieven aan De Vries voortaan begonnen met 'Lieber Freund'. Ook De Vries' benoeming tot buitengewoon hoogleraar begroette hij heel hartelijk. Tegelijkertijd hoopte Sachs dat De Vries vroeg of laat toch nog eens een positie in Duitsland zou accepteren. Die hoop was niet ongegrond, want belangstelling uit het buitenland was er ze-

ker. In de zomer van 1878 stond De Vries op de voordracht voor de positie van hoogleraar botanie in Basel. Hij kreeg slechts één stem minder dan de andere kandidaat.<sup>118</sup> Toen De Vries in 1881 werd benaderd door de Landwirthschaftliche Hochschule in Berlijn drong Sachs er bij hem op aan het aanbod aan te nemen, maar toen De Vries zijn benoeming tot gewoon hoogleraar in Amsterdam kreeg en het aanbod afsloeg, wenste Sachs hem toch van harte geluk.<sup>119</sup>

Sachs en De Vries ontmoetten elkaar weer in juli 1878. Vanwege zijn huwelijksaanzoek aan Wies Egeling verbleef De Vries in de buurt van Frankfurt en hij besloot naar Würzburg te reizen om zijn aanstaande bruid aan zijn leermeester voor te stellen. Het was een vrolijk bezoek; er werd heel wat afgelachen.<sup>120</sup> Spoedig werd het contact minder. Sachs schreef nog maar zelden. 'Hij had er geen opgewektheid meer voor', schreef De Vries later in zijn schrift met herinneringen. Zowel thuis als op het werk werd Sachs geplaagd door problemen. Zijn vrouw had al sinds 1870 tekenen van krankzinnigheid vertoond en haar toestand verslechterde nu aanmerkelijk. In 1880 werd zij in een gesticht opgenomen. Ook over de opvoeding van zijn beide kinderen had Sachs grote zorgen. 'Hij had daar niet den goeden tact voor', aldus De Vries. 'Zijn werk begon hem minder te interesseeren en de zorg voor zijn instituut en zijn onderwijs werd drukkender, vooral door de jalousie en de tegenwerking van zijn collega's'. Niet alleen door de botanici in Würzburg, maar ook door zijn collega's elders voelde hij zich miskend. Daarnaast maakte Sachs zich, zoals reeds jaren, veel zorgen om zijn gezondheid: hij voelde zich oud en zwak, en daarom sloeg hij ook een aanbod van de universiteit in Berlijn om daar hoogleraar te worden af. Zijn verslaving aan morfine ondermijnde zijn gezondheid nog verder. Na een tijdje schreef Sachs alleen nog maar wanneer De Vries hem een bijzondere gebeurtenis had gemeld, zoals zijn huwelijk (april 1879), de bouw van het nieuwe laboratorium in Amsterdam (zomer 1880), zijn benoeming tot gewoon hoogleraar (februari 1881) en de geboorte van zijn eerste kind (juli 1881). Spoedig hierna kwam de correspondentie geheel tot stilstand. Zij zouden elkaar ook niet meer zien.<sup>121</sup> Hoewel De Vries Sachs als wetenschapper bleef bewonderen en zijn leven lang met genoegen aan hun samenwerking terugdacht, lijkt hij over het verloren contact toch niet erg rouwig geweest te zijn. 'In späteren Jahren war es nicht leicht mit Sachs auszukommen', vertelde De Vries aan het einde van zijn leven in een interview. Tijdens de zomervakanties die hij in Würzburg had doorgebracht, had hij steeds zijn uiterste best gedaan de verhouding met Sachs goed te laten verlopen, maar later was dit steeds moeilijker geworden: 'Später ist er sehr reizbar geworden'.<sup>122</sup> Na Sachs' overlijden in 1897 wilde de universiteit van Würzburg graag De Vries als zijn

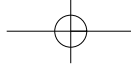


opvolger; Wilhelm Röntgen, hoogleraar natuurkunde en in de jaren zeventig in Würzburg goed bevriend met De Vries, bracht namens de universiteit die wens over. De Vries overwoog het aanbod aan te nemen maar bedankte ten slotte.<sup>123</sup>

Tijdens het bezoek aan het laboratorium van Sachs in juli 1878 maakte De Vries kennis met Francis Darwin, zoon van Charles Darwin. Francis was in de voetsporen van zijn vader getreden en had zich ontwikkeld tot diens assistent. Op dat moment werkten zij samen aan een nieuw boek over de bewegingen van planten. Om met Sachs, dé autoriteit op dat gebied, van gedachten te wisselen en om experimenten te doen verbleef Francis die zomer enkele weken in het laboratorium in Würzburg. De Vries was zeer geïnteresseerd in Francis' werk. Zelf had hij in de zomer van 1872 bij Sachs de bewegingen van ranken en slingerplanten onderzocht en toen bewijzen gevonden ter ondersteuning van het onderscheid tussen de bewegingen van beide zoals Charles Darwin dat uiteen had gezet in diens artikel uit 1865: *The movements and habits of climbing plants*. Van de twee artikelen die De Vries over zijn onderzoek had geschreven voor de *Arbeiten des Botanischen Instituts in Würzburg* had hij overgedrukt naar Charles Darwin gestuurd.<sup>124</sup> Die had ze gebruikt voor een herziene versie van zijn artikel dat in 1875 in boekvorm was verschenen.<sup>125</sup> In het voorwoord had hij de artikelen van de 'excellent observer' De Vries geroemd en gesteld dat zij 'ought to be carefully studied by every one interested in the subject'. In het boek had hij nog eens vijf keer naar het werk van De Vries verwezen. Die was met dit eerbetoon bijzonder ingenomen geweest, zoals hij Darwin had geschreven nadat hij een presentexemplaar van het boek had ontvangen.<sup>126</sup> Minder te spreken was hij geweest over Darwins bewering dat het boek een herziene editie was van het tijdschriftartikel. 'Diese Auflage ist fast gar nicht umgearbeitet, und nur mit Bezugnahmen auf neuen Aufsätze stellenweise berichtigt', had hij enigszins teleurgesteld in zijn eigen exemplaar geschreven.<sup>127</sup>

In het nieuwe boek waar vader en zoon Darwin aan werkten zouden de bewegingen van ranken en slingerplanten maar een klein onderdeel vormen; het boek zou over alle bewegingen van planten gaan. Vader en zoon waren ervan overtuigd enkele nieuwe inzichten te hebben ontwikkeld. Francis merkte tijdens zijn verblijf in Würzburg echter al snel dat het beter was zich tegenover Sachs gedeisd te houden met het ventileren van afwijkende opvattingen: Sachs was bijzonder kritisch over het werk van anderen en geloofde alleen wat hij zelf constateerde. Daarin was hij overigens niet de enige, zo merkte Francis. 'It seems to me that no German thinks much of other scientific men',

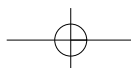
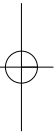


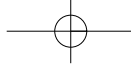


schreef hij zijn vader.<sup>128</sup> Hij voelde kennelijk dezelfde sfeer van onderlinge concurrentie als De Vries enkele jaren eerder. Sachs bleek geheel vervuld te zijn van de overtuiging dat de krommingen van ranken en slingerplanten op dezelfde manier ontstaan. 'He wants to prove that tendrils and twiners behave in the same way', schreef Francis zijn vader. 'He thinks De Vries has not cleared everything up – the fact is as Sachs says himself. Maar Sachs wist volgens hem niet goed waarover hij sprak: 'Sachs has never worked at the twiners himself and has not thoroughly gone into the mechanical problems'.<sup>129</sup> Niet veel later kwam Sachs met bewijsmateriaal voor zijn stelling aanzetten. 'Sachs came in much delighted the day before yesterday having found a number of shoots of *Menispermum* which had contracted into beautiful corkscrews, without having had any sticks grown therein, just as if they were tendrils. He seems to me to jump to conclusions rather, he seems to think now it will be perfectly easy to make out a good case for the similarity of tendrils and twiners'. Francis probeerde Sachs van diens ongelijk te overtuigen, zonder veel succes. 'I expect I shall have to come here to work it out next summer. Sachs promises me a whole greenhouse full of the plants I want if I can come, but shall certainly go on with it at Down [het huis waar Charles Darwin woonde en vader en zoon hun experimenten uitvoerden]. It is Sachs' idea, so that if it is to be any good it ought to be done here'.<sup>130</sup> De zomer van 1879 zou Francis inderdaad opnieuw in Würzburg doorbrengen, en opnieuw merkte hij toen dat hij zich zo onafhankelijk mogelijk van Sachs moest opstellen. Aan zijn vader schreef hij hoe Ernst Stahl, privaatchoort, probeerde Sachs te ontlopen: 'Stahl works entirely in his own room though many things he could do much better here, simply because he cannot stand being under Sachs in any way. He is very anxious to keep on perfect terms with Sachs and he finds the best way is only to see him when he (Stahl) is not working'.<sup>131</sup>

#### Op bezoek bij Charles Darwin

Francis Darwin en De Vries, die precies een half jaar in leeftijd verschilden, konden meteen goed met elkaar opschieten. Francis stelde De Vries zelfs voor om de volgende maand naar Engeland te komen om hem en zijn vader te bezoeken. Na zijn terugkomst in Nederland vertelde De Vries zijn grootmoeder Reuvens over de uitnodiging. Die maakte direct een royaal gebaar: zij bood aan de kosten voor de reis te betalen. En zijn broer Egbert mocht met hem mee.<sup>132</sup> En zo reisde De Vries amper twee weken na de uitgenodiging al naar Engeland. Direct na aankomst in Londen schreef hij aan Charles Darwin wanneer hij langs kon komen. Darwin was echter net uit logeren gegaan en zou





voorlopig niet thuis zijn: 'I regret extremely that I left home yesterday before the arrival of your note (which was forwarded to me here) and that I do not return home for three weeks', zo was het teleurstellende antwoord. 'On some future occasion, I hope to have the pleasure of seeing you at Down'.<sup>133</sup> Maar De Vries gaf zich uiteraard niet snel gewonnen. Hij vroeg Darwin of het misschien mogelijk was hem op zijn logeeradres te ontvangen. En dat bleek te kunnen: 'We leave this place early on Monday, but go to the house of another relation which is near a station and therefore more convenient to you. From being out of health, my drive will tire me on Monday; but Tuesday, Wednesday or Thursday, or even Friday will suit me, and I shall be extremely glad to make your personal acquaintance'. De Vries koos voor woensdagmiddag 14 augustus. Het speet hem overigens wel dat hij Darwin niet in zijn eigen Down House kon bezoeken, 'want ik had gaarne niet alleen Darwin gesproken, maar ook de plaats gezien waar hij zoveel voor de wetenschap gedaan heeft', schreef hij grootmoeder Reuvens die hij van alle gebeurtenissen netjes op de hoogte hield.<sup>134</sup>

In afwachting van het bezoek aan Darwin maakte De Vries van zijn verblijf in Engeland gebruik om met enkele andere vakgenoten kennis te maken. Hij bezocht een paar keer de botanische tuinen in Kew waar hij de directeur Joseph Dalton Hooker, een goede vriend van Darwin en een van de meest prominente plantensystematici van Engeland, en diens schoonzoon William Turner Thiselton-Dyer, eveneens botanicus, ontmoette. Verder bezocht De Vries John Scott Burdon-Sanderson in diens laboratorium in Kew Gardens. Hij was een van de weinige botanici in Engeland die zich met fysiologisch onderzoek bezighield. Op dat moment deed Burdon-Sanderson onderzoek naar de prikkelbaarheid van *Dionaea muscipula* (Venusvliegenvanger), dat De Vries vanwege zijn belangstelling voor insectenetende planten en voor het ontstaan van bewegingen door prikkels bijzonder interesseerde. Bij dit bezoek was De Vries in gezelschap van zijn Leidse leermeester Suringar, die op dat moment ook in Engeland verbleef.

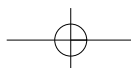
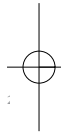
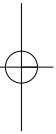
Maar deze bezoeken konden nog niet in de schaduw staan van de ontmoeting met Darwin. 's Avonds na afloop terug in het hotel schreef hij zijn grootmoeder meteen een gedetailleerd verslag. 'Heden is het eigenlijke doel van de reis bereikt, en ik haast mij u te schrijven. Ik heb Darwin gesproken. Ik heb hem bezocht en ben zoo vriendelijk, ja zoo hartelijk door hem ontvangen, als ik mij in de verte niet had durven voorstellen'. Ook zijn verloofde Wies bracht hij direct op de hoogte. 'Het is merkwaardig zoo gauw als je met iemand op je gemak voelt als hij vriendelijk en hartelijk is', schreef hij haar. 'Hoe geheel an-

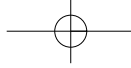




ders met Hooker en Dyer, die waren koud en lieten mij onverschillig, maar met Darwin heb ik werkelijk genoten en gevoel mij weer veel opgewekter dan de laatste dagen. Het is zoo'n genot te zien dat zoo iemand werkelijk belang in je stelt en dat wat je zoo gevonden hebt hem werkelijk iets schelen kan'. Het bezoek was overigens maar heel kort geweest. De Vries was omstreeks twee uur bij Darwins logeeraadres (Abinger Hall bij Dorking, het huis van zijn zwager Thomas Farrer, zuidwestelijk van Londen) aangekomen. Daar had hij eerst met de aanwezigen kennisgemaakt en over van alles gepraat ('het buiten (dat zeer groot en prachtig is), de omstreken (ook zeer mooi), politiek, mijn reis, enz.'). Vervolgens had hij zich met Darwin teruggetrokken in de studeerkamer, waar ze hadden gesproken over verschillende botanische onderwerpen en hun Duitse vakgenoten, vooral over Sachs met wie Darwin zich zeer ingenomen toonde. 'Hij praat vreeselijk levendig en opgewekt en hartelijk, maar niet te ras en heel duidelijk', schreef hij Wies. En dat was een geluk, want het Engels beheerste De Vries lang zo goed niet als het Duits. 'Toen stelde hij mij voor wat in den tuin te gaan wandelen, wees mij allerlei planten waarvan wat te vertellen viel, en vertelde mij veel interessants'. Darwin kampte reeds tientallen jaren met een zwakke gezondheid en was snel vermoeid ('Hij loopt langzaam en niet zonder stok, en moet van tijd tot tijd stilstaan, is erg bang voor kou en moet in één woord vreeselijk op zijn gezondheid passen. ... Hij legt een voetkussen op een stoel eer hij er op gaat zitten, omdat hij hoofdpijn krijgt als hij laag zit – de arme man!'). Hij had dan ook erg tegen het bezoek van De Vries opgezien, zoals blijkt uit een brief aan Francis die hij die ochtend had geschreven: 'De Vries comes here today for three hours – the Lord have mercy on me'.<sup>135</sup> Na de wandeling in de tuin had Darwin nodig rust moeten nemen, maar hij had De Vries gevraagd nog even te blijven zodat hij later met de familie nog koffie kon drinken. De Vries had toen een tijdje met de zoon van de heer des huizes over het landgoed gewandeld. 'Aan de koffie was Darwin blijkbaar nog vermoeid, maar toch zeer opgewekt; hij liet zich allerlei van Holland vertellen, en vertelde mij van zijn reizen om de wereld. Toen het tijd werd om te vertrekken nam ik afscheid, en werd door het rijtuig van den heer Farrer naar het station gebracht'. Het was toen inmiddels vier uur geworden, zodat het hele bezoek ongeveer twee uur had geduurd. Darwin was achteraf heel tevreden: 'I liked De Vries very much', schreef hij enkele dagen later aan Francis. 'I hardly ever saw so modest a man'.<sup>136</sup>

Na het bezoek bleef De Vries nog een week in Engeland. Francis, inmiddels teruggekeerd uit Würzburg, inviteerde hem voor een diner in de New University Club in Londen. Francis vertelde uitvoerig over de onderzoeken die hij bij



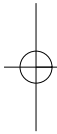


Sachs had verricht, onderzoeken die voor een groot deel dezelfde onderwerpen betroffen als die waar De Vries aan had gewerkt. ‘U kunt u dus licht begrijpen dat wij zeer veel punten van aanraking hadden, en dus spoedig vrij familiaar met elkander waren’, schreef De Vries aan grootmama. ‘Het was zeer gezellig om samen te praten over de kennissen die hij daar gemaakt had, en die ik ook kende, over de characters der verschillende professoren en privaaticentenen enz., maar vooral over Sachs’.<sup>137</sup>

### De contractie van wortels

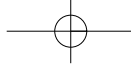
Tijdens het bezoek vroeg Darwin aan De Vries waar die de laatste tijd aan gewerkt had. ‘Nu trof het dat ik juist bezig ben aan een onderwerp dat hem zeer moest interesseeren’, schreef hij grootmama, ‘het kruipen van planten in den grond om zich tegen den vorst in den winter te beschermen. Dat gebeurt doordat de wortels zich verkorten’. Het verschijnsel was al door verschillende botanici opgemerkt. De Vries had het zelf waargenomen en onderzocht bij klaver en suikerbieten, tijdens zijn onderzoek in opdracht van het Pruisische ministerie van Landbouw. Nog maar een maand geleden had hij de wortelcontractie ook bij andere soorten onderzocht. Het onderwerp bleek Darwin inderdaad te interesseren. Hij had eens een opmerking gelezen dat contractie van wortels bij kiemplanten voorkomt en vervolgens enkele soorten gezaaid om het verschijnsel zelf te kunnen bestuderen. De zaden waren echter niet opgekomen. ‘Hij was nu zeer verheugd van mij te hooren dat ook grootere planten het doen, en dat het vrij algemeen voorkomt en een bepaald doel in ’t leven der plant (bescherming in den winter) schijnt te hebben’.<sup>138</sup> Tijdens een wandeling de volgende dag nam Darwin direct de proef op de som. Hij trok enkele wilde pastinaken uit de grond en zag aan de bovenste delen van de wortels duidelijk rimpels die zonder twijfel door samentrekking ontstaan waren. ‘How easy it is to see a thing when it once has been pointed out!’, schreef hij de volgende dag De Vries in diens hotel, en als bewijs stuurde hij een wortel van een pastinaak mee.<sup>139</sup>

De Vries had de wortelcontractie niet bestudeerd om het evolutionaire aspect, dat Darwin interesseerde, maar vanwege zijn onderzoek naar de relatie tussen groei en turgor. Wortels bleken af te wijken van de regel dat weefsels zich samentrekken als zij water verliezen door uitdroging of onttrekking door wateraantrekkende stoffen. Zij verlengen zich juist bij de onttrekking van water, en trekken samen bij de opname van water. Uit experimenten die hij in de zomer van 1878 verrichtte, en voortzette in de zomer van 1879, concludeerde De Vries echter dat stengels en wortels op dit punt niet wezenlijk



van elkaar verschillen. Bij wateropname neemt de turgor zowel in wortelweefsel als in stengelweefsel toe, maar terwijl bij stengels de uitrekking vooral in de lengte en minder in de breedte plaatsvindt, vindt bij wortels de uitrekking alleen in de breedte plaats en worden de cellen in de lengte korter. Al eerder had hij geconstateerd dat de rekbaarheid van de wanden van één en dezelfde cel niet overal gelijk is. 'Doch zoover mij bekend is werd tot nu toe nog nooit een zoo groot verschil aangetroffen dat door toeneming van den turgor een kleiner worden der cellen in eene richting werd veroorzaakt. Hiertoe toch moet het verschil in rekbaarheid zoo groot zijn dat de contractie in één richting, die het natuurlijk gevolg is van de uitrekking in de richting loodrecht daarop, door een even groote uittrekkende kracht niet opgeheven kan worden', zo stelde hij in een artikel in de *Verslagen* van de Akademie van Wetenschappen. Nadat de contractie enige tijd geduurd had, kon zij niet meer ongedaan gemaakt worden. Ook oudere, uitgegroeide wortels verkorten zich niet meer. Er was net als bij andere weefsels groei opgetreden. In zowel zich samentrekkende als zich uittrekkende weefsels had de turgor dus dezelfde functie: uitrekking van de celwanden en het bevorderen van de groei. Contractie is slechts een bijzondere vorm van strekking, luidde De Vries' conclusie. Sachs' mechanische groeitheorie, namelijk dat een toenemende turgor wordt gevolgd door een toenemende intussusceptie, was met dit onderzoek opnieuw bevestigd. Maar ook de reductionistische visie van de moderne experimenteel werkende fysiologen had meer steun gekregen: twee ogenschijnlijk verschillende verschijnselen bleken door dezelfde fysisch-chemische wetten veroorzaakt te worden.

Uit het artikel in de *Verslagen* lijkt dat De Vries aanvankelijk gehoopt had een overeenkomst te vinden tussen de contractie van wortels en de samentrekking van spieren, dus tussen een botanisch en een zoölogisch verschijnsel. Wortelcellen en spieren bleken namelijk allebei water op te nemen, korter, dikker en stijver te worden. De overeenkomst hield hiermee echter op. In een uitvoerig artikel over wortelcontractie in de *Landwirthschaftliche Jahrbücher* uit 1880 noemde De Vries deze overeenkomst mogelijk daarom maar niet. Wel ging hij in op een vraag die, zo meende hij, wellicht bij 'der denkenden Leser' was opgekomen, namelijk waardoor de ongelijke rekbaarheid van de celwanden wordt veroorzaakt. De Vries' meende dat het inzicht hierin nog ver weg lag, maar dat de oorzaken zonder twijfel gezocht moeten worden in 'die erblichen und physikalischen Eigenschaften des Protoplasma'. Met de 'denkende Leser' had hij waarschijnlijk zichzelf in gedachten. Uit ander onderzoek dat hij in deze jaren verrichtte, en dat straks nog zal worden besproken, blijkt dat

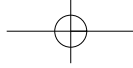


hij inmiddels nieuwsgierig was geworden naar wat zich afspeelt achter de mechanische, uitwendig zichtbare groeiverschijnselen.<sup>140</sup>

### Opnieuw: ranken en slingerplanten

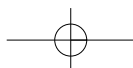
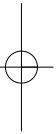
Darwin en De Vries spraken ook over de krommingen die ranken en stengels van slingerplanten maken, het onderwerp dat Darwin in het begin van de jaren zestig en De Vries in 1872 had bestudeerd, en waar Francis Darwin die zomer bij Sachs aan had gewerkt. De Vries had destijds in zijn artikelen in de *Arbeiten des Botanischen Instituts* gesteld dat de krommingen van zowel stengels van slingerplanten als van ranken veroorzaakt worden door verschillen in lengtegroei van de tegenover elkaar gelegen zijden. In dat opzicht kwamen ze volgens hem geheel overeen met de krommingen van bladstelen en bladnerven die hijzelf eerder had onderzocht, en met de krommingen van wortels en horizontaal gelegde, zich oprichtende plantendelen die Sachs had onderzocht. Kromme groei is slechts een bijzonder geval van rechte groei. Het verschil is dat bij kromme groei de groeisnelheden van tegenover elkaar liggende zijden verschillend zijn en bij rechte groei precies gelijk. Voor Sachs' stelling dat alle krommingen opgevat moeten worden als door groeiverschillen veroorzaakte bewegingen had hij daarmee weer iets meer argumenten geleverd.

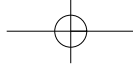
Hoewel hij in zijn *Climbing plants* uit 1875 De Vries' artikelen had geprezen, had Darwin Sachs' stelling betwijfeld. 'It is rash to differ from so great an authority', had hij met zijn karakteristieke voorzichtigheid geschreven, 'but I cannot believe that one at least of these movements – curvature from a touch – is thus caused'. Zijn voornaamste reden tot twijfel was de grote snelheid waarmee een dergelijke kromming tot stand kan komen. 'I have seen the extremity of a tendril of *Passiflora gracilis*, after being touched, distinctly bent in 25 seconds, and often in 30 seconds; and so it is with the thicker tendril of *Sicyos*. It appears hardly credible that their outer surfaces could have actually grown in length, which implies a permanent modification of structure, in so short a time. The growth, moreover, in this view must be considerable, for if the touch has been at all rough the extremity is coiled in two or three minutes into a spire of several turns'. Bij *Echinogystis lobata* (een komkommersoort) had Darwin iets waargenomen dat hem nog verder aan het twijfelen had gebracht. Hij had een dun stokje in aanraking gebracht met het uiterste puntje van een rank van de plant, dat zo kort was dat de rank zich slechts een kwart slag of hooguit driekwart slag om de stok kon wikkelen. Niettemin bleek na enkele uren dat de rank zich twee of drie keer om de stok had gewikkeld, 'apparently by an undulatory movement'. Aanvankelijk had Darwin, conform de opvatting van



Sachs, de oplossing gezocht in een toegenomen groei van de convexe zijde. 'Black marks were therefore made, and the interspaces measured, but I could not thus detect any increase in length. Hence it seems probable in this case and in others, that the curvature of the tendril from touch depends on the contraction of the cells along the concave side'. Darwin putte voor zijn afwijkende mening steun uit de waarneming van zowel Sachs als De Vries dat wanneer de lengtegroei bij een kromming aan de convexe zijde gering is, de concave zijde kan samentrekken.<sup>141</sup> Volgens Darwin was echter nog helemaal niet beslist wie gelijk had: 'Why a delicate touch should cause one side of a tendril to contract we know as little as why, in the view held by Sachs, it should lead to extraordinarily rapid growth of the opposite side'. Darwin twijfelde niet aan de waarneming van De Vries dat er aanzienlijke lengtegroei plaatsvindt nadat een rank zich gekromd heeft. Maar deze groei kon volgens hem onafhankelijk van de eigenlijke kromming zijn.<sup>142</sup>

Op het lezen van Darwins kritiek had De Vries ogenblikkelijk het boeteleed aangetrokken. 'Ich muss gestehen dass Sie hier einen schwachen Punkt getroffen haben', had hij Darwin in november 1875, na ontvangst van een presentemplaar van *Climbing plants*, geschreven. 'Meine Versuche beweisen direct nur, dass diese Krümmungen [van ranken] gewöhnlich von einer Aenderung des Längenwachsthums begleitet sind, und ich gestehe dass es eine rein theoretische, für den speciellen Fall nicht bewiesene Auffassung ist dass ich diese Wachsthumsänderung im Eingang zu meiner Arbeit als die Ursache der Krümmungen hingestellt habe'. Hij was in zijn boetedoening zelfs nog een stuk verder gegaan: Darwins kritiek gold volgens hem voor alle 'bis jetzt sogenannten Wachsthumskrümmungen in gleichem Maasse'.<sup>143</sup> De Vries was namelijk ook aan Sachs' woorden gaan twijfelen. In de derde editie van zijn *Lehrbuch* uit 1873 had Sachs in het nieuwe hoofdstuk over groei ook de geotropische en heliotropische krommingen behandeld en geconcludeerd dat het mechanisme dat rechte groei bewerkstelligt (turgortoename – uitrekking van de celwanden – intussusceptie) voor groeikrommingen niet opgaat. Wanneer een eencellig organisme zich kromt moet, om het lengteverschil te krijgen, de convexe zijde sneller groeien dan de concave; volgens het groeimechanisme zou de turgor aan de convexe zijde dan groter zijn dan aan de concave zijde. Maar binnen één enkele cel is de turgor uiteraard op alle punten gelijk. De groei kan dus niet door een vergroting van de turgor vooraf zijn gegaan. Sachs meende dat wat voor één cel geldt, ook voor meercellige organen geldt: die zijn immers uit individuele cellen opgebouwd. Licht en zwaartekracht werken kennelijk op plantendelen in, oefenen een invloed uit op de

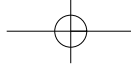




cellen en veroorzaken daarmee verschillen in lengtegroei, maar hoe dat gebeurt was volgens Sachs een raadsel. In zijn *Handbuch* uit 1865 had hij daar wel verklaringen voor gegeven, maar daarop was hij inmiddels teruggekomen.<sup>144</sup> Wilhelm Pfeffer, hoogleraar in Bonn, had tezelfdertijd onderzoek gedaan naar de krommingen van bladen en bladgewrichten, zowel van jonge, nog groeiende als oudere, uitgegroeide. Ook volwassen plantendelen maken namelijk krommingen onder invloed van licht, zwaartekracht of aanraking. Sachs had in zijn *Lehrbuch* een duidelijk onderscheid tussen beide gemaakt: in groeiende organen worden krommingen gevolgd door groei, in uitgegroeide organen niet. Deze krommingen-zonder-groei zouden volgens Sachs veroorzaakt worden door ‘Zu- und Abfluss von Wasser, das heisst, durch wechselnden Turgor verschiedener, mit einander verbundenen Zellen’, waarbij waarschijnlijk de ene zijde net zoveel water opneemt als de andere zijde verliest. Zij zijn niet blijvend en kunnen zich ook herhalen. Volgens Sachs waren de oorzaken van verschillen in turgescentie van tegenover elkaar liggende zijden trouwens net zo duister als de oorzaken van verschillen in groei.<sup>145</sup> Pfeffer had evenwel grote overeenkomsten tussen de krommingen van groeiende en uitgegroeide organen gezien en geconcludeerd dat in beide de toenemende turgor de oorzaak moet zijn.<sup>146</sup> Hij had zijn bevindingen in 1874 en 1875 gepubliceerd en mogelijk hadden die De Vries doen twijfelen aan zijn eigen, in overeenstemming met Sachs’ ideeën geschreven conclusies van enkele jaren eerder.

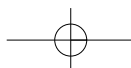
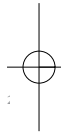
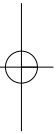
De Vries lijkt geheel vervuld van de kwestie te zijn geweest: aan het probleem dat Darwin opwierp gaat hij namelijk geheel voorbij. Darwin had zich immers niet afgevraagd wat de fysiologische oorzaak van het ontstaan van een kromming bij een rank na aanraking is, maar hoe die kromming in mechanisch opzicht verloopt: in plaats van groei van de convexe zijde leek hem contractie van de concave zijde waarschijnlijker. In zijn brief terug aan De Vries had Darwin geprobeerd hem weer bij de les te krijgen: hij had gesuggereerd zijn experimenten met de ranken van *Echinogystis* eens te herhalen. ‘This seems to me a point worthy of further investigation, and, if my measurements can be trusted, shows that the movement is not due to growth along the convex surface’.<sup>147</sup> Of De Vries de boodschap alsnog begrepen had blijkt niet, maar zeker is dat hij Darwins suggestie had willen opvolgen.<sup>148</sup> Noch de botanische tuin in Würzburg, waar De Vries op dat moment verbleef, noch de Hortus Botanicus in Amsterdam, waar hij eind 1877 kwam werken, hadden *Echinogystis* echter in cultuur, en het was de hortulani van beide tuinen niet gelukt om de plant (inheems in Noord-Amerika) te pakken te krijgen.

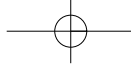
Na deze korte briefwisseling in november 1875 had De Vries Darwin niet



meer geschreven. Tijdens hun ontmoeting vroeg Darwin hem dan ook of hij nog verder aan de krommingen van ranken had gewerkt. De Vries vertelde hem over de plasmolytische methode die hij sindsdien had ontwikkeld, dat die methode heel geschikt was om het verschil tussen kromming door turgor-toename en kromming door groei te onderzoeken (zoals hij twee jaar eerder de relatie tussen turgor en groei bij lengtegroei had bestudeerd), maar dat het hem niet gelukt was de plant die Darwin had aanbevolen in handen te krijgen. Darwin had destijds de zaden van zijn *Echinocystis* ontvangen van zijn Amerikaanse vriend Asa Gray. Gray had zelf twintig jaren eerder met *Sicyos* geëxperimenteerd en naar aanleiding daarvan het artikel geschreven dat Darwin tot zijn onderzoek naar krommingen had aangezet. Darwin beloofde De Vries nog eens om zaden te zullen vragen. De volgende dag al maakte hij die belofte waar.<sup>149</sup>

Van de zaden die De Vries van Gray ontving<sup>150</sup> kiemde er slechts één. De plant bleef klein en leende zich dus niet voor uitgebreide experimenten. Gray stuurde echter ook zaden van *Sicyos angulata*, eveneens een Noord-Amerikaanse komkommersoort waarvan de ranken net zo gevoelig zijn als van *Echinocystis*. Deze zaden kiemden goed en de planten groeiden uitstekend. Begin augustus 1879 kon De Vries eindelijk aan het werk en al na een week bracht hij Darwin op de hoogte van de eerste resultaten. 'The question was to decide whether the rapid curvations of the tendrils are caused by growth or by a change of the turgor in the cells', zo omschreef hij het doel van zijn experimenten (de kwestie waarover, zoals gezegd, Sachs en Pfeffer van mening verschilden maar die Darwin helemaal niet aangeroerd had). De Vries had ranken die in minder dan een uur na aanraking nog geen hele cirkel om een stok hadden afgelegd in een oplossing van 20% NaCl gebracht om met behulp van plasmolyse de turgor op te heffen. De kromming was na enige tijd geheel verdwenen. Hij meldde Darwin dan ook dat die gelijk had gehad: 'No appreciable growth had occurred on the upper side' (maar dat was dus geen bevestiging van Darwins vermoeden, want dan hadden de ranken aan de convexe zijde niet langer mogen zijn geworden!). Ranken die zich één- of tweemaal om een stok hadden gekromd, bleken in een zoutoplossing hun krommingen in mindere mate te verliezen. De kromming die door de toegenomen turgor was ontstaan, was dus door groei gefixeerd. 'You see, that the stimulus occasioned a change of the turgor of the cells, and that the growth is increased only in a secondary manner'. Hoewel de experimenten nog niet waren afgesloten, durfde De Vries zijn conclusie voor ranken al uit te breiden naar alle krommingen die bij planten voorkomen: 'It seems that by all curvations of growing plants the





turgor of the convex side is increased first, and that the increasing of the growth is only an effect of the increasing of the turgor. For they all lose their curvations more or less in the salt solution. So it is with the epinastical curvations of tendrils and of petioles, with the revolving and climbing movement of climbing plants, with the geotropical and heliotropical curvations of young stems, and with the geotropical curvations of the knots of grasses'.<sup>151</sup> De Vries verschilde dus met Sachs van mening over de oorzaken van groeikrommingen, maar anderzijds toonde hij zich een trouw volgeling: hij geeft Sachs' theorie namelijk een wijdere geldigheid dan Sachs zelf had willen doen.

Darwin reageerde enthousiast: 'I thank you so much for your letter, which has interested me more than anything which I have read for a long time'. Zijn vraag of er bij een kromming nu sprake is van uitrekking of samentrekking was door De Vries weliswaar niet beantwoord, maar dat probleem lijkt hij zelf inmiddels geheel vergeten te zijn. Hij gaat geheel met De Vries mee, en claimt zelfs diens conclusie zelf eigenlijk al getrokken te hebben: 'I have gradually been coming to the opinion that in all the cases to which you refer, growth was preceded by a change in the turgescence of the cells, or by some such change; but then I had very little guidance, and my opinion was chiefly formed on general considerations, which are often deceptive'.<sup>152</sup> Deze opmerking was beslist geen grootspraak. Al in juli 1878 had Darwin in een brief aan zijn zoon de gedachte uitgesproken dat 'in all growing parts there is an emptying of the cells of water on one side and turgescence on the other; the turgescence being in most cases retained in enlarged condition by intusception of matter or growth'. Het door Sachs gemaakte onderscheid tussen beweging met en zonder groei had hij toen ook gemaakt: 'But there may be the emptying of water without subsequent growth, and that this takes place when movement is required for a long period'.<sup>153</sup>

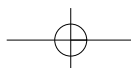
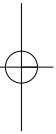
Drie weken later schreef De Vries opnieuw aan Darwin met nieuwe bewijzen voor (nu) hun beider opvatting 'that the force of turgor is the true cause of the movements'. Van de bovenste zijde van ranken van *Sicyos* (dat wil zeggen: de kant die zich convex kromt) had hij de epidermis, het collenchym en de vaatbundels verwijderd. Aldus bewerkte ranken bleken nog steeds gevoelig te zijn voor aanraking. 'At all events the elastic tissues of the upper side are not necessary for the movements', zodat aangenomen moest worden dat aanraking de turgor in het parenchym doet toenemen. Om extra bewijs te krijgen had De Vries een soort omgekeerde plasmolyse toegepast: in plaats van water aan de ranken te onttrekken had hij water geïnjecteerd. Niet-aangeraakte ranken waren recht gebleven, maar bij ranken die wel aangeraakt waren en

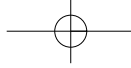




zich al waren gaan krommen, was het aantal windingen aanmerkelijk toegenomen. Blijkbaar is de hoeveelheid water die onder normale omstandigheden door de cellen aan de convexe zijde wordt opgenomen slechts een fractie van de totale hoeveelheid die opgenomen kan worden. 'So it is the water absorbing power that plays the principal part in the growth and the movements caused by stimulus'. Deze resultaten gecombineerd met de resultaten van het onderzoek naar de contractie van wortels gaven naar De Vries' idee een volledig inzicht in het mechanisme van groei in al zijn verscheidenheid. 'Growth of cells and organs chiefly depends upon two causes: the extensibility of the cellwalls and the waterabsorbing power of the contents of the cells'. De rekbaarheid bepaalt welke vorm de cellen en de organen krijgen; vaak is die niet op alle plaatsen even groot, zodat cellen en weefsels op verschillende plaatsen ongelijk rekken en groeien. Het wateraantrekkende vermogen bepaalt hoe snel de groei verloopt; licht, zwaartekracht en de hoeveelheid water die aanwezig is beïnvloeden dit vermogen en zo alle krommingen en bewegingen die te onderscheiden zijn. De Vries eindigde zijn brief met de veronderstelling dat het wateraantrekkend vermogen van cellen en de rekbaarheid van celwanden gereguleerd worden door het protoplasma. Het waren dezelfde veronderstellingen die hij in zijn artikel over de contractie van wortels had geuit, maar terwijl hij daar niet verder op de zaak was ingegaan lichtte hij voor Darwin alvast een tipje op van de sluier die over het antwoord en zijn vervolgonderzoek lag: het wateraantrekkend vermogen 'is due to some substance in the vacuoles of the cells', schreef hij. 'I hope to be able to recognize the nature of this substance another year'.<sup>154</sup>

Darwin reageerde opnieuw enthousiast, maar liet ook kritiek horen: hij vroeg zich af of het beeld dat De Vries nu voor zich krommende groepen van cellen had ontwikkeld ook geldig is voor zich krommende enkelvoudige cellen, daarmee Sachs' bezwaar tegen de geldigheid van de mechanische groeitheorie voor eencelligen herhalend. 'I imagine from your remarks that when an *Oscillaria* [een draadvormige alg, bestaande uit een reeks achter elkaar liggende enkelvoudige cellen] bends from side to side, you suppose that the movement depends on the opposite walls alternately becoming more extensile, together with the interior of the cells being in a state of turgescence'. Maar, en hier kwam hij terug op het punt waar hij hun discussie vier jaar geleden mee was gestart en hij dus toch nog niet vergeten was: 'Do you feel sure that the cell walls have not a power of contraction; for I could not avoid suspecting that they had this power, whilst observing the movements of *Drosera* and *Dionaea*'. Op subtiele wijze excuseerde hij zich vervolgens echter voor zijn kritiek en



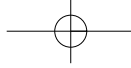


betweterij: 'But the subject is a most difficult one and I heartily wish you success in your observations'.<sup>155</sup> De Vries stond nu even met de mond vol tanden: 'I am sorry to say that I have never studied them [*Oscillaria*] so exactly as to have an opinion on their mechanism, which seems to be very difficult to recognize', antwoordde hij. Of was het dat hij zijn conclusie nu in rook zag opgaan? Wat betreft het vermogen van celwanden om zich samen te trekken wilde De Vries maar gedeeltelijk met Darwin meegaan: 'I am quite sure that they often have this power, but only in cells that are extended by their turgescence. Such cells will contract by losing water'. Er is kortom geen samentrekking zonder voorgaande uitrekking, precies zoals Sachs' mechanische groeitheorie stelde. Voor wat betreft de bewegingen van *Drosera* vermoedde hij dat er sprake is van een interne waterverplaatsing: 'I suppose that the cells in the tentacles of *Drosera* are turgescient, and that those of the outer side draw water from those of the inner side; thereby the first ones will extend themselves, the last ones will contract'. En ook hier volgde hij de visie van Sachs, zoals eerder beschreven.<sup>156</sup>

#### Opnieuw: Sachs versus Darwin

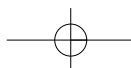
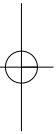
De resultaten van zijn onderzoek met *Sicyos* maakte De Vries nog in hetzelfde jaar 1879 bekend in een lezing voor de Akademie van Wetenschappen en een artikel in de *Botanische Zeitung*.<sup>157</sup> Het volgende jaar publiceerde hij ze in zowel de *Landwirthschaftliche Jahrbücher* als de *Verslagen en Mededeelingen* van de Akademie van Wetenschappen.<sup>158</sup> Het artikel in de *Jahrbücher* gaf De Vries een landbouwkundig tintje: het groeimechanisme legde hij uit met behulp van de bij zijn lezers zonder twijfel bekende eigenschap van graanhalmen om na te zijn neergeslagen zich te kunnen oprichten. Hoewel Darwin niet onvermeld bleef, was het vooral Sachs die door De Vries nog eens op een voetstuk werd gezet. De proeven met ranken toonden volgens hem namelijk aan 'dat de groeikrommingen zich op een zeer eenvoudige wijze aansluiten aan de door Sachs opgestelde theorie van den groei, want, is eenmaal de toeneming der turgorkracht als oorzaak der krommingen bekend, dan laat zich de verdere toedracht zonder moeite uit deze theorie afleiden'.<sup>159</sup>

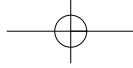
De artikelen die verschenen in de *Botanische Zeitung* en de *Landwirthschaftliche Jahrbücher* konden vader en zoon Darwin nog benutten voor hun nieuwe boek over plantengroei. Het kreeg de titel *The power of movement in plants*; in mei 1880 ging het manuscript naar de drukker en begin november was het boek gereed. Meermalen noemen zij het door De Vries vastgestelde mechanisme van toename van de turgor en daarop volgende fixatie door intussusceptie aan één zijde van een orgaan als de verklaring voor het ontstaan van groeikrommingen.<sup>160</sup>



De Darwins voeren het mechanisme op ter ondersteuning van de belangrijkste stelling die zij in hun boek naar voren brengen. Alle groeiende onderdelen van een plant zouden een spiraalvormige beweging maken, net als slingerplanten doen maar dan veel minder opvallend. Telkens neemt een andere zijde van een orgaan in lengte toe, wat het gevolg is van een toename van de turgor. De meeste andere bewegingen van planten zijn 'modified forms of circumnutation' waarbij de turgor aan één zijde tijdelijk toe- of afneemt, hetzij door interne omstandigheden, hetzij door externe invloeden. Er zijn ook enkele bewegingen die geen variaties op de roterende beweging zijn, zoals krommingen die door aanraking ontstaan. Maar ook in die gevallen zou de kromming veroorzaakt worden door een toename van de turgor aan één zijde van het desbetreffende orgaan.<sup>161</sup> Hoe een stimulus de toename van de turgor bewerkstelligt was de Darwins onbekend. Voor de wortels meenden zij in elk geval dat de prikkel niet direct inwerkt op de zone waar de turgortoename plaatsvindt. Die ligt namelijk niet direct aan het puntje van de wortel maar enkele millimeters daarboven. De Darwins veronderstelden dat de prikkel vanaf de wortelpunt door 'some influence' wordt doorgegeven naar de hoger gelegen weefsels. De wortelpunt is overigens niet alleen gevoelig voor zwaartekracht en licht, maar is ook in staat obstakels te vermijden en plaatsen met grotere vochtigheid waar te nemen. 'We believe that there is no structure in plants more wonderful ... than the tip of the radicle', zo besloten de Darwins op intrigerende wijze hun boek. 'It is hardly an exaggeration to say that the tip of the radicle ... acts like the brain of one of the lower animals; the brain being seated within the anterior end of the body, receiving impressions from the sense-organs, and directing the several movements'.<sup>162</sup>

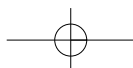
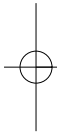
Charles Darwin had al ruim voor de publicatie van het boek verwacht dat Sachs heftig op deze stelling zou reageren. 'He will swear and curse when he finds out that he missed [the] sensitiveness of [the] apex', had hij Francis al tijdens diens eerste verblijf in Würzburg in 1878 geschreven.<sup>163</sup> Sachs reageerde inderdaad heftig, maar om een andere reden dan verwacht: hij wees het idee resoluut af. Volgens Sachs werkt een stimulus direct in op de weefsels die zich krommen door chemisch-fysische oorzaken. Het idee dat het ene deel van een plant 'nadenkt' voor een ander deel herinnerde hem aan de door hem versmaade vitalistische kijk op biologische processen. In het begin van de jaren zeventig had de Poolse botanicus Theodor Ciesielki al eens eenzelfde opvatting verkondigd. Sachs had toen diens experimenten herhaald en was tot andere conclusies gekomen. Na het verschijnen van *The power of movement* gaf hij zijn leerling Emil Detlefsen opdracht de experimenten van de Darwins te herha-

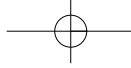




len. Ook die veegde de afwijkende mening prompt van tafel.<sup>164</sup> Sachs zelf schreef in zijn *Vorlesungen über Pflanzenphysiologie* uit 1882, de opvolger van zijn *Lehrbuch der Botanik*, dat vader en zoon Darwin tot hun ‘ebenso wunderlichen wie sensationellen Ergebniss’ waren gekomen ‘auf Grund ungeschickt angestellte und zudem falsch gedeuteter Versuche’. Het illustreerde volgens hem overduidelijk dat ‘nicht nur grosse Vorsicht, sondern auch langjährige Übung und alseitige Bekanntschaft mit pflanzenphysiologischen Dingen nöthig (ist), um nicht in die gröbsten Irrthümer zu verfallen’.<sup>165</sup>

Al tijdens de bezoeken van Francis Darwin aan zijn laboratorium in de zomers van 1878 en 1879 had Sachs twijfels gekregen over het wetenschappelijke gehalte van het werk van vader en zoon. Die twijfels hadden toen echter niet zozeer de inhoud van hun opvattingen alswel hun werkwijze gegolden. Voor Sachs was het experiment het ideale onderzoeksmiddel. Bij zijn beoordeling van vakgenoten, zowel uit heden als verleden, hanteerde hij hun vermogen tot experimenteren doorgaans als het belangrijkste criterium. Werkelijk goed en gedegen experimenteel onderzoek kon in zijn visie alleen uitgevoerd worden in een goed uitgerust laboratorium, en de Darwins ontbeerden dat. Zij deden hun onderzoek gewoon thuis, in de plantenkas en in de studeerkamer, en gebruikten daarbij eenvoudige hulpmiddelen. In de ogen van Sachs waren de Darwins dan ook slechts goedwillende amateurs. Dit verschil tussen ‘professioneel’ onderzoek in een laboratorium en ‘amateuristisch’ onderzoek in de eigen woning kenmerkt het verschil tussen de Duitse en de Engelse wetenschappelijke traditie. De ‘gentleman of science’ en het ‘country-house experiment’ waren in Engeland geaccepteerde en serieus gewaardeerde verschijnselen. In Duitsland had het wetenschappelijk onderzoek zich al in de eerste decennia van de negentiende eeuw verplaatst naar instituten van universiteiten. Amateurs speelden geen wezenlijke rol meer. De in de *Vorlesungen* uitgesproken kritiek dat het de Darwins ontbrak aan de noodzakelijke uitgebreide, door jarenlange ervaring opgedane plantenfysiologische kennis valt eveneens terug te voeren op verschil in wetenschappelijke traditie. Terwijl in Duitsland al sinds het begin van de negentiende eeuw plantenfysiologisch onderzoek werd gedaan, had in Engeland het systematisch onderzoek steeds de bovenaan gevoerd. In eigen land werd *The power of movement* positief ontvangen: het was naar Engelse maatstaven op een serieuze manier tot stand gekomen en het was bovendien origineel en vernieuwend. Pas aan het einde van de eeuw zou het karakter van de Engelse botanie veranderen. In 1877 werd het eerste plantenfysiologische laboratorium aan een Engelse universiteit ingericht door Sidney Vines, naar voorbeeld van het laboratorium van Würzburg waar Vines

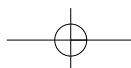
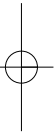


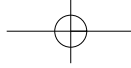


het jaar daarvoor had gewerkt. Francis Darwin zou in 1884, na het overlijden van zijn vader, in dit laboratorium gaan werken en in 1888 Vines als docent opvolgen.<sup>166</sup>

Kritiek op het boek van vader en zoon Darwin kwam er ook van de al genoemde Wilhelm Pfeffer en bovendien van Julius Wiesner, hoogleraar botanie in Wenen. Pfeffer nam zijn kritiek op in zijn leerboek voor fysiologie dat in 1881 verscheen, Wiesner wijdde er een afzonderlijk boek aan. Wiesner zond Charles Darwin een presentemplaar met de excuserende verzekering ‘dass nur die Erfahrung der Wahrheit mich zu dieser Arbeit antrieb’.<sup>167</sup> Nog zonder een letter in het boek gelezen te hebben trok Darwin het boetekleed aan, niet voor wat betreft de fundamentele stelling dat ‘various classes of movement result from the modification of a universally present movement of circumnutation’, maar zijn opvatting dat toenemende turgor de oorzaak van beweging is: ‘I adopted De Vries’ views as seeming to me the most probable, but of late I have felt more doubt on this head’.<sup>168</sup> Darwin voelde terecht nattigheid. Wiesner had de proeven die De Vries en de Darwins hadden verricht herhaald en was tot de conclusie gekomen dat zij de nuances over het hoofd hadden gezien. Wiesner stelde dat groei niet bestaat uit een reeks ‘hintereinander liegenden Acten’, waarvan de toename van de turgor de eerste is, maar uit ‘gleichzeitig sich vollziehenden Processen’. ‘Ich meine: die Intussusception und was überhaupt zum Wachsthum führt folgt nicht erst der Turgorausdehnung, sondern begleitet sie constant, aber anfänglich in untergeordnetem Masse’. Uit proeven was gebleken dat wanneer niet alle voorwaarden voor groei aanwezig zijn (zoals een minimale temperatuur en voldoende zuurstof) er wel toename van de turgor maar geen groei plaatsvindt. Zijn conclusie was dan ook dat ‘die Turgorausdehnung blos ein Attribut des Längenwachsthums ist, nicht aber, wie von Darwin angenommen wird, in den ersten Wachstumsstadien das allein für das Wachsthum massgebende Moment bildet. Vielmehr muss angenommen worden dass das Wachsthum von Beginne an eine Combination mehrerer gleichzeitig wirkender Prozesse bilde, von denen allerdings der Turgor anfänglich vorherrscht’. De krommingen die de Darwins hadden onderzocht moesten derhalve als ‘wahre Wachsthumsbewegungen’ opgevat worden.<sup>169</sup>

Toen hij Wiesners boek (met grote moeite vanwege het gecompliceerde Duits en zijn zwakke gezondheid) uitgelezen had, bedankte Darwin de auteur op de voor hem karakteristieke bescheiden manier voor de hoffelijke wijze waarop hij door hem werd neergesabeld. Daar konden veel anderen een voorbeeld aan nemen ‘for the coarse language often used by scientific men to-



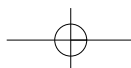


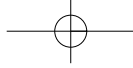
wards each other does no good, and only degrades science'.<sup>170</sup> Aan Francis schreef hij over Wiesner: 'He vivisects me in the most grievous terms, but most effectively'. Maar bedenkingen over die manier had hij wel, zo vertrouwde hij zijn zoon toe: 'It is a great comfort that he has repeated almost all our experiments and finds our statements correct, but it is almost laughable how different an interpretation he puts on every single case. Without intending it he is unfair in some cases by ignoring many experiments and selecting every certain ones from which to deduce his results'.<sup>171</sup> Darwin herzag zijn mening echter niet. Vanwege zijn gezondheid kon hij het onderzoek niet opnieuw ter hand nemen. Hij overleed enkele maanden later, in april 1882.

Wiesners kritiek dat turgor en groei niet noodzakelijk in elkaars verlengde liggen bereikte op de een of andere manier ook De Vries. In een publicatie uit 1889 verdedigde De Vries zich door op te merken dat hij reeds in zijn *Habilitationschrift* uit 1877 had gesteld dat 'der Turgor ... nicht die einzige oder auch nur die erste Ursache des Wachstums sei'. In zijn *Habilitationschrift* had hij namelijk twijfels geplaatst bij Sachs' stelling dat door volledige verzadiging met water de celwand 'befähigt wird' voor intussusceptie. Het onderscheid tussen wel en niet door turgor beïnvloede groeiverschijnselen zou zo zeer gecompliceerd kunnen worden. Verder uitgewerkt had De Vries deze (in een voetnoot vermelde) bedenking echter niet.<sup>172</sup> Ook na Wiesners boek gelezen te hebben ging De Vries er niet verder op in. Op dat moment was hij namelijk al een stuk verder gevorderd op zijn weg om het proces van groei te doorgronden: nu hij had vastgesteld dat intussusceptie wordt veroorzaakt door toenemende turgor, was hij (zoals hij aan Darwin had geschreven) op zoek gegaan naar wat op zijn beurt de toenemende turgor veroorzaakt. Daarbij was zijn blik van de buitenkant van de plant verschoven naar de binnenkant. En daarmee had hij de hem inmiddels zo vertrouwde natuurkundige fysiologie verlaten en was zijn werk meer chemisch-fysiologisch van aard geworden. Sachs' mechanische groeitheorie was daarbij goeddeels uit het zicht verdwenen. Om diezelfde reden haakte De Vries ook niet in op Darwins idee dat vrijwel alle bewegingen in het plantenrijk terug zijn te voeren op de roterende beweging die elke plant voortdurend maakt, ook al sprak het hem bijzonder aan zoals hij Darwin schreef na ontvangst van een presentexemplaar van *The power of movement*.<sup>173</sup>

### **De oorzaak van de turgor**

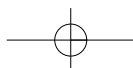
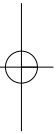
Tijdens het onderzoek met *Sicyos* had De Vries al een vermoeden gekregen in welke richting hij de oorzaak van de turgor moest zoeken. Aan zijn vriend Moll

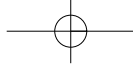




had hij op 10 september 1879, na de afsluiting van zijn experimenten voor dat jaar, geschreven: 'Ik ben nu zoover dat ik weet dat prikkels de afzondering van osmotisch werkzame stoffen in het celvocht bespoedigen, al de rest is hiervan het gevolg. Zoover mijn proeven toelaten te oordeelen berust eigenlijk de groei in 't algemeen eenvoudig op een voortdurende afzondering van zulke stoffen, daardoor trekken de cellen steeds meer water aan en vergrooten zich, rekken de wanden uit en groeien dus. Zwaartekracht, licht en prikkels versnellen dit proces tijdelijk aan ééne zijde; dit veroorzaakt de kromming. Als je 't zoo ziet, spreekt het eigenlijk vanzelf. De aanmaak van wateraantrekkende stoffen door het protoplasma zou dus de eigenlijke motor van de plantengroei zijn, en het natuurkundig mechanisme van druk, uitrekking en opvulling zou een chemische oorzaak hebben. Welke stoffen voor de aantrekking van water verantwoordelijk waren had De Vries toen eveneens al bedacht: 'De zuren in de planten dienen voor den turgor. Want als een rank geprikkeld wordt zijn er geen andere stoffen denkbaar die zoo snel in de cellen afgezonderd zouden kunnen worden als zuren. Eveneens bezorgen de zuren den groei, de geotropie, de heliotropie, enz. enz. Natuurlijk ook de worteldrukking. Waarschijnlijk ook 't etiolement. Het heeft mij zoo lang gehinderd dat ik niet wist waarvoor plantenweefsel toch altijd zuur is, dat ik nu zeer verheugd ben tenminste een goede reden gevonden te hebben. Ik hoop den volgenden zomer de stelling te kunnen bewijzen'.<sup>174</sup>

De Vries had zich al eens eerder met plantenzuren beziggehouden, namelijk in zijn polemieken met Adolf Mayer in 1876. Mayer had destijds de stelling verdedigd dat in de bladen van vetplanten (en mogelijk ook andere planten) CO<sub>2</sub> in het donker wordt opgeslagen in de vorm van plantenzuren die overdag (onder invloed van licht) worden ontleed waarbij onder andere zuurstof ontstaat. De Vries had het bestaan van plantenzuren en hun periodiek toe- en afnemen erkend, maar heftig bestreden dat zij een rol zouden spelen bij de koolzuurassimilatie. Welke rol zuren dan wel spelen in het plantenleven wist hij, tot zijn ergernis, toen echter niet aan te geven. Geen wonder dus dat hij zo verheugd was nu een antwoord gevonden te hebben. Hij was zelfs zó zeker van zijn zaak dat hij zijn mening al eind 1879, zonder experimenteel verkregen bewijs, publiceerde in de *Botanische Zeitung*. 'Die Pflanzensäuren sind die Träger der Turgorkraft', stelde hij zelfverzekerd. 'Sie werden unter der Herrschaft des Protoplasma aus den aufgenommenen Nährstoffen und dem Sauerstoffe zu diesem Zwecke gebildet'. De Vries gaf vervolgens elf argumenten ter ondersteuning van zijn opvatting, ontleend aan de literatuur en eigen onderzoek. Met enig aplomb stelde hij dat hij besloten had het onderwerp ex-

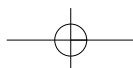
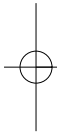




perimenteel te gaan onderzoeken om daarmee de 'bisherigen vagen Betrachtungen' terzijde te schuiven en 'die bisher so dunkle Rolle der Pflanzensäuren' op te helderen.<sup>175</sup> Ook in de beschrijving van zijn proeven met de ranken van *Sicyos* in de *Verslagen en Mededeelingen* van de Akademie van Wetenschappen stelde hij zelfverzekerd dat het zijn plan was 'de juistheid mijner hypothese zoodra mogelijk aan proeven te toetsen, en te trachten omtrent de betekenis der organische zuren in het algemeen experimenteel zekerheid te erlangen'.<sup>176</sup>

Van onderzoek kwam in de zomer van 1880 echter niets. De bouw van het laboratorium, het schrijven van het *Leerboek der plantenkunde* en het uitwerken van zijn experimenten van het voorgaande jaar namen hem geheel in beslag. Wel bestudeerde hij de literatuur over de stofwisseling bij planten, daarbij in het bijzonder lettend op de rol van zuren.<sup>177</sup> In de zomer van 1881 onderzocht hij het 's nachts verschijnen en overdag verdwijnen van plantenzuren in vetplanten. Hij kwam tot de conclusie dat deze planten als groep een uitzondering in het plantenrijk vormen. Alle plantensoorten, zeker zo lang zij nog groeien, vormen zowel overdag als 's nachts zuren en in alle soorten worden de zuren, zowel overdag als 's nachts, omgezet en geneutraliseerd. Bij meer licht en een hogere temperatuur (dus overdag) verloopt deze omzetting aanmerkelijk sneller. De omzetting houdt steeds gelijke tred met de productie; plantensappen zijn slechts zeer zwak zuur. Vetplanten echter hebben de afwijkende en unieke eigenschap dat zij 's nachts de productie van zuren opvoeren, waarbij het tempo van de omzetting aanzienlijk wordt overstegen. Een ophoping van zuren is het gevolg. De verhoogde productie wordt op gang gebracht door het licht dat overdag op de bladen is gevallen. Vetplanten die overdag in het donker waren gehouden, bleken de volgende nacht geen zuren te produceren. Bij een hogere nachttemperatuur bleek wel de omzetting, maar niet de productie sneller te verlopen. De temperatuur had op de verhoging van de productie dus geen invloed. De Vries schreef twee artikelen over het onderwerp en daarin herhaalde hij nog eens hetgeen hij in 1876 in zijn discussie met Mayer had beweerd: plantenzuren zijn geen tussenfasen in de omzetting van CO<sub>2</sub> in zuurstof. De afbraak van plantenzuren is volgens hem geen reductie- maar een oxydatieproces waarbij CO<sub>2</sub> en water ontstaan. Het ontstane CO<sub>2</sub> wordt door de bladgroenkorrels omgezet in zuurstof. De omzetting van zuren vindt ook in het donker plaats en is dus onafhankelijk van licht. Met de fotosynthese had dit chemische proces zeer beslist niets te maken.<sup>178</sup>

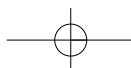
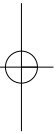
De wisselende concentraties van zuren in de bladen van vetplanten bepaalde De Vries met behulp van titraties. Waarschijnlijk kwam hij daarbij tot de conclusie dat de zuren in zo geringe mate aanwezig zijn dat zij onmogelijk al-

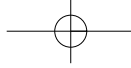






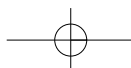
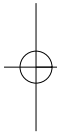
leen verantwoordelijk kunnen zijn voor de turgor. In de zomer van 1882 probeerde hij namelijk te achterhalen welke stoffen in het celsap nog meer bijdragen aan de turgor en wat het aandeel van deze stoffen afzonderlijk in de turgor als geheel is, niet alleen bij vetplanten maar ook bij andere soorten. Die vragen waren niet eenvoudig te beantwoorden. De samenstelling van het celsap verschilde namelijk van soort tot soort. Bovendien kon zij per dagdeel variëren, zoals bij vetplanten. Het was daarom noodzakelijk om van elke plantensoort afzonderlijk te bepalen wat de chemische samenstelling van het celsap is, wat het wateraantrekkende vermogen van de gevonden stoffen elk afzonderlijk is en wat het wateraantrekkende vermogen van het celsap als geheel is. De plasmolyse vormde een uitstekend middel om het wateraantrekkend vermogen te bepalen. Immers, bij plasmolyse is de uittrekking van water (exosmose) sterker dan de intrede (endosmose). Pogingen om via microscopisch onderzoek van cellen het wateraantrekkend vermogen van het celsap en afzonderlijke stoffen in oplossing te bepalen leverden echter grote moeilijkheden en onnauwkeurige gegevens op. De Vries nam daarom zijn toevlucht tot een methode die hij ruim tien jaar eerder bij het onderzoek voor zijn proefschrift had gehanteerd: hij splitste jonge, snelgroeiende stengels en bladstelen in vier overlangse delen en legde deze in de te onderzoeken vloeistoffen. Als de stengeldelen zich aan de zijde van de epidermis concaaf kromden betekende dit dat de parenchymcellen water opnamen (de epidermis en vaatbundels hadden niet of nauwelijks het vermogen water op te nemen) en dat het wateraantrekkend vermogen van de inhoud van de cellen sterker was dan van de oplossing. Kromden de stengels zich aan de zijde van de epidermis convex, dan werd water aan de parenchymcellen onttrokken en was het wateraantrekkende vermogen van de oplossing sterker dan van de inhoud van de cellen. Vond er geen kromming plaats, dan waren de wateraantrekkende vermogens van de oplossing en de inhoud van de cellen gelijk. De Vries doopte dergelijke concentraties met gelijke aantrekkingskrachten 'isotonisch' (isos = gelijk, tonos = spanning). Om de wateraantrekkende vermogens van oplossingen met elkaar te kunnen vergelijken nam De Vries  $\text{KNO}_3$  (kaliumnitraat, of kaliumsalpeter volgens de toenmalige benaming) als referentiestof. Eerdere proeven hadden hem geleerd dat een  $\text{KNO}_3$ -oplossing een hoge diffusiesnelheid bezit en al bij lage concentraties resultaat geeft. Stengeldelen die in de te onderzoeken oplossingen hadden gelegen, bracht hij in  $\text{KNO}_3$ -oplossingen van verschillende concentraties. De concentratie waarbij geen verdere kromming optrad was isotonisch met de concentratie van de te onderzoeken stof: zij hadden hetzelfde wateraantrekkende vermogen. Of de stengeldelen zich

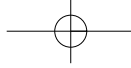




wel of niet kromden bepaalde hij eenvoudig op het oog door vergelijking met getekende cirkels. De concentratie  $\text{KNO}_3$  die isotonisch was met de onderzochte stof noemde De Vries de ‘salpeterwaarde’ van die stof.<sup>179</sup>

Deze ‘weefselspanningsmethode’ (zo genoemd vanwege het spanningsverschil tussen het turgescente parenchym en de passieve epidermis en vaatbundels) had enkele nadelen. Zo kon zij vanwege het gebruik van jonge, snelgroeiende stengels alleen in het voorjaar en in de zomer toegepast worden. Door de dikte van de stengeldelen drongen de onderzochte stoffen bovendien niet overal even snel door. Ten slotte liet de methode niet toe het wateraantrekende vermogen van zuren te onderzoeken, aangezien deze het protoplasma te veel aantasten.<sup>180</sup> Na lang experimenteren lukte het De Vries toch met zijn oorspronkelijk gehanteerde methode betrouwbare resultaten te krijgen. Hij bracht dunne plakjes weefsel eerst in een oplossing van een te onderzoeken stof die een zodanige concentratie had dat er duidelijk zichtbaar onder de microscoop plasmolyse optrad. Hiervan maakte hij, met behulp van een camera lucida, een tekening. Vervolgens plaatste hij hetzelfde weefsel in  $\text{KNO}_3$ -oplossingen van verschillende concentraties en vergeleek dan de eerdergemaakte tekening met het preparaat onder de microscoop. Per cel noteerde hij of de plasmolyse toenam, afnam of gelijk bleef. De concentratie van de  $\text{KNO}_3$ -oplossing die de minste verandering te zien gaf was isotonisch met die van de onderzochte stof.<sup>181</sup> Het grote voordeel van deze ‘plasmolytische transportmethode’ was dat steeds dezelfde cellen met elkaar vergeleken werden. Door het lange verblijf in de zoutoplossingen werden de cellen echter minder gevoelig en konden zij zelfs sterven. De beste resultaten kreeg De Vries met een variant op deze methode die hij de ‘plasmolytische vergelijkmethode’ noemde. Hierbij waren de weefsels die in de te onderzoeken oplossing en de  $\text{KNO}_3$ -oplossing werden gebracht verschillend, maar wel afkomstig van dezelfde plant en hetzelfde orgaan en dus goed vergelijkbaar. Verder ging De Vries hierbij niet uit van een duidelijk zichtbaar en reeds gevorderd stadium van plasmolyse maar van het moment waarop de plasmolyse net is ingetreden. Het toe- of afnemen van de plasmolyse in de ene oplossing ten opzichte van de andere oplossing was hiermee veel eenvoudiger te bepalen. Slechts een beperkt aantal weefsels van een beperkt aantal planten bleek voor beide methoden geschikt te zijn. Een belangrijke voorwaarde was een gekleurde celinhoud zodat het gemakkelijk te zien was of de celinhoud zich wel of niet van de celwand had losgemaakt. Verder moesten alle cellen tegelijkertijd plasmolyseren. Ook moesten de cellen vrij groot zijn om een goede waarneming mogelijk te maken. Na lang zoeken bleken slechts bepaalde groepen epidermiscellen van *Curcuma rubicaulis* (Geel-

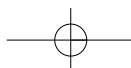
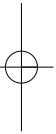


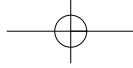


wortel), *Tradescantia discolor* (nu *Rhoeo spathacea*) en *Begonia manicata* (*Begonia*) bruikbaar te zijn. De Vries noemde deze soorten 'indicatorplanten' aangezien ze bij zijn experimenten dezelfde rol vervulden als de indicatoren die bij een titratie het omslagpunt aangeven.<sup>182</sup>

Aanvankelijk gaf De Vries de concentraties van de oplossingen waarmee hij werkte aan met hun 'equivalentgewichten': de relatieve massa stof die zich in een reactie met een andere stof verbindt. Ook de salpeterwaarden van de  $\text{KNO}_3$ -oplossingen en de isotonische oplossingen van andere stoffen drukte hij in equivalenten uit. Toen hij zijn experimenten, uitgevoerd volgens de 'weefselspanningsmethode', al had voltooid, leerde De Vries de concentraties om te rekenen naar molariteiten. In de salpeterwaarden verscheen toen een opmerkelijk patroon. Alle oplossingen die hij had onderzocht bleken waarden te hebben die zich verhielden als  $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 2\frac{1}{2}$ , of omgerekend naar gehele getallen  $2 : 3 : 4 : 5$  waarbij het getal 3 overeenkwam met de referentiestof  $\text{KNO}_3$ . De Vries vermoedde al snel dat deze regelmaat veroorzaakt werd door de chemische samenstelling van de onderzochte stoffen. In de winter van 1882-1883 kreeg hij zijn vermoeden bevestigd na een nieuwe reeks bepalingen van salpeterwaarden, ditmaal met behulp van de 'transportmethode', maar vooral met de betrouwbaardere 'vergelijkingsmethode'. Alle stoffen die hij onderzocht (en dat konden er dankzij de nieuwe methoden heel wat meer zijn dan eerst) konden aan een van de vier verhoudingsgetallen worden gekoppeld. De Vries gaf deze getallen de naam 'isotonische coëfficiënten'. Oplossingen van organische, metaalvrije verbindingen hadden de coëfficiënt 2. Zouten met één, twee en drie alkalimetaal-ionen (bij de onderzochte stoffen alleen natrium en kalium) hadden coëfficiënten van respectievelijk 3, 4 en 5. Zouten met één en twee aardalkalimetaal-ionen (bij de onderzochte stoffen alleen magnesium en calcium) hadden coëfficiënten van respectievelijk 2 en 4. De coëfficiënten van de onderzochte stoffen bleken optelsommen te zijn van de relatieve wateraantrekkende vermogens van de afzonderlijke ionen waaruit de moleculen zijn opgebouwd. Een ion van een aardalkalimetaal had de coëfficiënt 0 (dus geen wateraantrekkend vermogen), een ion van een alkalimetaal de coëfficiënt 1 en een zuurrestion de coëfficiënt 2. Zo had  $\text{KNO}_3$  een coëfficiënt van  $1 + 2 = 3$ ,  $\text{KOOC-COOK}$  (kaliumoxalaat) een coëfficiënt van  $(1+1) + (1+1) = 4$ , en  $\text{K}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7$  (kaliumcitraat) een coëfficiënt van  $(3 \times 1) + 2 = 5$ . Als eenheid van wateraantrekkend vermogen stelde De Vries  $\frac{1}{3}$  van de aantrekkingskracht van een molecuul  $\text{KNO}_3$ .<sup>183</sup>

Door het aandeel van een stof uit het celsap, vastgesteld bij de chemische analyse van het sap, te vermenigvuldigen met de bijbehorende isotonische

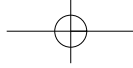




coëfficiënt verscheen op eenvoudige wijze het aandeel in de totale turgorkracht. Het bleek dat in snel groeiende plantendelen het aandeel van plantenzuren en daarvan afgeleide zouten ongeveer de helft bedroeg. In bijna en in geheel uitgegroeide plantendelen was dit aanzienlijk minder; een deel van de zuren is dan omgezet in voedingsstoffen, terwijl van de rest de concentratie is afgenomen vanwege de volumetoename van de cel. Van de andere stoffen bleek glucose de voornaamste bijdrage aan de totale turgor te leveren: 10 tot 25%; in de groeiende bladstelen van *Heracleum sphondylium* (Gewone bereklauw) echter was het aandeel wel 50-60%, in de bloembladen van de Roos zelfs 80%. Anorganische zouten, die meestal maar weinig in plantensappen voorkomen, bleken slechts in zeer geringe mate aan de turgor bij te dragen. Uitzonderingen waren onder andere  $\text{KNO}_3$ , dat in de stengeltop van *Helianthus tuberosus* (Aardpeer) 40% van de turgor op zich neemt, en kaliumchloride, dat in bladstelen van *Gunnera scabra* ruim 50% van de turgorkracht levert. Al deze stoffen werden voor een deel in de cellen gevormd en voor een deel, en soms voor een groot deel, kant en klaar door de wortels opgenomen. Opvallend was dat steeds één stof ongeveer de helft van de turgorkracht bepaalde en dat deze stof genusgebonden was: bij *Rheum* (rabarber) was het oxaalzuur, bij *Rochea* en verwante geslachten appelzuur en bij *Heracleum* suikers.<sup>184</sup> Deze resultaten betekenden overigens dat De Vries zijn stelling dat alleen plantenzuren verantwoordelijk zijn voor de turgor moest opgeven. In de publicatie van zijn onderzoeksresultaten uit de jaren 1881-1883 gaf hij, zonder schroom, toe dat hij het enkele jaren eerder bij het verkeerde eind had gehad.<sup>185</sup>

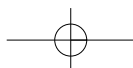
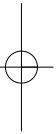
#### De theorie van de verdunde oplossingen

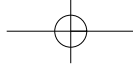
In zijn *Habilitationsschrift* uit 1877 had De Vries geprobeerd voor enkele planten vast te stellen hoe groot de absolute druk is die de celinhoud uitoefent op de celwand. Voor drie verschillende soorten had hij waarden van  $6\frac{1}{2}$ ,  $4\frac{1}{2}$  en 3 atmosfeer verkregen.<sup>186</sup> De isotonische coëfficiënten gaven volgens De Vries nu een nieuw middel om de druk te bepalen. Hij rekende de concentraties  $\text{KNO}_3$ , waarbij in de onderzochte soorten plasmolyse optreedt (dus de druk geheel verdwijnt) om naar de concentratie van 1%  $\text{KNO}_3$ , aldus de osmotische druk van deze stof verkrijgend. Deze lag op ongeveer 2,4 atmosfeer. Wilhelm Pfeffer had enkele jaren eerder de osmotische druk van enkele stoffen berekend met behulp van een zelfgeconstrueerde osmometer. Hij had 1%-oplossingen gescheiden gehouden van zuiver water door kunstmatig verkregen semipermeabele membranen, die wel water maar geen andere stoffen doorlaten, en bepaald hoe groot de waterkolom is die de oplossingen kunnen dragen (of,



anders gesteld, hoe groot de hydrostatische druk is waarbij verhinderd wordt dat er door de osmotische druk water door het membraan naar de oplossing vloeit). Hij had voor een 1%  $\text{KNO}_3$ -oplossing een druk van 2,3 atmosfeer verkregen. Volgens De Vries moesten de waarden die Pfeffer had vastgesteld te laag zijn. De gebruikte membranen waren namelijk niet geheel impermeabel voor opgeloste stoffen. Berekningen met behulp van de isotonische coëfficiënten van  $\text{KNO}_3$  en die van andere stoffen waarvan Pfeffer de druk had bepaald bevestigden dit vermoeden: De Vries kwam uit op 3,2-3,6 atmosfeer. De osmotische druk varieerde dus van 2,3 tot 3,6 atmosfeer. 'Um eine runde Zahl zu wählen' (!) stelde hij de osmotische druk op 3. Aangezien de isotonische coëfficiënt van  $\text{KNO}_3$  eveneens 3 was, kwam de gedefinieerde eenheid voor wateraantrekkend vermogen ( $\frac{1}{3}$  van de aantrekkingskracht van een molecuul  $\text{KNO}_3$ ) overeen met 1 atmosfeer. Deze uitspraken moesten echter als zeer voorlopig worden beschouwd, zo waarschuwde De Vries zijn lezers, en hij stelde dat hij de exacte bepaling van de osmotische druk als een van zijn volgende opgaven beschouwde.<sup>187</sup>

Op hetzelfde moment dat De Vries de resultaten van zijn onderzoek naar het wateraantrekkende vermogen van stoffen op papier zette, brak zijn collega Henry van 't Hoff, hoogleraar scheikunde in Amsterdam, zich het hoofd over hetzelfde onderwerp.<sup>188</sup> Van 't Hoff hield zich bezig met het verschijnsel affiniteit: de neiging van stoffen om met elkaar een verbinding te vormen. Daarvoor onderzocht hij het verloop van reacties, de reactiesnelheid, de factoren die de reactiesnelheid beïnvloeden (concentratie, druk, temperatuur) en de chemische evenwichten die bij reacties ontstaan (waarvan het zwaartepunt kan liggen bij de uitgangsstoffen, de reactieproducten, of ergens daar tussenin). Ook de verbinding die bepaalde vaste stoffen (zogenaamde hydraten) hebben met water (het zogenaamde kristalwater) rekende hij tot het affiniteitsvraagstuk. De Duitse chemicus Eilhard Mitscherlich had bij  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  voor de wateraantrekkende kracht een waarde van 0,005 atmosfeer gevonden door de druk van de stof voor en na de afgifte van het kristalwater (in gasvorm) te meten. Van 't Hoff leek die waarde onwaarschijnlijk laag en hij broedde op een methode om het onderzoek van Mitscherlich met een grotere nauwkeurigheid te herhalen. Wellicht, zo dacht hij, liet de wateraffiniteit zich makkelijker bepalen door de hydraten opgelost in water te bestuderen. 'Mit dieser Frage auf den Lippen aus dem Laboratorium kommend, begegnete ich dann meinem Collegen De Vries und seiner Frau', vertelde Van 't Hoff later. 'Der war gerade mit osmotischen Versuchen beschäftigt und machte mich mit Pfeffer's Bestimmungen bekannt'.<sup>189</sup>



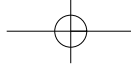


Uit Pfeffers boek leerde Van 't Hoff de osmotische druk van stoffen in oplossing te meten. Bovendien kon hij uit de grote hoeveelheid cijfermateriaal die Pfeffer presenteerde een algemene formule afleiden over de chemische affiniteit. Van 't Hoff vatte de affiniteit niet op als een kracht maar als arbeid en stelde deze gelijk aan de warmte die nodig is om de verbinding te verbreken bij een bepaalde temperatuur in vergelijking met de temperatuur waarbij de verbinding zonder arbeid wordt verbroken. Daarmee verbond hij affiniteit met chemisch evenwicht: het maken en verbreken van een verbinding is een reversibel proces dat door verandering van de temperatuur in een van beide richtingen gestuurd kan worden. Van 't Hoff paste zo met succes de wetten van de thermodynamica toe in de scheikunde.<sup>190</sup>

Van 't Hoff publiceerde in 1884 een boek over zijn onderzoek naar chemische evenwichten. Het gedrag van moleculen in waterige oplossingen bleef hem echter bezighouden. Hij kreeg het idee dat er een analogie moest zijn tussen stoffen in oplossing en stoffen in gasvorm: de druk die moleculen in een oplossing op een semi-permeabele wand uitoefenen kon wel eens gelijk zijn aan de druk die moleculen in gasvorm uitoefenen op de wand van het vat waarin zij zich bevinden. Osmotische druk en gasdruk zouden in dat geval vergelijkbaar zijn en dezelfde wetmatigheden volgen.

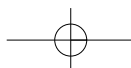
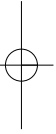
Voor gassen waren drie wetten bekend, elk genoemd naar hun ontdekker. De wet van Boyle stelde dat (bij constante temperatuur) de druk ( $p$ ) van een hoeveelheid gas omgekeerd evenredig is met het volume ( $v$ ), ofwel  $pV = c$ . Pfeffers metingen van de osmotische druk van suikeroplossingen met verschillende concentraties bewezen dat deze wet ook voor oplossingen opgaat. Ook de metingen die De Vries had verricht bij zijn onderzoek naar het wateraan-trekkend vermogen van stoffen in het celsap hadden de analogie aangetoond.

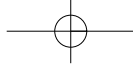
De tweede wet was de wet van Gay-Lussac. Deze stelde dat (bij constant volume) de druk recht evenredig is met de temperatuur, en dat (bij constante druk) het volume recht evenredig is met de temperatuur. Ook hier gaven Pfeffers metingen voldoende bewijzen voor een volkomen analogie tussen oplossingen en gassen. Bovendien vond Van 't Hoff steun in de waarnemingen die, naar aanleiding van De Vries' publicatie over de isotonische coëfficiënten, in 1884 waren gepubliceerd door H.J. Hamburger, assistent van de Utrechtse hoogleraar fysiologie F.C. Donders. Donders was aanwezig geweest bij de lezing over isotonische coëfficiënten die De Vries op 27 oktober 1883 had gehouden in de maandelijkse vergadering van de afdeling Natuurkunde van de Akademie van Wetenschappen.<sup>191</sup> Bij terugkomst in zijn laboratorium had hij het onderwerp met Hamburger besproken. Donders vroeg zich af of de waar-



nemingen van De Vries ook geldig waren voor dierlijke cellen. Hamburger zette zich aan de oplossing van de vraag. Waar De Vries de grensplasmolyse had gehanteerd als ijkpunt voor isotonie, gebruikte Hamburger het vrijkomen van de rode kleurstof uit rode bloedlichaampjes. Wanneer water aan bloed wordt toegevoegd nemen de bloedlichaampjes dit op; de interne druk wordt uiteindelijk zo groot dat zij barsten. Door toevoeging van zouten kan dit worden tegengegaan aangezien de lichaampjes dan water afstaan. Hamburger voegde oplossingen van verschillende stoffen toe aan runderbloed. Het bleek dat de concentraties van de gebruikte stoffen waarbij de bloedlichaampjes net opensprongen zich in precies dezelfde mate tot elkaar verhielden als de concentraties van diezelfde stoffen waarbij in De Vries' indicatorplanten grensplasmolyse was opgetreden.<sup>192</sup> Hamburger had zijn proeven gedaan met oplossingen van 34 °C en De Vries met oplossingen op kamertemperatuur, terwijl in beide gevallen de oplossingen gelijke concentraties bevatten. Van 't Hoff leidde hieruit af dat de temperatuurscoëfficiënt van de osmotische druk onafhankelijk is van de aard van de opgeloste stof, net als de drukcoëfficiënt van gassen.

Dat de wetten van Boyle en Gay-Lussac ook opgingen voor oplossingen moest betekenen dat de combinatie van beide daarvoor ook op zou moeten gaan, namelijk de formule voor de toestandsvergelijking voor ideale gassen  $PV = RT$ , waarbij  $P$  = druk,  $V$  = volume,  $R$  = constante en  $T$  = temperatuur. Maar tot zijn verbazing bleek dat bij veel oplossingen niet het geval te zijn. Zouten, sterke zuren en sterke basen bleken een hogere osmotische druk te hebben dan op basis van de hoeveelheid aanwezige moleculen verwacht mocht worden. Om de vergelijking ook voor deze oplossingen kloppend te maken, moest de constante  $R$  worden vermenigvuldigd met een factor die Van 't Hoff aanduidde met de letter 'i'. Deze factor was op verschillende manieren te berekenen. Bij één methode maakte Van 't Hoff gebruik van De Vries' isotonische coëfficiënten:  $i$  bleek 0,556 maal de isotonische coëfficiënt van de desbetreffende stof in de oplossing te zijn. Andere berekeningsmethoden berustten op de vriespuntsdaling en de dampdrukverlaging die de desbetreffende stof in oplossing vertoonde. De Vries had bij zijn onderzoek in het begin van de jaren tachtig al een verband opgemerkt tussen het wateraan-trekkend vermogen van een stof en de daling van het vriespunt wanneer aan een hoeveelheid water die stof wordt toegevoegd. Hij had daarbij gebruik-gemaakt van recente waarnemingen van de Franse chemici J. de Coppet en F.M. Raoult. De vriespuntsdalingen van 1 M oplossingen van enerzijds organische stoffen (die een isotonische coëfficiënt van 2 hadden) en van ander-





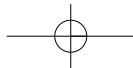
zijds anorganische verbindingen (zouten) (die coëfficiënten hadden van 3, 4 en 5) verhieldden zich als 1 : 2.<sup>193</sup> De waarde van  $i$  moest dus nauw samenhangen met de chemische samenstelling, maar hoe de zaak werkelijk in elkaar zat bleef Van 't Hoff een mysterie.

Vanwege de afwijkingen die met behulp van de coëfficiënt  $i$  gecorrigeerd moesten worden, ging de derde wet die voor gassen bekend was, de wet van Avogadro, voor oplossingen slechts voor een deel op. Volgens deze wet bevatten (bij constante temperatuur en druk) gelijke volumens gelijke hoeveelheden moleculen, en oefenen gelijke volumens dus ook gelijke drukken uit. Zoals uit De Vries' onderzoek bleek konden twee oplossingen van verschillende stoffen, maar met een gelijke concentratie, echter een verschillende druk uitoefenen. Bij de oplossingen die in hun gedrag wél in overeenstemming waren met de wet van Avogadro bleek de overeenkomst met gassen bijzonder groot te zijn: gelijke concentraties van gassen en van oplossingen hadden gelijke drukken, namelijk 22,4 atmosfeer bij 0 °C en 0,1 M.

Van 't Hoff publiceerde zijn bevindingen in 1886.<sup>194</sup> De Vries was bijzonder ingenomen met de resultaten en besprak ze in een kort artikel in het *Album der Natuur*.<sup>195</sup> Volgens hem was het onmiskenbaar dat hiermee 'de band tusschen de studie der levenloze en die der levende natuur zeer versterkt wordt; en dat daardoor tevens het vooruitzicht wordt geopend op eene uitgebreide toepassing van de uitkomsten der physische chemie op de verschijnselen van het leven'. De reductionistisch-mechanistische visie had opnieuw een slag gewonnen.

De bevindingen van Van 't Hoff werden ook door de Zweedse chemicus Svante Arrhenius met instemming begroet. In 1884 had Arrhenius in zijn proefschrift gesteld dat stoffen die in oplossing elektriciteit geleiden, de zogenaamde elektrolyten, niet slechts in beperkte mate in positief en negatief geladen ionen zijn gesplitst, zoals de algemene mening was, maar voor een groot deel. Bij geringe concentraties zou de splitsing volgens hem zelfs volledig zijn. Zijn collega's hadden zeer sceptisch tegenover dit idee gestaan. Een grote of volledige ionisatie in water had hen geheel in tegenspraak met het stabiele karakter van de betreffende stoffen geleken. In de resultaten van Van 't Hoff zag Arrhenius zijn opvatting nu op een schitterende wijze bevestigd. Ionen zouden zich volgens hem op dezelfde manier gedragen als moleculen. Stoffen waarvan de moleculen zich in water in twee ionen splitsen, oefenen daardoor een tweemaal zo grote druk uit als stoffen die zich niet splitsen. De correctiefactor  $i$  moest volgens Arrhenius gelijk zijn aan de verhouding tussen het aantal werkelijk aanwezige deeltjes (ionen en ongedeelde moleculen) en het aan-

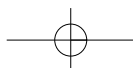
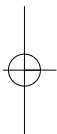


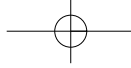


tal moleculen dat in oplossing is gebracht. De factor moet dus liggen tussen 1 (het molecuul) en het aantal ionen waarin het molecuul dissocieert.

Arrhenius schreef in maart 1887 Van 't Hoff een lange brief waarin hij zijn opvatting uiteenzette. Van 't Hoff reageerde voorzichtig: hij zag weliswaar 'keine schwerwiegende Bedenken gegen eine weitergehende Spaltung', zoals hij terugschreef, maar hij moest de zaak verder overdenken. Arrhenius intussen toog aan het werk en berekende  $i$  voor een groot aantal oplossingen door het elektrische geleidingsvermogen na te gaan. De getallen vertoonden een opvallende gelijkenis met  $i$  zoals berekend met behulp van de vriespuntsdaling. Na het vernemen van deze resultaten liet Van 't Hoff zijn bedenkingen meteen varen. Ter informatie stuurde hij Arrhenius overdrukken van de publicaties van De Vries en Hamburger. Hij vroeg hem speciaal te letten op de ronde getallen die De Vries voor zijn isotonische coëfficiënten hanteerde. 'Diese Annahme schien mir immer eine etwas willkürliche Abrundung. Es konnte jedoch dass sie durch die eingeführte Beziehung mit der Ionenzahl Bedeutung erhalte'. Net als Van 't Hoff werd Arrhenius door De Vries' coëfficiënten in verwarring gebracht. Ronde getallen krijgt men alleen bij zeer geringe concentraties, wanneer alle moleculen gedissocieerd zijn, en dan ook nog alleen bij de best geleidende zouten, antwoordde hij Van 't Hoff. 'Eigentümlich ist aber das De Vries in seinen, wie es scheint, mit nicht besonders grossen Fehlerquellen behafteten Versuchen die Proportionen  $1 : 1\frac{1}{2} : 2 : 2\frac{1}{2} [= 2 : 3 : 4 : 5]$  usw. gefunden hat (und dies für ziemlich grosse Verdünungen), da nach Raoult für dieselben Präparate die Gefrierpunktserniedrigungen sich wie  $1 : 2 : 3 : 4$  usw. verhalten, wozu auch die elektrischen Ziffern annähernd führen. Die Verschiedenheit zwischen den Raoult'schen und den De Vries'schen Ziffern ist viel zu gross und regelmässig um als Beobachtungsfehler erklärt werden zu können. Es ist aber im höchsten Grade für die Feststellung der Bedeutung der  $i$ -Werte wünschenswert eine Erklärung dieser sonderbaren Verschiedenheit auszufinden'.

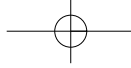
Van 't Hoff publiceerde in 1887 nogmaals zijn eerdere bevindingen over de analogie tussen de druk van gassen en oplossingen, nu aangevuld met de opmerkingen van Arrhenius dat de afwijkingen van de regel verklaard moeten worden uit onvolledige dissociatie. Het artikel verscheen in het eerder dat jaar door Van 't Hoff zelf opgerichte *Zeitschrift für Physikalische Chemie*. Enkele maanden later volgde Arrhenius met een artikel over zijn eerdere theorie van de elektrolytische dissociatie, nu aangevuld met bewijsmateriaal dat Van 't Hoff geleverd had.<sup>196</sup> De Vries schreef, op verzoek van Van 't Hoff, in 1888 en 1889 twee bijdragen voor het *Zeitschrift* waarin hij de gecombineerde theorie van de





beide chemici met eigen waarnemingen, verkregen met de hem vertrouwde plasmolytische methode, nog eens extra steun gaf. Door de inbreng van Arrhenius was het hem nu duidelijk dat de osmotische druk bepaald wordt door de druk van gedissocieerde en niet-gedissocieerde moleculen gezamenlijk en dat isotonie in werkelijkheid de aanwezigheid van gelijke hoeveelheden deeltjes in twee verschillende oplossingen is. De salpeterwaarde van een oplossing was in feite de concentratie van een  $\text{KNO}_3$ -oplossing waarbij het aantal deeltjes gelijk is aan dat van een andere opgeloste stof. De opklimmende salpeterwaarden (dus het opklimmende aantal deeltjes) had De Vries vertaald naar opklimmende isotonische coëfficiënten en deze konden nu gebruikt worden om de mate van dissociatie te berekenen. Hiervoor was het nodig de coëfficiënten te herleiden tot de coëfficiënt van een stof die niet gedissocieerd is. De Vries vond deze in glycerine, dat een isotonische coëfficiënt had van 1,78. Later bleek ureum met een isotonische coëfficiënt van 1,70 nog beter aan het doel te beantwoorden. Door alle isotonische coëfficiënten te delen door 1,7 verkreeg De Vries zo de dissociatiegraad van alle stoffen die hij had onderzocht. Zo vond hij voor  $\text{KNO}_3$  een dissociatiegraad van  $3 / 1,7 = 1,76$ . Op 100 in oplossing gebrachte moleculen  $\text{KNO}_3$  waren er derhalve 176 niet-gedissocieerde moleculen en ionen aanwezig. De op deze manier verkregen getallen kwamen vrij nauwkeurig overeen met de dissociatiegraad zoals berekend met behulp van het elektrisch geleidingsvermogen. Bij deze berekeningen gebruikte De Vries isotonische coëfficiënten tot in honderdsten nauwkeurig. Het afronden naar gehele getallen, waartegen Van 't Hoff en Arrhenius hun bedenkingen hadden gehad, was bij nader inzien onterecht geweest aangezien daarbij geen rekening was gehouden met beperkte dissociatie. Als basis voor de berekening van de isotonische coëfficiënten bleef hij vasthouden aan exact 3,00 voor 0,1 M  $\text{KNO}_3$ .<sup>197</sup> Glycerine en ureum bleken overigens de bijzondere eigenschap te hebben door het protoplasma heen te kunnen dringen in het celsap. Plasmolyse die in een oplossing van een van beide stoffen ontstond verdween na enkele uren.<sup>198</sup>

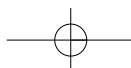
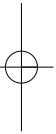
Het aan Arrhenius ontleende inzicht over de dissociatiegraad van stoffen gaf ook de mogelijkheid om met behulp van plasmolyse molecuulmassa's te bepalen. Hiervoor was het nodig isotonische oplossingen te maken van een stof waarvan de molecuulmassa onbekend was en van een stof die chemisch verwant was (en daardoor dezelfde isotonische coëfficiënt had) waarvan de massa wel bekend was. De Vries paste deze methode toe bij de meting van de molecuulmassa van raffinose (een drievoudig suiker, opgebouwd uit galactose, glucose en fructose) dat hij vergeleek met rietsuiker (saccharose, een twee-

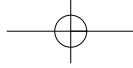


voudig suiker opgebouwd uit glucose en fructose). Het bleek dat een 1 M oplossing van rietsuiker isotonisch was met een oplossing waarin 595,7 gram raffinose per liter in opgelost was.<sup>199</sup> De ontdekking zou spectaculair zijn verlopen. Volgens overlevering was De Vries aanwezig op een vergadering van de Akademie van Wetenschappen waar in een lezing werd opgemerkt dat de molecuulmassa van raffinose nog onduidelijk was aangezien de structuurformule onbekend was. Er waren drie verschillende formules opgesteld met respectievelijke molecuulmassa's 396, 594 en 1188. De Vries zou toen de spreker een hoeveelheid raffinose gevraagd hebben en belooft hebben om na de pauze terug te komen met het juiste antwoord. Hierop was hij naar zijn laboratorium gegaan, had hij het zojuist beschreven experiment uitgevoerd en inderdaad nog voor de vergadering ten einde was zijn teruggekomen met de uitkomst!<sup>200</sup>

De elkaar aanvullende theorieën over de verdunde oplossingen en de elektrolytische dissociatie werden niet direct door iedereen geaccepteerd. Er bleven namelijk nog verschillende problemen bestaan. Ook Van 't Hoff zelf lijkt halverwege de jaren negentig nog niet geheel overtuigd te zijn geweest van de volledige ionensplitsing.<sup>201</sup> In de tweede helft van de jaren negentig werden de theorieën echter snel gemeengoed. Van 't Hoff en Arrhenius ontvingen in respectievelijk 1901 en 1903 de Nobelprijs voor scheikunde, voornamelijk vanwege hun vijftien jaar eerder opgestelde theorieën. Van 't Hoff liet zijn voormalige collega voor botanie (hij was in 1896 hoogleraar in Berlijn geworden) delen in de eer: in zijn voordracht bij de uitreiking van de prijs vertelde hij hoe het werk van De Vries had bijgedragen aan zijn ontdekkingen.<sup>202</sup>

Toen in 1910 door het Provinciaal Utrechts Genootschap van Kunsten en Wetenschappen de 25-ste verjaardag van het ontstaan van de theorie van de verdunde oplossingen werd herdacht, was De Vries present. Hij schetste in een lezing hoe 'de thans zoo bloeiende samenwerking tusschen physische chemie en physiologie' in de tweede helft van de negentiende eeuw was ontstaan, waarbij hij Van 't Hoff de eer gaf degene te zijn geweest die met 'zijn ruime blik' de levende en de levenloze natuur door zijn theorie met elkaar had verbonden. De door hem ontdekte osmotische wetten 'gaven een inzicht eensdeels in den bouw der materie in het algemeen, anderdeels in tal van verichtingen van het levend organisme. Overal speelt de semipermeabele wand een hoofdrol. Stofwisseling, groei en bewegingen staan steeds onder zijn invloed. Groote onderdelen van de anatomie en physiologie waren voor ons inzicht ontoegankelijk, zoolang dit licht niet ontstookten was'.<sup>203</sup>



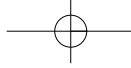


### De ontdekking van de turgormaker

De plasmolyseproeven die De Vries in 1888 en 1889 uitvoerde ondersteunden de theorieën van Van 't Hoff en Arrhenius, ondersteunden ook zijn eigen theorieën, en ze lieten zien dat de levende en de levenloze natuur nauw met elkaar samenhangen zoals De Vries in de voorgaande jaren al steeds had beweerd. Maar verder droegen de proeven niets bij aan hetgeen hij wilde weten. Na het onderzoek in de jaren 1881-1883 naar de aard van de wateraantrekkende stoffen in het celsap, zijn pogingen hun relatieve wateraantrekkend vermogen in cijfers te vangen en de experimenten om te bepalen wat hun aandeel in de totale turgorkracht van tal van soorten is, was De Vries namelijk op zoek gegaan naar de plaats waar in de plantencel wateraantrekkende stoffen worden gevormd. Na de natuurkundige fysiologie en de chemische fysiologie had hij daarmee opnieuw een ander vakgebied binnen de biologie betreden, namelijk de fysiologische anatomie.

Zoals eerder aangegeven had De Vries al in 1879 het vermoeden gehad dat groei in essentie berust op 'afzondering van osmotisch werkzame stoffen in het celvocht', zoals hij aan zijn vriend Moll had geschreven.<sup>204</sup> In zijn artikel over de analyse van de turgorkracht van vier jaar later, inmiddels wetend wat de aard van die stoffen is, had hij dit idee aldus verwoord: 'Während der raschen und bedeutenden Streckung in der zweiten Periode des Wachstums beruht die stetige absolute Zunahme der Zellsäfte an osmotisch wirksamen Stoffen theils auf eine fortwährende Produktion von organischen Säuren, theils auf eine anhaltende Accumulation von verschiedenen organischen und anorganischen Verbindungen'.<sup>205</sup> Waar die productie en ophoping plaatsvindt ontdekte hij in de zomer van 1884: de wand die de vacuole omsluit en het celsap gescheiden houdt van het protoplasma.

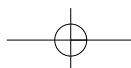
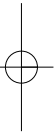
De afgesneden plantendelen en voor microscopisch onderzoek geprepareerde weefsels die De Vries voor zijn plasmolyseproeven in de jaren 1881-1883 benutte, waren maar korte tijd bruikbaar: na enkele uren stierven de cellen. Het protoplasma werd hard en doorlaatbaar en verloor daarbij zijn osmotisch vermogen. De Vries merkte echter dat het sterven van cellen een langzaam proces is. Bij geplasmolyseerde cellen die zich in een gekleurde oplossing bevonden zag hij dat na verloop van tijd de kleurstof wel door de buitenwand van het protoplasma drong maar niet de vacuole bereikte. Dat gebeurde pas veel later, wanneer de vacuole zijn ronde vorm en glanzende uiterlijk verloor, de wand verschrompelde en verhardde en men deze door een lichte druk op het dekglasje van het microscopische preparaat kon laten barsten. Soms gebeurde het dat de nog intacte vacuole zich losmaakte van het afgestorven pro-

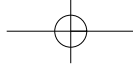


toplasma en als een bolletje los van de vroegere omhulling kwam te liggen. Soms splitste de vacuole zich vervolgens in twee of meer bolletjes. Vergelijkbare verschijnselen deden zich onder natuurlijke omstandigheden voor in de tentakels van de insectenetende plant *Drosera rotundifolia* (Zonnedauw) wanneer die zich buigen om hun prooi in te sluiten. Darwin had dit voor de eerste maal waargenomen en beschreven in zijn *Insectivorous plants* uit 1875. De vacuolen trekken zich samen en verliezen een deel van hun inhoud die zich tussen de vacuole en het protoplasma ophoopt. Wanneer de tentakels zich weer strekken vloeit het vocht weer terug en herenigen de verschillende vacuolen zich. De Vries constateerde dat de turgor in de cellen tijdens dit proces steeds gelijk blijft; het verschijnsel zou dan ook niet de oorzaak van de kromming zijn.<sup>206</sup> Voor hem waren dit allemaal aanwijzingen dat de vacuole door een membraan is omgeven. Deze gedachte was niet nieuw. Dat de vacuole zich van het protoplasma losmaakt en zo enige tijd blijft voortleven, was ook door anderen waargenomen; het bestaan van een vacuolewand was dan ook al eerder betoogd. Harde bewijzen waren er echter niet en de opvatting werd door anderen daarom bestreden. Zo meenden de autoriteiten Nägeli en Pfeffer dat de vacuole omsloten werd door een ‘neerslagmembraan’, een grotere concentratie van in het celsap aanwezige stoffen. Met zijn plasmolyseproeven meende De Vries het bewijs voor het bestaan van een vacuolewand echter afdoende geleverd te hebben, en daarin bleek hij later gelijk te hebben gehad.<sup>207</sup>

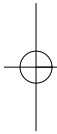
Met de vacuole had De Vries naar zijn idee de eigenlijke motor van de turgor te pakken. Binnen in de vacuole, in het celsap, bevinden zich stoffen die hij eerder als de wateraantrekkende stoffen had aangewezen. In de allerjongste cellen is nog geen vacuole te zien. Deze ontstaat geleidelijk als de cel gaat groeien: in het protoplasma verschijnen dan kleine holtes die steeds groter worden en zich uiteindelijk samenvoegen tot één grote holte. De Vries concludeerde hieruit dat in jonge cellen een groot aantal vacuolen aanwezig is, ‘dat door hen, en in hun binnenste de stoffen worden afgescheiden en opgehoopt, die door wateronttrekking aan de omgeving allengs in celvocht veranderen’. De vacuolewand had dus een duidelijke functie. Het was een zelfstandig orgaan binnen de cel, het was het ‘orgaan van den turgor’, en het verdiende daarom met een eigen woord aangeduid te worden. De Vries bedacht het woord ‘tonoplast’, ofwel ‘turgormaker’. Deze naam werd spoedig door de botanische wereld overgenomen en is nog steeds in gebruik.

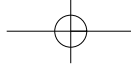
Met de identificatie van de tonoplast als een orgaan van de cel sloot De Vries zich aan bij de opvatting die Johannes von Hanstein, hoogleraar botanie uit Bonn, in 1880 had gepubliceerd. Von Hanstein had gesteld dat het protoplas-





ma van elke afzonderlijke cel beschouwd moet worden als een ‘morphologische und biologische Persönlichkeit’ vanwege zijn ‘scharf ausgeprägt selbständige Auftreten’ en daarom een eigen naam verdient. Hij had daarvoor het woord ‘protoplast’ gekozen. En zoals in een organisme afzonderlijke organen met specifieke functies zijn te onderscheiden, zo zou volgens hem ook de protoplast zijn organen hebben zoals de celkern (functie grotendeels onbekend), de bladgroenkorrels (producenten van zetmeel en bovendien van suikers, gevormd uit CO<sub>2</sub> en water), de protoplasmawand (waaruit de opbouw van de celwand plaatsvindt) en het protoplasma (dat met zijn bewegingen plastische stoffen door de protoplast transporteert).<sup>208</sup> Hiermee had Von Hanstein partij gekozen in een actuele celanatomische discussie: is het protoplasma een slijmerige massa met een uniforme chemische samenstelling, waarin door grotere concentraties van bepaalde stoffen gedurende de groei geleidelijk (en op willekeurige plaatsen) de verschillende structuren en objecten ontstaan, of zijn deze structuren en objecten zelfstandige eenheden die reeds vanaf het ontstaan van de cel in aanleg aanwezig zijn en die zich geleidelijk ontwikkelen? De eerste visie wortelde in de reductionistisch-mechanistische opvatting dat alle verschijnselen in de natuur terug te voeren zijn op chemische en fysische wetten; zij werd in de zestiger en zeventiger jaren algemeen aangehangen. De tweede visie was aan het einde van de jaren zeventig opgekomen onder invloed van de voortgang van het anatomisch en morfologisch onderzoek van de cel en van een nieuwe kijk op de natuur. Bij die nieuwe kijk vroeg men zich niet alleen af welke fysisch-chemische wetten in het spel zijn bij het ontstaan van organen en onderdelen van organen, maar ook welk oorzakelijk verband er is tussen hun bouw en vorm enerzijds en werking en functie anderzijds. Deze tweede vraag was lange tijd taboe geweest: zij leidde namelijk tot een ouderwetse teleologische verklaring waar de moderne, causaal denkende onderzoekers niets mee te maken wilden hebben. Immers, de functie werd oorzaak van het ontstaan, en de vorm oorzaak van de werking van een orgaan. De bedenkers van de nieuwe visie hadden zich laten inspireren door Darwins theorie van soortvorming door natuurlijke selectie, waarin de kloof tussen ‘causae efficientes’ (van nature, mechanisch werkende oorzaken) en ‘causae finales’ (doelgerichte oorzaken) op een verrassende manier overbrugd was. Gottlieb Haberlandt, hoogleraar botanie aan de universiteit van Graz en een van de grondleggers van de nieuwe benaderingswijze, verwoordde het in 1884 aldus: ‘Es bleiben diejenigen Combinationen von chemischen und physikalischen Kräften durch Vererbung erhalten, welche bei jedem einzelnen Individuum der betreffenden Species die vortheilhaften morphologischen Ei-



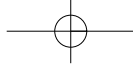


genschaften causalmechanisch hervorrufen. So werden die wirkenden Ursachen mit den Endursachen verknüpft: die einen bewirken das Zustandekommen der morphologischen Thatsache in der Entwicklung des einzelnen Individuums, die anderen bewirken das Gleiche in der historischen Entwicklung der ganzen Species, Gattung oder Familie'. Binnen deze opvatting paste de zelfstandigheid van de cel met zijn afzonderlijke organen, zoals door Von Hanstein verdedigd: de cel was 'nicht blos in morphologischer Hinsicht eine Einheit, sondern auch in physiologischer', aldus Haberlandt. Ze was 'das Elementarorgan der Pflanze. ... Jede Zelle leistet entweder zeitlebens oder doch in gewissen Alterstadien eine bestimmte physiologische Arbeit, einen bestimmten Dienst, und die Summe dieser physiologischen Functionen aller Zellen repräsentirt und erhält das Gesamtleben der Pflanzen'. Hiermee nam deze visie een middenpositie in tussen de opvatting van onder andere Matthias Schleiden (een van de vaders van de moderne celtheorie) dat groei en ontwikkeling van een plant terug te voeren is op de groei en ontwikkeling van elke individuele cel, en de opvatting van onder andere Julius Sachs die stelde dat een cel niet meer was dan een onbetekenend deel van het geheel.<sup>209</sup>

Haberlandt bedacht ook de naam voor de wetenschap die de levensverschijnselen op de nieuwe, duale manier bestudeerde: fysiologische anatomie. Deze onderzocht enerzijds (trouw aan de reductionistisch-mechanistische visie) de fysiologische werking van organen, en anderzijds (uitgaande van Darwins theorie) de wisselwerking tussen bouw en functie van organen. In de fysiologische anatomie werd het darwinisme als het ware overgebracht van organismen naar organen: bouw en vorm werden gezien als de resultaten van een lange reeks aanpassingen waarbij 'das allgemeine Princip des grössten Nutzeffectes' als basis fungeerde. Het onderzoek naar de levende natuur werd met deze visie nadrukkelijk onderscheiden van het onderzoek naar de levenloze natuur. In de levende natuur was een mechanisme werkzaam dat in de levenloze natuur niet bestond: de wisselwerking tussen organisme en omgeving, de aanpassing van de een aan de ander door variatie en selectie. De nieuwe visie werd aanvankelijk aangeduid als 'Biologie', later als 'Ökologie'.<sup>210</sup>

#### **Levend en levenloos**

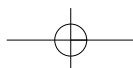
Al kort na het ontstaan van de biologische visie was De Vries van haar bestaan op de hoogte en maakte hij haar tot de zijne. In een artikel dat hij in mei 1880 schreef stelde hij dat naast 'de studie van de physische en chemische wetten, die de reeds bekende verschijnselen beheerschen' er binnen de plantenfysiologie sinds enige tijd een nieuwe stroming was ontstaan 'die men met den



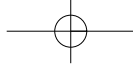
naam van de biologische richting pleegt te bestempelen'. In tegenstelling tot de oude richting vraagt die 'naar het nut dat de verschillende organen voor het leven der planten hebben, en vindt dit in de verrichtingen die zij uitoefenen. Daarbij gaat zij uit van de theoretische beschouwing dat de ontwikkeling van bepaalde eigenschappen in de reeks der geslachten beheerscht wordt door de voordeelen die het bezit dezer eigenschappen aan de planten in den strijd voor het bestaan verzekert'.<sup>211</sup>

Rauwenhoff, hoogleraar botanie in Utrecht, reageerde meteen afwijzend op De Vries' artikel, en wel op dezelfde manier als andere aanhangers van de reductionistisch-mechanistische benaderingswijze op de nieuwe visie reageerden: De Vries blies de teleologie nieuw leven in.<sup>212</sup> In zijn weerwoord stelde De Vries dat er naar zijn mening niets mis is met het zoeken naar de functie van een orgaan. 'Het schadelijke der teleologie was dat zij het doel hield voor de oorzaak en daardoor van de studie der ware oorzaken terughield. Dat zij hierin dwaalde wordt thans algemeen erkend, en dr. Rauwenhoff vergist zich zoo hij gelooft dat ik in dit opzicht de leer der causae finales zoude huldigen'.<sup>213</sup>

In De Vries' wetenschappelijke werk valt er van de biologische visie na deze eerste kleurbekening echter voorlopig nog niets te bespeuren. Zijn onderzoek naar de aard van de wateraantrekkende stoffen in het celsap en hun onderlinge wateraantrekkend vermogen in de jaren 1881-1883 is zuiver fysisch-chemisch van aard. Dat verandert wanneer hij vervolgens op zoek gaat naar de plaats waar de wateraantrekkende stoffen worden gevormd: hij betreedt dan Haberlandts fysiologische anatomie. Zijn artikelen over de tonoplast en de weergave daarin van Von Hansteins opvatting over de zelfstandigheid en bouw van het protoplasma maken duidelijk dat hij het onderscheid dat de biologische visie had aangebracht tussen de levende en de levenloze natuur toen inmiddels geheel onderschreef. Net als Von Hanstein meende hij dat het protoplasma niet slechts 'een dikke vloeistof' is en de structuren en objecten daarin 'dichtere delen'. Het protoplasma is 'de levende stof, de stof waaraan het leven gebonden is', elke protoplast 'een klein organisme'. De door hem ontdekte vacuolewand moest men volgens De Vries aan het rijtje van reeds bekende celorganen van dat organisme toevoegen: de wand is 'het orgaan van den turgor. Het is een levend deel van den protoplast, even als deze uit protoplasma opgebouwd, en geenszins een levenloos vlies, een neerslag-membraan'.<sup>214</sup> De Vries twijfelde er niet aan dat uit verder onderzoek zou blijken dat de osmotische eigenschappen van de protoplast, net als met zoveel andere eigenschappen in de voorgaande jaren was gebeurd, niet 'auf rein physikali-



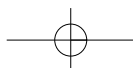
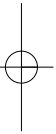


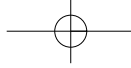


schen Wege' verklaard kunnen worden maar 'nur unter der directen Mitwirkung des Lebens' tot stand komen.<sup>215</sup>

Meer details over De Vries' ideeën over het protoplasma als 'de levende stof en zijn ideeën over enerzijds de overeenkomsten en anderzijds de verschillen tussen de levende en de levenloze natuur blijken uit twee artikelen die hij in augustus 1885 en mei 1886 publiceerde.<sup>216</sup> De artikelen zijn doortrokken van de dualistische, biologische visie: zowel in de levende als in de levenloze natuur zijn dezelfde chemische en natuurkundige wetten van kracht, maar in de levende en de levenloze natuur kunnen de wetten tot verschillende resultaten leiden. Levende wezens zijn uit dezelfde chemische stoffen opgebouwd als levenloze voorwerpen, zo stelt De Vries als basisprincipe. Er zijn op dat moment ongeveer zeventig elementen bekend; in planten en dieren treft men er daarvan ongeveer tien aan. 'De gevolgtrekking is dus gewettigd dat de merkwaardige eigenschappen van het leven niet een gevolg zijn van eene bijzondere stof, maar slechts van de eigenaardige wijze waarop de stoffen der levenloze natuur hier met elkaar vereenigd zijn'. In tegenstelling tot levenloze voorwerpen bestaat 'de levende stof' uit 'betrekkelijk zeer groote moleculen van uiterst ingewikkelden bouw' met minstens 'vijf, en in den regel wellicht nog meer elementen in honderden atomen in elk molecule'. 'Doch hoe groot deze verschillen ook mogen zijn, algemeen wordt thans erkend dat de verbindingen die het levend lichaam samenstellen volgens dezelfde wetten zijn opgebouwd als die, welke ook in de levenloze natuur de scheikundige werkingen beheerschen. Wel is waar nam men vroeger voor de verklaring der levensverschijnselen nog andere krachten, zoogenoemde levenskrachten aan, doch deze voorstelling is geheel verlaten sinds de scheikunde heeft aangetoond dat een uiterst groot aantal van die stoffen die men vroeger alleen als producten van het leven kende ook buiten het leven om, langs zuiver scheikundigen weg, kunnen worden verkregen'. Kortom: 'De levende stof onderscheidt zich dus van de levenloze hoofdzakelijk door hare onbegrijpelijk veel ingewikkeldere samenstelling'.

*Trekken wij thans uit al de aangevoerde beschouwingen een gezamenlijke conclusie, dan is het deze, dat wij de algemeene wetten welke de samenstelling en de veranderingen der stof in de levenloze natuur beheerschen, ook op de levende stof mogen toepassen, en dat in de zuivere scheikunde reeds tal van stoffen en tal van verschijnselen bekend zijn die een zeer nauwe verwantschap met de levende stof en het leven zelf verraden. Passen wij deze gevolgtrekkingen op het levend protoplasma toe, zoo komen wij tot de slotsom dat ook dit uit onzichtbaar kleine moleculen is opgebouwd, wier eigenschappen bepaald worden*



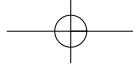


door den aard en het aantal, alsmede de wijze van vereeniging der samenstellende elementen. De scheikundige veranderingen van deze moleculen zijn dus het uitgangspunt voor de uitwendige zichtbare verschijnselen des levens, zoowel voor de scheikundige stoffen die het voortbrengt, als voor de mechanische werkingen die het uitoefent, en de vormen die het ontplooit.

Van alle chemische verschijnselen die er aan het protoplasma zijn te ontdekken, zouden er volgens De Vries overeenkomstige gevallen in de levenloze natuur bestaan. Maar 'het vermogen vreemde stoffen te assimileeren, en daarmee de eigen stof in het onbegrensde te vermeerderen en te reproduceeren, is uitsluitend aan de levende wezens eigen'. Het protoplasma neemt steeds 'krachten van buiten' op, waardoor het 'steeds in zichzelf de krachten ontwikkelt die deze verschijnselen in het spel roepen'. De moleculen van het protoplasma moest men zich volgens hem voorstellen 'als begaafd met eene groote mate van veranderlijkheid, waarbij zij telkens zekere ontledingen ondergaan, zekere producten afgeven, maar daarbij in staat zijn zich zelve weer te herstellen. Daartoe moeten zij natuurlijk stoffen opnemen, en deze zijn geen andere dan die welke het voedsel der cellen uitmaken, met de zuurstof die door de ademhaling wordt verkregen. Misschien ligt een van de meest eigenaardige trekken van het leven juist in dit vermogen van splitsing en herstel, dat als het eenmaal begonnen is, en als slechts aan voedsel en zuurstof geen gebrek is, zich uit zich zelve oneindig lang zou kunnen herhalen'. Deze 'zelfvermeerdering der levende stof' is in de ogen van De Vries 'een der grootste raadselen die de studie van het leven ons aanwijst'.

Sommige producten die de protoplasmamoleculen produceren blijven onveranderd en maken een belangrijk deel uit van het celsap, andere geven de aanstoot tot verdere chemische omzettingen. 'Zoo worden wij er toe geleid tweeërlei soort van stofwisselings-processen te onderscheiden', concludeert De Vries: 'vitale' of 'aplasmatische' processen (die in de protoplasmamoleculen plaatsvinden) en 'chemische' of 'plasmatische' processen (die ook los van de protoplasmamoleculen plaats kunnen vinden, dus in de levenloze natuur). De door hemzelf onderzochte groei- en bewegingsverschijnselen zouden volgens De Vries mooi laten zien hoe chemische processen tot krachten kunnen leiden die mechanische processen opwekken. Door de wortels worden stoffen opgenomen die door het protoplasma hetzij onveranderd, hetzij na omzetting in het celsap worden gebracht. Deze trekken water uit de omgeving aan waardoor de cel opzwellt.<sup>217</sup>

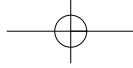
Wanneer we ten slotte nog even kijken naar De Vries' populaire werk uit de



jaren tachtig, dan zien we ook daarin de biologische visie opduiken. Verschillende keren brengt hij vorm, bouw of chemische samenstelling van plantenorganen in verband met hun functie. Zo laat hij in een artikel over de sapsroom zien 'hoe tal van eigenschappen in het lichaam der planten samenwerken om de waterbeweging zowel onder gunstige als onder ongunstige omstandigheden zoo regelmatig mogelijk te doen plaats vinden, en hoe bijzondere inrichtingen aanwezig zijn om de schadelijke gevolgen te voorkomen die uit de onderlinge onafhankelijkheid dier verschillende werkingen zouden kunnen voortvloeien'. Een artikel over wortelharen besluit hij met de opmerking dat 'de onderaardschen deelen der planten ... niet minder dan de overige organen, een rijke verscheidenheid bezitten, zoo niet van vormen, dan toch van inrichtingen en vermogens om hun eigenaardige doeleinden te bereiken'. In een artikeltje over vedergras (*Stipa pennata*) beschrijft hij hoe de vruchten ervan, door hun eigenschap zich bij afwisselende droogte en vochtigheid op en af te rollen, zich steeds dichter naar de grond toe werken en uiteindelijk in de aarde boren. En, ten slotte, het duidelijkst in een samenvatting voor het *Album der Natuur* van een publicatie van Ernst Stahl, hoogleraar uit Jena, over de relatie tussen planten en slakken: hoe de eerste zich tegen de laatste wapenen door een vieze smaak, door naalden, door een dikke en harde oppervlakte of juist een glibberig oppervlak. 'In den strijd voor het leven zijn deze middelen van bescherming van het uiterste gewicht'.<sup>218</sup>

#### **De theorie van de panmeristische celdeling**

In zijn artikelen over de tonoplast had De Vries niet alleen Von Hansteins visie op de cel ondersteund met een nieuw celorgaan, maar ook een hypothese uitgesproken die logisch uit diens visie volgde: als celorganen geen 'verdichtingen' zijn van het protoplasma maar zelfstandige eenheden, dan moeten de tonoplasten reeds vanaf de geboorte van de cel aanwezig zijn. Hij gaf zijn leerling Went de taak die hypothese te onderzoeken. Went stelde de aanwezigheid van vacuolen (en meestal ook van een vacuolewand) vast in de allerjongste meristeemcellen van wortels en stengels van zaadplanten, in topcellen van sporenplanten en in eicellen, sporen en pollenkorrels van allerlei hogere en lagere planten. De Vries' hypothese was hiermee volgens hem bevestigd, en het idee van enkele gezaghebbende fysiologen (waaronder Sachs) dat vacuolen als 'druppels' celsap op willekeurige plaatsen in het uniforme protoplasma kunnen ontstaan, weerlegd. Op 2 oktober 1886 promoveerde Went bij De Vries op zijn studie die de titel droeg *De jongste toestand der vacuolen*. De biologische stem van de meester klinkt duidelijk wanneer Went zijn onderzoek inleidt en wijst

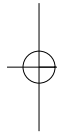


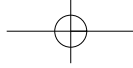
op de opvatting van Von Hanstein en de daarmee in overeenstemming zijnde ontdekking van de tonoplast door De Vries: 'Toen in het midden van deze eeuw de levenskracht uit de wetenschap verbannen was, meende men dat nu ook alle verschijnselen die men in plant of dier waarnam te verklaren waren door middel van bekende fysische en chemische wetten. Zoo werd ook het protoplasma dikwijls geheel als een gewone vloeistof beschouwd waarop men slechts de fysische wetten, die op vloeistoffen betrekking hebben, had toe te passen'.<sup>219</sup>

Uit de gedachte dat celorganen geen 'verdichtingen' maar zelfstandige eenheden zijn die in aanleg in elke nieuwe cel al aanwezig zijn, had De Vries nog een tweede hypothese afgeleid: celorganen kunnen zich alleen vermeerderen door deling. En als er dus nooit sprake is van nieuwvorming, moet elk orgaan wel zijn oorsprong hebben in het overeenkomstig orgaan van de eicel van de moederplant (bekend was inmiddels dat van de pollencel alleen de kern versmelt met die van de eicel). In de voorgaande jaren was vast komen te staan dat de celkern en de bladgroenkorrels zich alleen door deling vermenigvuldigen. De Vries veralgemeniseerde die ontdekking: wat voor deze organen geldt, moet voor alle organen gelden. Met deze hypothese zette hij zich af tegen zelfs maar de meest terughoudende versie van de theorie van de 'neogenetische celdeling', volgens welke onderdelen van de cel na deling nieuw worden gevormd uit de aanwezige stoffen in het protoplasma. Hij noemde zijn opvatting 'panmeristische celdeling'.<sup>220</sup> Went meende met zijn constatering dat vacuolen alleen door deling ontstaan ook deze hypothese van zijn leermeester afdoende bewezen te hebben.

Het onderzoek naar ontstaan, bouw en functie van de celorganen, met de theorie van de panmeristische celdeling als uitgangspunt, vormde in het midden van de jaren tachtig het arbeidsterrein van De Vries en zijn studenten gezamenlijk. Al was het zeer bescheiden en niet te vergelijken met wat men in Duitsland kon aantreffen, de Universiteit van Amsterdam kon zich nu beroepen op een echt Plantenfysiologisch Laboratorium dat zich toelegde op een specifiek onderdeel van het vakgebied, waar een hoogleraar aan het hoofd stond en waar onder diens leiding beginnende en gevorderde botanici hun weg in de wetenschap zochten.

Went zette na zijn promotie zijn onderzoek naar het ontstaan van vacuolen voort. Zijn proefschrift (in het buitenland verspreid door een Duitse samenvatting van De Vries en een Franse van Went zelf) had tot verschillende reacties pro en contra geleid en de stelling dat vacuolen altijd door deling van bestaande vacuolen ontstaan diende verder onderbouwd te worden. Tijdens een ver-

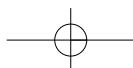
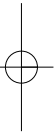


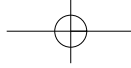


blijft in het zoölogisch station in Napels in 1888 onderzocht Went het ontstaan van vacuolen (en zijdelings ook andere celorganen) bij algen. Enkele critici hadden namelijk gesteld dat bij deze groep Wents waarnemingen (en dus conclusie) in het geheel niet opgingen. Zijn onderzoek bracht hem echter ‘noch zwingender zu der Überzeugung’ dat vacuolen ‘ganz selbständige Organe des Protoplasma sind, welche sich nur durch Theilung vermehren’.<sup>221</sup>

De Vries' andere leerling Wakker (eerder genoemd vanwege zijn onderzoek naar bloembollenziekten) werkte na zijn promotie eveneens aan onderzoek naar celorganen, en net als Went bracht hij enige tijd (najaar 1885) door in het zoölogisch station in Napels. Hij koos een chemische benadering: hij onderzocht waar in de cel calciumoxalaat, eiwit en olie ontstaan. De als eerste genoemde stof bleek uitsluitend in vacuolen (dus in het celsap) gevormd te worden en niet in het protoplasma. Er was derhalve geen ‘directen invloed van het leven’ op de vorming van deze stof; zij was ‘geheel onafhankelijk van het leven en wordt alleen beheerscht door de chemische en fysieke eigenschappen van het celvocht’ (hier maakte hij dus, net als De Vries, een scheiding tussen leven en levenloos). De sterk eiwitrijke korrels in het protoplasma (de zogenoemde aleuronkorrels) van zaden waren volgens Wakker geen stukken ingedroogd protoplasma, zoals eerdere onderzoekers hadden gemeend, maar vacuolen die hun water verloren hadden en zich, onder afscheiding van vaste stoffen, in enkele kleinere exemplaren hadden gesplitst. Bij de kieming (en opname van vocht) losten de stoffen namelijk weer op en smolten de korrels weer samen tot één vacuole. Deze constatering was een belangrijke steun voor Wents conclusie dat vacuolen zelfstandige organen zijn. Olie ten slotte bleek te ontstaan in een specifiek, nog niet eerder geïdentificeerd orgaan dat Wakker ‘elaioplast’ noemde, geheel in navolging van het door De Vries bedachte woord ‘tonoplast’, ‘omdat het lichaam een deel van het protoplasma is, waaraan de bijzondere functie van olie te vormen is opgedragen’.<sup>222</sup>

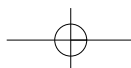
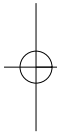
Zelf richtte De Vries in de jaren 1884-1886 zijn aandacht op de circulerende en roterende bewegingen van het protoplasma, in navolging van Von Hanstein door hem eerder getypeerd als ‘het orgaan voor het vervoer der plastische stoffen door de verschillende delen van den protoplast’.<sup>223</sup> Verdere onderbouwing van de theorie van de panmeristische celdeling lijkt niet de achterliggende gedachte van dit onderzoek te zijn geweest. Eerder lijkt het erop dat hij, net als bij het onderzoek naar de tonoplast, het aloude groei-onderzoek voortzette op een fysiologisch-anatomische wijze. De Vries redeneerde dat wanneer de beweging van het protoplasma de functie heeft organische voedingsstoffen door de plant te vervoeren, men overal ‘waar cellen groeien, hare wanden ver-

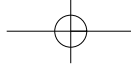




dikken, bepaalde stoffen afzonderen of wel voedsel in zich ophoopen ... mijns inziens bewegingen van het protoplasma (mag) verwachten'. Onderzoek van de literatuur en van allerlei plantensoorten bracht hem tot de conclusie 'dat werkelijk overal waar plastische stoffen vervoerd worden, zichtbare bewegingen van het protoplasma kunnen worden aangetroffen'. Het betekende eenvoudig dat in alle levende cellen van alle organen beweging plaats moest vinden. Daarmee week hij, opnieuw, af van de visie van Sachs die meende dat het transport door de plant geschiedt door diffusie van cel naar cel. Met allerlei proeven wist De Vries aan te tonen dat diffusie honderden malen trager verloopt dan het transport dat in planten kan worden waargenomen. 'Ohne die Mitwirkung activer Protoplasma-Bewegungen kann in weitaus den meisten Fällen der Transport der organischen Nährstoffen nicht befriedigend erklärt werden', was zijn conclusie.<sup>224</sup>

Vervolgens vroeg De Vries zich af of ook het transport van water door de plant plaatsvindt door de bewegingen van het protoplasma, en niet door diffusie of osmotische verschillen. In de cellen van wortelharen van allerlei soorten had hij al bewegingen vastgesteld, en nader onderzoek toonde hem dat ook het protoplasma van cellen van worteltoppen bewegingen maakt. De richting van deze bewegingen was zodanig dat het hem zeer waarschijnlijk leek dat water op die manier van de wortelharen tot het binnenste van de vaatbundel wordt getransporteerd.<sup>225</sup> De Vries' leerling Janse bestudeerde tegelijkertijd het watertransport door de gehele plant, van de wortel tot het blad, en probeerde daarbij te bepalen welke van de op dat moment heersende contrasterende theorieën over het watertransport als meest waarschijnlijke moest worden beschouwd. Zijn conclusie was dat de theorie (opgesteld door Emil Godlewski, hoogleraar plantenfysiologie in Krakau), volgens welke de bewegingen van het protoplasma meewerken aan het watertransport, naast worteldruk en zuigende werking door verdamping door de bladen, de voorkeur genoot. Daarmee verwierp hij theorieën die veronderstelden dat drukverschillen in de plant vloeibaar water omhoogstuwden, en de door Sachs opgestelde theorie die veronderstelde dat het imbibitiewater in de celwanden door verdamping van de bladen omhoog wordt getrokken (Sachs meende dat vloeibaar water niet in planten voorkwam). Dat Sachs voor zijn theorie aan bepaalde celmembranen onwaarschijnlijke eigenschappen toekende kwam volgens Janse doordat hij 'als vurig tegenstander der vroeger in de wetenschap heersende teleologische richting, geneigd was om alle verschijnselen uitsluitend uit fysische en chemische oorzaken te verklaren. Daardoor liet hij zich soms tot hypothesen

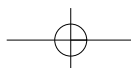
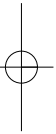


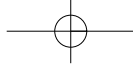


verleiden, waaraan hij dan meer gewicht toekende dan geoorloofd was'. Net als bij Went weerspiegelt deze opmerking duidelijk de biologische visie van De Vries. Janse promoveerde bij De Vries op zijn onderzoek in december 1885.<sup>226</sup> Eerder in 1885 was Janse benoemd tot assistent van Suringar in Leiden. Tijdens zijn dienstverband (dat tot eind 1889 liep) verbleef hij twee keer gedurende enkele maanden aan het Zoölogisch Station in Napels, net als zijn studiegenoten Went en Wakker, en net als zij deed hij er onderzoek dat nauw verband hield met wat er in het Amsterdamse laboratorium gebeurde, onder andere naar de permeabiliteit en de beweging van het protoplasma.<sup>227</sup>

#### **Van fysiologie naar erfelijkheid**

Met zijn onderzoek naar het transport van plastische stoffen en water door de plant was Hugo de Vries na een lange omweg in zekere zin terug waar hij bijna twintig jaar eerder was begonnen. Tijdens zijn studie aan het einde van de jaren zestig had hij kennisgemaakt met de contrasterende theorieën van Hofmeister en Sachs over de lengtestrekking van weefsels: volgens de één zouden verschillen in rekbaarheid ontstaan door de opname van water en bouwstoffen in de celwanden, volgens de ander zou de druk binnen de cel de wanden uitrekken en daardoor water en bouwstoffen de mogelijkheid geven in de celwanden te dringen. Tijdens zijn verblijf in het laboratorium van Sachs in Würzburg in de jaren 1871-1876 had hij verschillende aspecten van plantengroei onderzocht, dit in het kader van Sachs' programma zijn mechanische groeitheorie verder te onderbouwen en uit te werken. De Vries had zich beziggehouden met de krommingen van bladstelen en bladnerven (in 1871), de krommingen van ranken en stengels van slingerplanten (1872), de vorming van jaarringen (1872-1874) en de lengtegroei (1873-1876). Steeds had Sachs' theorie de verklaring voor de onderzochte verschijnselen gegeven, waardoor de theorie aan geldigheid had gewonnen. Na zijn intermezzo in Halle (1877) had De Vries het onderzoek in zijn eigen laboratorium in Amsterdam voortgezet. Daarbij was hij spoedig een eigen, niet door Sachs bepaalde koers gaan volgen. Verder onderzoek naar ranken (1879), waarbij Darwin de grote inspirator was, hadden hem geleid tot een conclusie waarmee hij verder ging dan Sachs, namelijk dat zonder toename van de turgor er geen groei mogelijk is. De volgende stap in het onderzoek had hem van de mechanische fysiologie op de chemische fysiologie gebracht. In de jaren 1881-1883 had hij vastgesteld wat de stoffen in het celsap zijn die water aantrekken en zo de turgor veroorzaken, namelijk organische zuren, zure zouten en suikers. Tevens had hij vast-





gesteld wat hun relatieve wateraantrekkende vermogen is en dit in getallen (de isotonische coëfficiënten) weten uit te drukken. In 1884 had hij aangetoond door welk celorgaan deze stoffen worden gevormd en aan de vacuole worden afgestaan, en wat dus de eigenlijke ‘turgormaker’ is: de vacuolewand, oftewel de tonoplast. Daarmee was hij van de chemische fysiologie terechtgekomen bij de fysiologische anatomie. Tenslotte had hij vastgesteld dat de tonoplast voor zijn functioneren afhankelijk is van de beweging van het protoplasma (in 1885). Met dit alles had De Vries in de loop van vijftien jaar een ‘causale keten’ gesmeed, geheel in overeenstemming met de mechanistische visie op het leven:

groei (niet ongedaan te maken vormverandering) wordt veroorzaakt door  
 intussusceptie, die wordt veroorzaakt door  
 turgor, die wordt veroorzaakt door  
 endosmose door wateraantrekkende stoffen, geproduceerd door  
 de tonoplast, die de bouwstoffen hiervoor ontvangt door  
 de bewegingen van het protoplasma

Bij dit zoeken naar ‘de oorzaak van de oorzaak’ was De Vries steeds dieper gegaan, ten koste van de breedte. Er was dan ook nog een menigte aan vragen die beantwoord moest worden eer men een goed begrip zou hebben van ‘die Gesetze, welche die Turgorkraft beherrschen’, zo schreef hij in zijn artikel over de analyse van de turgorkracht uit 1884. Volgens hem werd de turgorkracht door het protoplasma gevormd ‘aus anderen, den Zellen zugeführten Kraftformen’. Hoe dit in zijn werk ging was nog onduidelijk. Werden er door de cel stoffen opgenomen of aangemaakt die speciaal dienen voor de turgor? Hoe verandert de turgor door chemische omzettingen, door afgifte of opname van verschillende stoffen? En hoe wordt de toename van de turgor bij groei, krommingen en bewegingen bewerkstelligd? Ook de nauwkeurige bepaling van de turgorkracht zelf, uitgedrukt in atmosferen, moest nog plaatsvinden.<sup>228</sup>

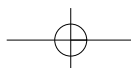
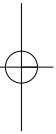
Geen van deze vragen zou De Vries echter nog beantwoorden: na het onderzoek naar de bewegingen van het protoplasma stopte hij met zijn onderzoek naar plantengroei. Hij richtte zijn aandacht op erfelijkheid, een onderwerp waarmee hij zich al een tijd op bescheiden schaal bezig had gehouden. Sinds een paar jaar verzamelde hij planten met morfologische afwijkingen en in zijn proeftuin probeerde hij met behulp van selectie de frequentie waarin die eigenschappen optreden en hun verschijningsvorm te beïnvloeden. In





1886 publiceerde hij daarover voor de eerste keer.<sup>229</sup> Met zijn theorie van de panmeristische celdeling als verklaring voor het ontstaan van de celorganen had hij in 1885 de erfelijkheid in zijn groeionderzoek geïntroduceerd. Uit de combinatie van de praktijk van de cultuurproeven en de theorie van de overerving groeide binnen enkele jaren een nieuw onderzoeksprogramma waarin de mechanische groeitheorie geen enkele rol meer speelde. De Vries bleef naar zijn overtuiging de fysiologie echter trouw: hij noemde zijn nieuwe onderzoeksterrein ‘de fysiologie van de erfelijkheid’.<sup>230</sup>

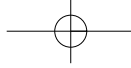
Er is wel gesteld dat De Vries zijn toevlucht tot de erfelijkheid nam omdat het onderzoek naar plantengroei hem niet bracht waarop hij hoopte. Ten eerste zou hij de concurrentie gevoeld hebben van Van 't Hoff die met zijn theorie van de verdunde oplossingen een groot succes behaalde. Van 't Hoff zag in het osmose-onderzoek theoretische implicaties die bij De Vries niet waren opgekomen, waarop De Vries zich teleurgesteld afwendde van zijn zo sterk fysisch-chemisch getinte onderzoek en zich terugtrok op biologisch terrein. Het onderzoek naar erfelijkheid en, later, soortvorming bood hem een uitstekende mogelijkheid zich te profileren als bioloog, wat hij eigenlijk steeds geweest was. Zeker op chemisch gebied was hij in feite maar een amateur. Bovendien zou hij in erfelijkheidsonderzoek veel meer mogelijkheden gezien hebben voor de verwezenlijking van zijn ideaal om met behulp van wetenschappelijke kennis de mensheid in geestelijk en materieel opzicht vooruit te helpen. Door kennis van de erfelijkheid zou men namelijk in staat zijn planten nieuwe, nuttige eigenschappen te geven.<sup>231</sup> Uit het voorgaande valt voor deze opvatting maar weinig steun te halen. Van 't Hoff benaderde de osmose op een geheel andere wijze dan De Vries. Hij gebruikte het verschijnsel om inzicht te krijgen in de affiniteit van atomen en moleculen, terwijl De Vries de osmose zag als een fysisch-chemisch mechanisme dat een rol speelt in het functioneren van een cel. De inzichten van Van 't Hoff waren voor De Vries niet van belang. Wat voor hem telde was slechts dat Van 't Hoff's werk de doelmatigheid van zijn eigen methoden en de juistheid van zijn eigen resultaten bevestigde. Bovendien toonde het eens te meer aan hoezeer de levende en de levenloze natuur met elkaar samenhangen en dat de natuur een eenheid is.<sup>232</sup> Van concurrentie was dus geen sprake, eerder van een elkaar aanvullen. Overigens was op het moment dat Van 't Hoff zijn resultaten verkreeg het onderzoek naar osmose voor De Vries een gepasseerd station. Hij had zijn aandacht inmiddels gericht op de celorganen. Wat het tweede punt betreft: inderdaad verkondigde De Vries reeds in het midden van de jaren tachtig dat kennis over de variabiliteit van planten zijn nut heeft bij het veredelen van gewassen en



het verhogen van de opbrengsten. Maar kennis over de fysiologie was voor de landbouw niet minder belangrijk, zoals hij aangaf in zijn beschrijvingen van landbouwgewassen voor het Pruisische ministerie van Landbouw en in zijn populair-wetenschappelijke artikelen. Of De Vries werkelijk dacht dat het ene vakgebied een groter nuttig rendement zou opleveren dan het andere, valt uit zijn publicaties niet op te maken. Overigens kon hij in het midden van de jaren tachtig natuurlijk nog helemaal niet overzien wat de resultaten van zijn erfelijkheidsonderzoek zouden zijn.

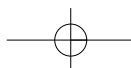
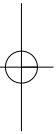
Toen Vladimir Úlehla, hoogleraar plantenfysiologie aan de universiteit in Brünn, De Vries tijdens een bezoek in 1930 vroeg waarom hij met het plantenfysiologische onderzoek was gestopt, vertelde die dat dit was gekomen doordat hem na 1885 de tijd was gaan ontbreken. Voor experimenten had hij, vanwege zijn steeds drukker wordende onderwijs, alleen maar gelegenheid in de zomervakanties. 'Frau De Vries hatte aber drei kleine Kinder und wollte den Sommer draussen verbringen. So habe ich die Osmotik verlasen'.<sup>233</sup> Het antwoord lijkt een grapje geweest te zijn, maar een brief die De Vries in januari 1888 schreef aan zijn oude studiegenoot Jan de Man uit Yerseke (met wie hij getuige het schrijven al zeker tien jaar geen contact meer had gehad) bevestigt het verhaal: 'De beide vorige zomers ben ik met mijne familie te Hilversum buiten geweest, en ik hoop dit ook in dit jaar te kunnen doen. Dientengevolg heb ik mij in den laatsten tijd minder met mechanisch-physiologische onderzoekingen beziggehouden, maar meer met erfelijkheid en variabiliteit'.<sup>234</sup>

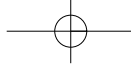
De Vries gaf Úlehla nog een tweede reden voor het einde van zijn fysiologisch onderzoek. Door de colleges erfelijkheidsleer die hij sinds zijn aanstelling in Amsterdam was gaan geven, was hij opnieuw in contact gekomen met zijn 'ersten Liebe von Kindheit her, die Evolutionstheorie'. Inderdaad gaf De Vries in het begin van de jaren tachtig college over Darwins theorie over het ontstaan van soorten. De almanak van het Amsterdamse studentencorps meldde in zijn verslag over de cursus 1881-1882 dat hij op een nieuw college 'de physiologie der vormen' besprak, 'een collectiefnaam waaronder achtereenvolgens de hoofdfactoren van het darwinisme, erfelijkheid en variabiliteit, verder zaken welke met de evolutieleer in betrekking staan, plantengeographie, -geschiedenis en -palaeontologie uit dit oogpunt beschouwd, vereenigd werden'. Ook in de jaren erna gaf De Vries college over erfelijkheid en evolutie.<sup>235</sup> Of de volgorde van oorzaak en gevolg inderdaad zo is geweest als De Vries aangaf kan echter worden betwijfeld: de colleges kunnen net zo goed



een gevolg zijn geweest van zijn groeiende belangstelling voor Darwins evolutietheorie. Sinds zijn studietijd was Darwin overigens steeds in De Vries' gedachten geweest. Zijn onderzoek naar groei en krommingen van ranken en slingerplanten uit de tweede helft van de jaren zeventig was nadrukkelijk door het werk van Darwin geïnspireerd. De nieuwe biologische visie op de levende natuur waar De Vries zich al in 1880 voor had uitgesproken leunde bovendien sterk op Darwins theorie van soortvorming door natuurlijke selectie.

Zeker lijkt wel dat het niet Darwins evolutietheorie is geweest die De Vries van het groeionderzoek afbracht, maar diens ideeën over erfelijkheid. Na met zijn theorie van de panmeristische celdeling een verklaring geformuleerd te hebben voor de overerving van celorganen in morfologische zin, van moedercel op dochtercel, had De Vries zich afgevraagd hoe de overerving verloopt van hun functioneren, van moederorganisme op dochterorganisme. Al vaststaand gold dat bij de bevruchting alleen de kern van de spermatozoïde en van de stuifmeelkorrel versmelt met de kern van de eicel. Hybriden vertonen echter zowel eigenschappen van de moeder als van de vader. Er moet dus een mechanisme bestaan waardoor de erfelijke eigenschappen van zowel de moeder als de vader vanuit de kern op de overige celorganen worden overgebracht. In een lezing voor het Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen op 26 juni 1888 gaf De Vries zijn oplossing voor dit vraagstuk. 'De spreker meent', aldus het verslag ervan, 'dat men zich dat transport moet voorstellen als te geschieden door stoffelijke deeltjes die door de stroompjes van het protoplasma vervoerd worden'. Dit idee kwam voor een groot deel overeen met Darwins pangenesis, zo leerde De Vries zijn publiek, een erfelijkheidstheorie die Darwin had gepubliceerd in *The variation of animals and plants under domestication* uit 1868. Uit het slot van de lezing blijkt dat De Vries met de pangenesis niet zozeer zijn theorie van de panmeristische celdeling wilde bewijzen, maar met de panmeristische celdeling de pangenesis wilde bewijzen: 'De hypothese dat de erfelijkheid aan stoffelijke, georganiseerde en zich door deeling vermenigvuldigende deeltjes gebonden is acht de spreker onafwijsbaar'. Maar vooral wilde hij op de lezing zijn eigen, op enkele punten van Darwin afwijkende erfelijkheidstheorie onder de aandacht brengen. 'De deeltjes die de erfelijke eigenschappen uit de kernen intracellulair overbrengen mogen geenszins met de kiempjes of "gemmules" van Darwin worden geïdentificeerd. Om deze reden stelt de spreker voor om aan zijne opvatting den naam van *intracellulaire pangenesis* te geven'.<sup>236</sup> Zo vormde Darwins pangenesis tegelijkertijd het slot van De Vries' groeionderzoek en het begin van zijn erfelijkheidson-





derzoek. Zoals hij zich in de voorgaande jaren had ingespannen om bewijzen te verzamelen voor Sachs' mechanische groeitheorie, zo zou hij zich in het vervolg geheel wijden aan het verzamelen van bewijzen voor Darwins pangensis.

,



,

