



EEN FOUT VOUWTJE

De Nederlandse geschiedenis is vol van verhalen over vrouwen die hun tijd vooruit waren. Een van de meest bekende is Margaretha de Heilige, die in de 15e eeuw leefde. Ze was een vrome vrouw die zich opwierp om de heilige maagd Maria te worden. Ze werd bekend om haar devotie en haar eenvoudige levenswijze. Haar verhaal is een voorbeeld van de kracht van geloof en het verlangen naar een beter leven.



EEN WEGNET IN DE CEL

De Nederlandse geschiedenis is vol van verhalen over mannen die hun tijd vooruit waren. Een van de meest bekende is Willem van Oranje, die in de 16e eeuw leefde. Hij was een vrome man die zich opwierp om de heilige maagd Maria te worden. Hij werd bekend om zijn devotie en zijn eenvoudige levenswijze. Zijn verhaal is een voorbeeld van de kracht van geloof en het verlangen naar een beter leven.



EEN ONVOORSTELBAAR GEHEUGEN

De Nederlandse geschiedenis is vol van verhalen over kinderen die hun tijd vooruit waren. Een van de meest bekende is Pieter de Wacht, die in de 17e eeuw leefde. Hij was een vrome kind die zich opwierp om de heilige maagd Maria te worden. Hij werd bekend om zijn devotie en zijn eenvoudige levenswijze. Zijn verhaal is een voorbeeld van de kracht van geloof en het verlangen naar een beter leven.

2003 • Een onvoorstelbaar geheugen



EEN IJZERSTERK GEHEUGEN

De Nederlandse geschiedenis is vol van verhalen over mannen die hun tijd vooruit waren. Een van de meest bekende is Pieter de Wacht, die in de 17e eeuw leefde. Hij was een vrome kind die zich opwierp om de heilige maagd Maria te worden. Hij werd bekend om zijn devotie en zijn eenvoudige levenswijze. Zijn verhaal is een voorbeeld van de kracht van geloof en het verlangen naar een beter leven.



Dr. Alois Alzheimer

De Nederlandse geschiedenis is vol van verhalen over mannen die hun tijd vooruit waren. Een van de meest bekende is Pieter de Wacht, die in de 17e eeuw leefde. Hij was een vrome kind die zich opwierp om de heilige maagd Maria te worden. Hij werd bekend om zijn devotie en zijn eenvoudige levenswijze. Zijn verhaal is een voorbeeld van de kracht van geloof en het verlangen naar een beter leven.

Het succes van de leerpil

Het is al weer ruim twintig jaar geleden dat een veelbelovende ontwikkeling plaats vond. Op enkele scholen in Wales begonnen proeven met het verstrekken van een leerpil aan leerlingen. De gedachtegang hierachter was dat leren en onthouden een kwestie is van zenuwen. Hoe beter de zenuwcellen in bepaalde gebieden in de hersenen in conditie zijn, des te gemakkelijker wordt het leren. Maar hoe meet je 'stalen zenuwen'. Dat werd wetenschappelijk aangepakt. Niet proberen om zoveel mogelijk Franse woordjes of scheikundige formules uit het hoofd leren, maar gewoon kijken of je IQ omhoog gaat. Een aantal vitaminen en mineralen stond bekend als gunstig voor een goede werking van de zenuwen, dus was een leerpil niet moeilijk te maken. De zenuwversterkende bestanddelen in een goede verhouding mengen en het experiment kon beginnen. Vooral leerlingen die niet zo ruim in hun IQ zaten, kregen de leerpil aangeboden. Al snel werd het succes duidelijk. Niemand kon er meer omheen dat het IQ van de leerpil-slikkende leerlingen aanmerkelijk omhoog ging. De IQ testen wezen dat onomstotelijk aan. Juichende krantenartikelen verschenen overal.

Voordat de leerpil als verplicht onderdeel van het schooldieet algemeen kon worden ingevoerd, waren er echter ook kritische geluiden. Wetenschappers hielden vol dat een proef zonder controlegroep niet deugt, maar voorstanders kwamen met het argument: waarom een aantal leerlingen benadelen door ze een nep-pil te geven als een echte pil zo goed werkt. Toch werd de proef herhaald, nu met zowel echte als nep-pillen. Ook die resultaten haalden de krant, maar in veel kleinere lettertjes. Het bleek dat ook de nep-pillen werkten, zelfs nog iets beter.

Al snel werd het raadsel verklaard. Leerlingen die vaak IQ-testen doen, krijgen de kunstjes daarvan na een tijdje steeds beter onder de knie, halen daardoor betere resultaten en hebben schijnbaar een hogere IQ.

Sinds die tijd hoor je niet veel meer over de leerpil. Dat wil zeggen over deze leerpil. Want een pilletje met amfetamine (speed) werkt wel degelijk positief op examen- en tentamenresultaten. Met het leren heeft dat niet veel te maken; het heeft effect doordat je tijdelijk sneller en alerter kunt nadenken. Er is één groot bezwaar: het is een hard-drug, en niet voor niets verboden.

Leren is een ingewikkeld proces. Het heeft te maken met twee dingen: in de eerste plaats het geheugen, en daarna het verwerken van de opgeslagen informatie.

Over het verwerken van die informatie in het geheugen is niet veel verstandigs te zeggen. Over het geheugen zelf wel. Als je iets wilt onthouden, en degelijk in je geheugen wilt bewaren, is het belangrijk dat je weet hoe dat geheugen werkt.

En wat er aan de hand is als dat geheugen niet meer werkt. Wat er mis is met iemand die de ziekte van Alzheimer heeft. Daarbij zal blijken dat eiwitmoleculen een hoofdrol spelen.

Een ijzersterk geheugen

Voor wie normaal al moeite heeft met het leren van an auf hinter neben in über unter vor zwischen is het een wonder dat sommige mensen een ijzersterk geheugen hebben. Zoals de hoofdpersoon uit de film 'Rainman', die toen een serverster zich voorstelde, direct haar telefoonnummer en adres wist omdat hij de avond daarvoor het telefoonboek uit het hoofd geleerd had. Of Jedediah Buxton die in 1751 een getal van 39 cijfers kon kwadrateren. Hij deed daar twee maanden over, en was al die tijd aan het hoofdrekenen, zonder iets op papier te zetten!! Het antwoord, een getal van 78 cijfers, kon pas twee eeuwen later gecontroleerd worden door computers (op een grafische rekenmachine gaat het niet eens). Hij bleek postuum één cijfertje mis te hebben.

De meeste mensen kunnen niet eens een getal van twee cijfers kwadrateren, en net lang genoeg één telefoonnummer onthouden om het te kunnen kiezen.

Voor al dit opslagwerk beschikken onze hersenen waarschijnlijk over vier verschillende soorten geheugen. Van het eerste, het zintuiglijk geheugen, merk je het bestaan als je in een boek zit te lezen, en iemand zegt iets tegen je. Je schrikt op, wilt vragen "wat zeg je?", en dan pas hoor je wat er gezegd is.

Ook andere zintuigen hebben zo'n tijdelijke opslag. Vooral bij het zien maak je gebruik van zintuiglijk geheugen, maar daar merk je niets van. Onderzoekers kregen dat pas in de gaten toen ze de elektrische stroompjes konden meten die door de gezichts-zenuw naar de hersenen gaan. Als je naar iets kijkt dat niet verandert, houden die stroompjes al snel op en geven de oogzenuwen dus niets meer door. Je kijkt dan blijkbaar niet meer met je ogen, maar met je zintuiglijk geheugen. Pas als er iets in je blikveld





verandert, wordt die herinnering direct overschreven.

Het eigenlijke geheugenwerk begint pas hierna. Onder in je hersenen zit een gebied dat hippocampus genoemd wordt. Daar komt de informatie binnen, als een elektrisch stroompje. Dat stroompje blijft hooguit een paar seconden lopen. Dit is het ogenblikkelijk geheugen, en het komt van pas als je een zin wilt begrijpen die je leest of die je hoort. Je moet dan het begin van de zin nog weten om aan het eind te weten wat die zin betekent. En het is ook handig voor telefoonnummers als je wilt bellen. Er kunnen ongeveer zeven cijfers in dat ogenblikkelijk geheugen, dat is gemakkelijk bij jezelf of anderen te testen.

Het ogenblikkelijk geheugen gaat over in het korte-termijn geheugen. Je bent je vaak niet meer echt bewust van de feiten, maar achter de schermen worden de feiten opgeslagen in het permanent geheugen of lange termijn geheugen. Na twintig minuten is het elektrische stroompje uitgedoofd, en moet de herinnering chemisch vastgelegd zijn. En, wat zeker zo belangrijk is, moet de herinnering bereikbaar gemaakt zijn. Je moet de herinnering later kunnen terugvinden. Er zijn veel psychologen die denken dat je alle waarnemingen vastlegt, en dat uit een soort zelfbescherming het meeste daarvan niet meer terug te vinden is. Dat zou betekenen dat wie een telefoonboek leest, alles opslaat. Maar alleen iemand als Rainman slaat het zo keurig netjes op, dat hij alles wat hij gelezen heeft, weer terug kan vinden.

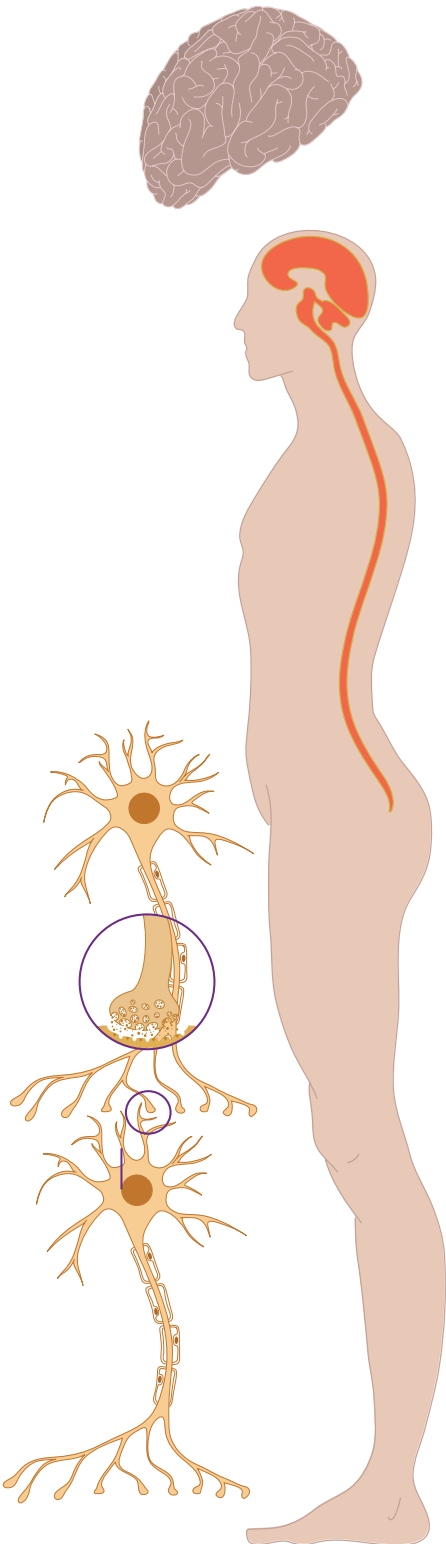
Dat het ongeveer 20 minuten duurt voordat je herinnering chemisch vastgelegd is, komt aan het licht bij traumatische gebeurtenissen, zoals verkeersongelukken. Als een automobilist een ernstig verkeersongeluk meemaakt, weet hij zich soms niets meer te herinneren vanaf zo'n tien, twintig minuten voorafgaand aan het ongeluk. Alles dat langer geleden is, kan hij zich prima herinneren. Mensen die bij een psychiatrische behandeling een elektroshock krijgen, zeggen precies hetzelfde: hun geheugen stopt een tijdje vóór de behandeling. Nieuw is dit allemaal niet; al in 1880 had een zekere Ebbinghaus een vergeetgrafiek gemaakt. Hij deed honderden proeven waarbij hij steeds noteerde hoelang het duurde voordat hij een rijtje onzinwoorden vergeten was. Hij kreeg een prachtige grafiek: na het leren van de onzinwoorden daalde twintig minuten lang z'n geheugen

steeds verder, maar daarna niet meer. Wat hij na twintig minuten nog wist, wist hij een dag later ook nog. Kennelijk gebruiken de hersenen die twintig minuten om de herinneringen vast te leggen in een permanent of lange-termijn geheugen. Bij een schrikreactie stopt dat proces en vergeten de hersenen de laatste tien tot twintig minuten vast te leggen.

Veel wetenschappers zijn bezig met het onderzoeken hoe het vastleggen van herinneringen in het permanent geheugen gaat. Er zijn al een paar heel interessante resultaten. Het is duidelijk dat het geheugen geen opslagplaats is van foto's, video of geluidsbandjes. Net zoals op de harde schijf van een computer geen echte foto's staan, maar alleen bits en bytes. De hersenen bestaan uit een onvoorstelbaar groot netwerk van zenuwcellen die elk zijn verbonden met tienduizenden andere zenuwcellen. Er was al wel eens gedacht dat herinneringen een soort geheugenbanen zouden kunnen zijn in die kluwen van zenuwcellen: als één zenuwcel van zo'n baan geprikkeld wordt komt het hele patroon van zenuwen aan zo'n geheugenbaan tot leven.

De nieuwste onderzoeken beginnen daar inderdaad op te wijzen. Biochemici hebben gemeten wat er gebeurt op de verbingsplaats van twee hersenzenuwen. Die plaats wordt synaps genoemd. Als de ene zenuw geprikkeld wordt, wordt die via de synaps doorgegeven aan de tweede zenuw. Maar bij herhaalde prikkeling blijkt er iets bijzonders te gebeuren. Die tweede zenuwcel bouwt herinnering op, en laat de prikkel op den duur steeds gemakkelijk door. Het blijkt mogelijk om dat precies te meten. Onderzoekers hebben zelfs al uitgezocht welke scheikundige reacties daar voor zorgen. De hoofdrol wordt gespeeld door een eiwitmolecuul in de synaps dat bepaalt hoe gemakkelijk de cel prikkelbaar is. Door herhaalde prikkeling reageert dat molecuul met een fosfaat-groep en verandert daardoor van vorm en van eigenschappen. Na die vormverandering laat het eiwitmolecuul een prikkel gemakkelijker door: het begin van een geheugenbaan.

Het is nu duidelijk wat je doet als je een rijtje woordjes, formules of hoofdsteden uit het hoofd leert. Je doet scheikunde in je hersenen. Als je op de goede manier steeds de zelfde prikkel toedient, gaan bepaalde eiwitmoleculen in de hersenzenuwen daarop reageren en beginnen een geheugenbaan te vormen.



Dr. Alois Alzheimer

In het 'stedelijk krankzinnigengesticht' van Frankfurt werkte in 1906 Dr. Alois Alzheimer. Er was net een 51-jarige patiënte overleden, die een merkwaardige aandoening had. De vrouw leed aan snel erger wordende dementie. Ze kon zich niet meer herinneren hoe ze moest eten, zich moest wassen en aankleden. Na haar dood onderzocht Dr. Alzheimer haar hersenen, en zag tot zijn verbazing dat een groot deel van de hersenen was verschrompeld en omgeven door een dikke laag van een vette stof. Naar aanleiding van dit onderzoek hield hij een voordracht voor z'n collega's. De ziekte was nog nooit in de literatuur beschreven, en had dus nog geen naam. Daar wist de directeur van het krankzinnigengesticht wel iets op. Hij stelde voor om de ziekte 'Morbus Alzheimer' te noemen, ziekte van Alzheimer.

De doctoren gingen er van uit dat deze ziekte een zeer zeldzame afwijking was, en erg veel belangstelling was er niet voor. Tegenwoordig heeft vrijwel iedereen van deze ziekte gehoord, en ongeveer 10% van alle 85-jarigen heeft de ziekte.

Dat de ziekte nu zo veel vaker lijkt voor te komen, is niet onlogisch. Het is een typische ouderdomsziekte, en doordat de gemiddelde leeftijd de vorige eeuw sterk is gestegen, zijn er veel meer mensen van 85 jaar en ouder. Bovendien wordt de ziekte veel sneller herkend. Soms overigens ten onrechte. Grootvader hoeft maar even te aarzelen op de vraag hoe oud hij is, en de kinderen trekken de conclusie 'Alzheimer'.

Wat is er met het geheugen aan de hand bij iemand die de ziekte van Alzheimer heeft? Die vraag is niet gemakkelijk te beantwoorden. Lang niet iedereen die vergeetachtig is of zelfs dement wordt, heeft de ziekte van Alzheimer. De diagnose 'Alzheimer' kan de dokter eigenlijk pas met zekerheid stellen na onderzoek van de hersenen. Die moeten de karakteristieke afwijkingen vertonen die dr. Alzheimer als eerste had gezien. In de praktijk betekent dit dat de demente patiënt eerst moet zijn overleden. Het is nodig om de begrippen dementie en ziekte van Alzheimer goed te onderscheiden. Dementie is een verschijnsel, een symptoom. Net als koorts een symptoom is dat bij veel ziekten kan voorkomen, komt dementie voor bij veel meer ziekten dan alleen de ziekte van Alzheimer. Dementie is het verschijnsel dat het geheugen je in de steek laat. Vooral het korte-termijn geheugen. De zin-

tuigen geven de signalen wel door aan het korte-termijn geheugen, maar het signaal dooft veel sneller uit dan normaal, lang voordat er gelegenheid is om de herinnering vast te leggen in het lange-termijn geheugen.

Dementie bij de ziekte van Alzheimer begint met geheugenverlies, maar na een paar jaar komen er andere verschijnselen bij, zoals niet goed begrijpen wat een ander zegt, of niet de juiste woorden kunnen vinden om zelf iets te zeggen.

In het laatste stadium, meestal na 5 tot 8 jaar, herkent een patiënt familie en vrienden niet meer, en weet niet meer hoe te eten, lopen of naar de WC te gaan.

Opvallend is dat herinneringen aan vroeger het langst bewaard blijven, maar dat herinneringen aan vijf minuten geleden verdwijnen. Het chemisch vastgelegd geheugen blijft nog lang bereikbaar, vooral als er diep uitgesleten geheugenpaden naar toe lopen. Maar uiteindelijk geven ook de laatste geheugencellen het op.

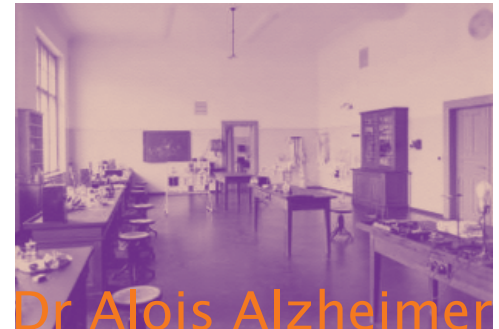
De vraag is nu: waarom stoppen geheugencellen met hun werk?

Een fout vouwtje

Omdat de ziekte van Alzheimer steeds vaker voorkomt (vooral omdat mensen ouder worden) zijn er steeds meer groepen onderzoekers die zich met de ziekte bezighouden. Dat onderzoek heeft al heel wat opgeleverd.

Het begon met de waarneming van dokter Alzheimer zelf, dat er een ongewone vette laag in de hersenen zat, rondom dat wat nog over was van de sterk gekrompen hersenen. Die laag blijkt geen vet, maar een dikke laag onoplosbaar eiwit te zijn. Misschien is dit eiwit de directe oorzaak van het afsterven van de zenuwcellen die het geheugen vormen. Het is in elk geval een heel speciaal eiwit, omdat het niet door het lichaam afgebroken kan worden en opgeruimd.

Aan de Vrije Universiteit in Amsterdam houdt professor Saskia van der Vies zich veel bezig met proteomics, de studie van eiwitten. De term pro-



Er is een eenvoudige test gemaakt om vast te stellen of een vermoeden van dementie terecht is. Het gaat onder andere om oriëntering, dat wil zeggen of de patiënt weet welk jaar het is, welke datum en welke dag (samen drie punten). Verder zit rekenvaardigheid in de test, bijvoorbeeld 100 min 7, dan weer 7 er af, en zo nog drie keer. Zonder rekenmachine natuurlijk (vijf punten). De volgende opgave is het onthouden zelf: het leren van drie woorden, dan het achterstevoren spellen van een eenvoudig woord als radio of computer (een punt voor het spellen), en dan zeggen of je de drie woorden nog weet (drie punten voor het onthouden). Ook tekenen zit in de test, bijvoorbeeld het natekenen van een figuur als hierboven (een punt voor het goed tekenen van de overlap). De eigenlijke test is wat uitgebreider, maar wie in de bovenstaande opgaven al meer dan een of twee fouten maakt, moet zich volgens de opstellers van de test laten nakijken.



eiwitketen eenmaal gemaakt is, het zich tot een ontzettend ingewikkelde kluwen kan opvouwen. Pas als de kluwen precies de goede vorm heeft, kan het als enzym werken”.

“Eigenlijk onvoorstelbaar, dat het zo vaak goed gaat” vervolgt Saskia van der Vies. “Maar daarmee is het verhaal nog niet af. Want nadat het enzymmolecuul zijn werk heeft gedaan, moet het weer afgebroken worden in de onderdelen voor hergebruik. Het molecuul moet aan de ene kant stevig in elkaar zitten om z’n werk te kunnen doen, maar aan de andere kant niet zo stevig dat het niet meer uit elkaar te halen is. Wat er gebeurt als eiwit samenklontert tot een niet meer te ontwarren massa, zie je bij het koken van een ei. Het eiwit wordt een vaste massa, die alleen nog met speciale enzymen en met sterk zuur (zoals in de maag) uit elkaar te halen valt. Het eiwit in de hersenen van Alzheimer-patiënten heeft wel iets van het eiwit van gekookte eieren. Het is een laag die niet goed meer af te breken is. Het staat bekend als β -amyloid plaque, wat wil zeggen dat het op een zetmeel-achtige plak lijkt. Een andere naam voor de plak is het onheilspellende ‘seniele plaque’.

teomics is afgeleid van proteïne, een ander woord voor eiwit. Van der Vies legt uit wat zo bijzonder is aan eiwitmoleculen. “Zonder eiwitmoleculen kun je het leven eigenlijk niet voorstellen. Eiwitmoleculen zijn de werkpaarden van elke levende cel. Elk eiwitmolecuul heeft een speciale eigen taak. Een veelvoorkomende taak is die van katalysator of enzym voor een reactie. Zonder een speciaal enzym verloopt bijna geen enkele reactie in de cel. Je kunt je afvragen waarom eiwitmoleculen zo geschikt zijn voor deze bijzondere taken. Er zijn toch genoeg andere soorten moleculen? Dat komt door twee heel verschillende eigenschappen. De eerste is dat een eiwitmolecuul heel gemakkelijk op bestelling te maken is. Het recept zelf is weinig anders dan een opsomming van de aminozuren die als kralen in een ketting, samen een eiwitketen vormen. En de tweede is dat als de



Chaperonnes

Wanneer een meisje vroeger naar een gala-voorstelling of een bal ging, kon de familie haar laten begeleiden door een chaperonne. Dit was vaak een wat oudere vriend of vriendin van de familie die tijdens de avond een oogje in het zeil hield, op haar spullen paste, keek of het kapsel en de avondjurk wel goed in model bleven. De chaperonne zorgde er voor dat het meisje niet werd blootgesteld aan ongewenste invloeden.

Eiwitmoleculen zijn nog veel gevoeliger voor invloeden van buitenaf dan een meisje dat naar een bal gaat. De meeste eiwitmoleculen worden dan ook vergezeld door chaperonnes, zoals de moleculen genoemd worden die het eiwit helpen bij het vinden en handhaven van de goede vorm.

Allereerst zijn de chaperonnes actief bij het ontstaan van het eiwit. Als een eiwit in de vorm van een lange aminozuren-keten ontstaat bij een ribosoom, kan daar een deel bij zijn dat bij het opvouwen moet hechten aan een onderdeel dat nog niet gemaakt is. Om te voorkomen dat dit aan een verkeerd gedeelte plakt, schermt een chaperonne dit deel tijdelijk af.

Maar ook tijdens het latere leven van het eiwit blijven chaperonnes actief. Het subtiele bouwwerk dat een eiwit is, verandert soms al van vorm bij een lichte temperatuursverhoging zoals koorts. Chaperonnes staan dan klaar om bij afkoeling het eiwit weer in de juiste vorm te brengen.

Zonder chaperonnes zou je een beetje koorts niet overleven.

Onderzoekers kregen al zo’n tien jaar geleden in de gaten dat deze plak gevormd wordt uit brokstukken van een bepaald eiwit dat normaal in zenuwcellen voorkomt. Een van de eigenschappen van dat eiwit is, dat er een stukje van 40 aminozuren van afgeknipt kan worden, dat blijkbaar ergens in de cel voor nodig is. Het is nog niet duidelijk waarvoor. Als de ziekte van Alzheimer toeslaat, gaat dat knippen fout, en ontstaat er stukjes van 42 in plaats van 40 aminozuren. Dat lijkt een kleine en onbelangrijke verandering, maar dit stukje blijkt zich daardoor heel anders te vouwen en te gedragen. Buiten de cel hechten die stukjes van 42 zich zo dicht en stevig aan elkaar dat het niet meer lijkt op de open structuur die kenmerkend is voor normaal werkzame eiwitten. Dat is de β -amyloid plaque, een laag die voor het lichaam niet meer op te ruimen is. Het zou kunnen dat door die laag de zenuwcel niet mee goed kan werken, en afsterft.

“Een eiwit met een verkeerde lengte, dat zich daardoor fout vouwt, is dus uiteindelijk de oorzaak van de ziekte van Alzheimer”, besluit van der Vies, “Een fout vouwtje, dat aantoon hoe belangrijk de vouwing van een eiwitmolecuul is”.

Een wegnnet in de cel

In de meeste biologieleerboeken lijkt een tekening van een cel nog altijd op een soort vissenkomp waar allerlei deeltjes zoals mitochondria, en grote moleculen zoals eiwitten vrij rondzwemmen. En in het midden zweeft een celkern.

In zo'n tekening ontbreekt iets dat heel belangrijk is voor de cel. Namelijk een ragfijne dradenstructuur, waar de meeste deeltjes aan vast zitten. Deze dunne draden zijn gemaakt van eiwit-ketens. In dit geval zijn het geen eiwitten met enzymwerking, maar eiwitten die zorgen voor de structuur en de stevigheid van de cel.

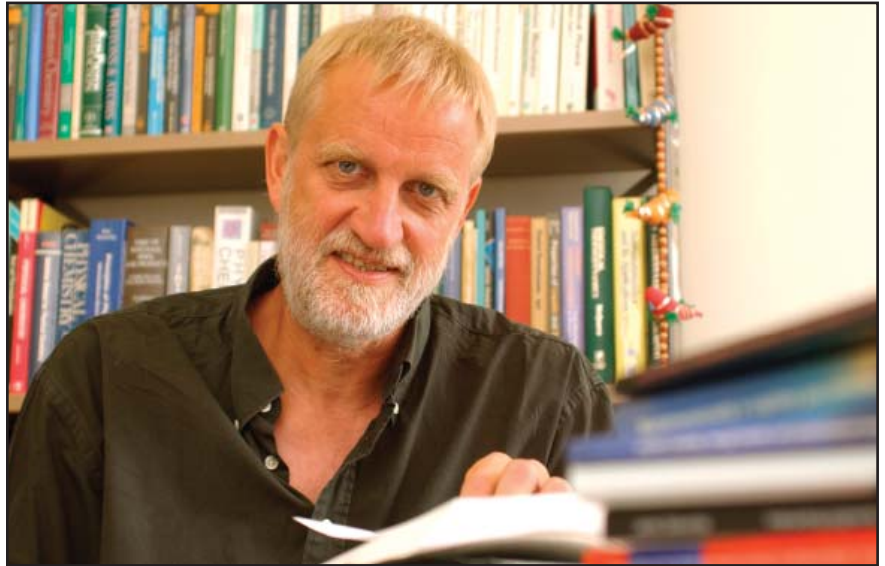
Over het bestaan en de functie van die draden vertelt Gert van der Zwan, wetenschappelijk hoofdmedewerker bij de afdeling Scheikunde en Farmaceutische Wetenschappen van de VU. Net als Saskia van der Vies houdt hij zich met proteomics bezig, en bestudeert dus eiwitten.

Hij legt uit: "Een netwerk van draden komt voor in elke cel. Die draden zijn echter zo dun, dat ze heel lang niet opvielen. Samen zorgen al die draden ervoor dat de cel z'n vorm en stevigheid houdt. En bovendien houden ze de verschillende onderdelen van de cel op de plaats.

Maar we hebben ontdekt dat die dradenstructuur nog een andere en heel onverwachte functie heeft. Het blijkt ook te dienen als wegnnet. Allerlei deeltjes zoals grote enzymmoleculen bewegen langs die draden naar de plek in de cel waar ze nodig zijn. De vraag hoe dat kan, is lang onbeantwoord gebleven. Het is moeilijk voor te stellen dat een molecuul handen of voeten heeft waarmee het over een draad kan lopen. En toch blijkt het zo te zijn.

Onderzoekers ontdekten dat sommige moleculen iets hebben dat verdacht veel op handen lijkt, een soort uitstulpingen waarmee het molecuul zich aan de draad vasthoudt. Regelmatig neemt het molecuul energie op van een energiedrager (ATP) en gebruikt dat om een beetje van vorm te veranderen. Er verschijnt dan een nieuwe uitstulping die de draad een eindje verderop vastgrijpt, en tegelijk laat de vorige los. Zo wandelt het molecuul doelgericht verder.

Je kunt je voorstellen dat het voor de cel ernstige gevolgen heeft, wanneer dat wegnnet stuk raakt. Dat blijkt te gebeuren bij de ziekte van Alzheimer. Dokter Alzheimer zelf had al gezien dat het ontstaan van de dikke eiwitlaag laag om de zenuwcellen in de hersenen niet het enige is. Hij had ook opgemerkt dat er binnen in de zenuw-



cellen iets vreemds gebeurde. Hij zag daar klauwen ontstaan, die later de Engelse naam tangles (van warboel) kregen.

We weten nu dat die tangles de normale dradenstructuur in de cel langzaam maar zeker wegdrücken. Het transport raakt daardoor ontregeld. We weten ook dat die tangles gevormd worden uit een soort eiwitmoleculen die in een gezonde cel aan de opbouw van de draadstructuur meewerken. Bij Alzheimerpatiënten zit er een constructiefout in die eiwitmoleculen: er zijn veel te veel fosfaat-groepen ingebouwd. Doordat fosfaatgroepen met elkaar kunnen reageren, plakken de moleculen aan elkaar vast, in plaats van aan de draadstructuur. Er ontstaan grote klauwen met een verwoestende uitwerking op de cel."

Van der Zwan concludeert: "De studie van eiwitten heeft al veel verrassingen opgeleverd. Er zullen ongetwijfeld nog heel veel volgen. Dat is niet alleen van belang bij de ziekte van Alzheimer, maar ook voor de vele andere ziekten waar eiwitten een rol spelen."

Ongeveer tien jaar geleden werd de wereld opgeschrikt door berichten dat de oorzaak van de ziekte van Alzheimer bekend was: het kwam door het koken van voedsel in aluminiumpannen. Journalisten hadden de uitkomsten van wetenschappelijk onderzoek gecombineerd met een restje scheikunde-kennis, en er een schokkend verhaal van gemaakt. Het was onderzoekers opgevallen dat in de verstikkende eiwitafzetting om de zenuwcellen bij Alzheimerpatiënten meer aluminium voorkwam dan normaal. Tegelijk werd bekend dat bij nierpatiënten waar bij dialyse niet voldoende aluminium werd verwijderd, last kregen van verschijnselen, waarvan geheugenverlies er één was. Voor sommigen lag de conclusie voor de hand: geheugenverlies heeft te maken met aluminium. Aluminium zit ook in pannen, dus het gebruik van aluminiumpannen leidt tot de ziekte van Alzheimer.

Nog steeds kopen sommige mensen om die reden liever geen aluminiumpannen. Ze weten niet precies meer waarom. Ze zijn vergeten dat proefdieren die volgestopt werden met aluminiumverbindingen, last kregen van alles, behalve van Alzheimer-achtige verschijnselen.

Onlangs werd bekend dat de eiwitlaag bij Alzheimerpatiënten ook opvallend veel ijzer aanwezig is. Het wachten is nu op een journalist die waarschuwt tegen het koken in ijzeren pannen, en pleit voor de terugkeer naar het stenen tijdperk.