

## **VAN SPINNENWEB TOT WORLD WIDE WEB** TEXTIEL, DE RODE DRAAD VAN DE GESCHIEDENIS

*Loan Oei*

### **1. 'Langdradige' geschiedenis | inleiding**

Wie zich met textiel bezighoudt komt al dan niet bedoeld vroeg of laat in aanraking met uiteenlopende disciplines van de natuur-, geestes- en sociale wetenschappen. Jammer genoeg is dat omgekeerd niet het geval blijkens de canons van de diverse vakgebieden. Daardoor missen niet op textiel georiënteerde onderzoekers de rode draad die door de hele geschiedenis heen loopt en die een onderling verband tussen allerlei werkerreinen blootlegt. Canons bevatten historische hoogtepunten en keerpunten die in het *collectieve* geheugen van de mensheid (behoren te) zijn opgeslagen volgens het *selectieve* geheugen van de canonmakers. Onvermeld blijft dat textiel menigmaal aan de oorsprong van grote doorbraken en omwentelingen stond, richtingbepalend was, een vitale en soms fatale rol in maatschappelijke ontwikkelingen speelde. Die omissie was voor mij aanleiding de geschiedenis van de mensheid onder de textielloop te houden. Een uiterst hachelijke onderneming, maar de moeite waard om een algemeen besef van de betekenis van textiel voor mens en maatschappij te kweken. Door onderbelichte ontdekkingen en uitvindingen uit het vergeetboek te halen heb ik accenten gelegd of verschoven in de gangbare geschiedschrijving. De conventionele canon der geschiedenis volgend, sta ik stil bij mijlpalen die ons leven of een vakgebied ingrijpend hebben veranderd en waarin textiel een aandeel heeft gehad. De mijlpalen zijn chronologische aanknopingspunten voor thematische paragrafen. Het gaat mij erom wat aan de mijlpalen voorafging, waartoe zij leidden en op wiens schouders de helden stonden. Bij ieder thema trek ik de draad door tot in het heden. De eerste drie paragrafen gaan over textiel in taalgebruik en de overige over textiel in de technologische evolutie. Dit is de ingekorte weergave van een verkennend vooronderzoek in zeer beperkte tijd

gedaan: een tipje van de sluier van mijn voorgenomen diepgaande studie die moet uitmonden in een boekwerk, liefst ondersteund door een documentaire.

## 2. In den beginne was het beeld | metaforen

Er bestaat geen wetenschappelijke consensus over wanneer en hoe taal ontstond. Anatonen schatten het op 250.000 jaar geleden toen de *Homo sapiens* evolueerde en er een asymmetrie in zijn twee hersenhelften viel te bespeuren.<sup>1</sup> Dat impliceert dat zijn hominide voorouders al werktuigen konden maken, het vuur beheersten, zich kleedden en zichzelf onderdak verschafte voordat ze konden spreken en dat taal zich over een langere periode ontwikkelde uit het denkvermogen.<sup>2</sup> Door toenemende technologische verworvenheden werd verbale communicatie voor samenleven noodzakelijk.<sup>3</sup> Taal is een bewuste manifestatie van onbewust denken.<sup>4</sup> Volgens de achttiende-eeuwse filosoof Giambattista Vico staat verbeelding aan de oorsprong van taal en spelen metaforen en mythologie daarbij een rol.<sup>5</sup> Het menselijk brein zet waargenomen omgevingsbeelden om in taal: van perceptie naar conceptie. Anders gezegd, van denken in beelden naar spreken in beelden, ofwel van denkbeeld naar beeldspraak. Vico's opvatting wordt ondersteund door latere theorieën dat taal zich ontwikkelde van gebaren naar geluiden, van seinen naar tekens, en dat schriftsystemen evolueerden van figuratieve rotstekeningen naar grafische tekens, van woordsymbolen naar fonetische lettertekens.<sup>6,7</sup> Voorbeelden van beeldschrift met een aanwijzing voor de uitspraak zijn Soemerische inscripties (3300 v.C.), Egyptische hiërogliefen (3100 v.C.), Chinese karakters (1300 v.C.) en Maya pictogrammen (200). Deze talen maakten ook gebruik van het principe van de rebus, een boodschap waarin begrippen worden verbeeld vanwege hun betekenis of klank. Het is aan de lezer de beelden te 'verklanken' tot woorden, al dan niet met een andere betekenis.<sup>8</sup> Een geheel ander schriftsysteem maakt gebruik van geknoopt touw en wordt daarom knopenschrift genoemd. Hoewel in meerdere culturen aangewend, is het voornamelijk bekend als de *quipú*, letterlijk 'knoop', van de schriftloze Incabeschaving, die in de vijftiende eeuw bloeide in Peru (afb. 1).<sup>9</sup> Kortom, taal zou zich hebben ontwikkeld uit het *verbeelden* van gedachten naar het *verwoorden* ervan.

In de taalkunde is een metafoor een stijlfiguur waarin woorden door associatief denken geen letterlijke betekenis, maar een vergelijkbare waarde in andere context hebben. Omdat iedere taal slechts een beperkte woordenschat heeft, worden vooral werkwoorden en naamwoorden in letterlijke en figuurlijke zin gebruikt.<sup>10</sup> Metaforen spreken tot de verbeelding vanwege hun symboliek, terwijl hun oorspronkelijke betekenis ondergeschikt kan raken. Textieltermen die vaak overdrachtelijk worden gebezigd zijn bijvoorbeeld: de rode draad, netwerk, verweven, ontrafelen, uitpluizen, afkammen, hekelen, stramien en zelfkant. Ze komen in krantenkoppen te pas en te onpas voor: 'Het eurobreiwerk gaat scheuren'<sup>11</sup>, 'Weeffouten trekken wissel op het spoor'<sup>12</sup>, 'Europese banken te verweven'<sup>13</sup>. De uitdrukking 'dat is schering en inslag' betekent dat iets vaak voorkomt. Die zegswijze komt van een oeroude zienswijze. In het oude China stond de schering voor de tijd en de inslag voor gebeurtenissen.<sup>14</sup> Daar waar de schering van de tijd de inslag van de ruimte kruist vinden gebeurtenissen plaats. Evenzo zagen de oude Grieken de schering als 's mensen levensduur en de inslag als zijn lotgevallen. Door kruising van de dra-



1 *Inca knopenschrift, quipú, katoen, vijftiende-zestiende eeuw. Collectie Linden-Museum, Stuttgart, te zien in de tentoonstelling Inca, Koningen van de Andes tot 16 maart 2014. Foto: Anatol Dreyer.*

den ontstaat zijn leefpatroon. In die optiek wordt de mens geboren als een draad en sterft als een weefsel.<sup>15</sup> Deze beeldspraken berusten op de symboliek van 'kruisen', het principe van alle textieltechnieken. Bij weven kruisen de draden elkaar loodrecht waardoor er een strak weefsel ontstaat; bij vlechten, haken, breien en knopen kruisen de draden elkaar of zichzelf diagonaal waardoor er een flexibele constructie ontstaat; bij nonwovens, zoals vilt en vezelvlies, liggen de vezels kriskras over elkaar heen. In de wiskunde staat een kruisje voor vermenigvuldigen; in de biologie betekent kruisen fokken of kweken van nieuwe soorten en het kruisen van mannelijk en vrouwelijk is voortplanten. Daarom wordt weven in de mythologie in verband gebracht met vruchtbaarheid en voortplanting.

Wetenschappers gebruiken metaforen om hun ideeën ook voor niet-vakgenoten begrijpelijk te maken, zoals in de sociologie en stedenbouw 'sociaal en stedelijk weefsel' (*social and urban*

*tissue*) en in de natuurkunde *the fabric of the cosmos*.<sup>16</sup> De aloude wijsgeer Plato (427-347 v.C.) bediende zich van talrijke textielmetaforen. Aan het eind van de dialoog *De Staatsman* vergelijkt hij bij monde van de ‘vreemdeling’ een staatsman met een wever:

“Laten we dan vaststellen dat zo’n [glad en fijn] weefsel het doel is van die goede weefkunst, waarmee de staatsman de moedigen en bedachtzamen aan elkaar weeft. [...] Zo schept de staatsman het prachtigste en beste weefsel dat er is, en hij bekleedt daarmee alle slaven en vrijen die er in de gemeenschap zijn, zodat ze bij elkaar worden gehouden.”<sup>17</sup>

In zijn inhuldigingsrede op 30 april 2013 pakte Koning Willem-Alexander met een textielmetafoor de draad van de geschiedenis op:

‘Tegelijkertijd is het Koningschap een symbool van continuïteit en gezamenlijkheid. Het is een directe verbinding met ons staatkundig verleden, het tapijt van onze geschiedenis waaraan ook wij vandaag gemeenschappelijk verder weven.’<sup>18</sup>

### 3. Woorden ontrafelen | etymologie

Door zijn vergankelijkheid is slechts weinig prehistorisch textiel bewaard gebleven. De tot dusver oudst bekende textiele overblijfselen werden in 2009 gevonden in een grot in Georgië: gedraaide en geverfde wilde vlasvezels gedateerd op 35.000 v.C.<sup>19</sup>

Bij gebrek aan archeologisch materiaal is taalkundige reconstructie een aardige methode om iets over vroeger bedreven technieken te achterhalen, omdat de morfologie van taal een bewaarplaats van versteende woorden is. De herkomst van woorden is pas te onderzoeken als er schriftelijke bronnen zijn waarvan tevens bekend is hoe de uitspraak klonk. Dat is mogelijk bij talen die gebruik maken van een alfabet, klankschrift waarbij ieder van het beperkte aantal tekens staat voor een bepaalde klank. Het eerste alfabet van 22 letters werd rond 2000 v.C. uitgevonden door de Feniciërs en behoort met het Arabisch en Hebreeuws tot de Semitische talen, die alleen tekens hebben voor de betekenisdragende medeklinkers. Uit het Fenicisch zijn Grieks, Latijn en de moderne Europese talen ontstaan.<sup>20</sup> Etymologie legt het taalkundige verband bloot tussen de moderne talen, Sanskriet, Grieks en Latijn en daarmee de verwantschap in religie en mythologie tussen de volkeren van de wereld.<sup>21</sup> De vergelijkende taalkunde kreeg gestalte in de stamboomtheorie van August Schleicher (1853): een hiërarchische classificatie van Europese, Indiase en Perzische talen geëvolueerd uit een Proto-Indo-Europese vooroudertaal. Uit vergelijkend genetisch onderzoek in de twintigste eeuw bleek de genealogie van volken overeen te stemmen met die van de talen.<sup>22,23</sup> Een belangrijk inzicht in de wetmatigheid van klankverschuiving tussen Germaanse en andere Indo-Europese talen is te danken aan de taalkundige gebroeders Grimm, meer bekend om hun verzameling Duitse volksverhalen. Zij ontdekten dat veel woorden in verschillende taalfamilies zich qua vorm en betekenis uit eenzelfde brontaal hebben ontwikkeld.<sup>24</sup> Hoezeer textielbegrippen in het westers denken zijn verankerd, beschrijft



2 Kaart van de Griekse geograaf Ptolemaeus (circa 160) waarop China en Mongolië staan vermeld als Serica, het land van de zijde. Uitgave Mercator, 1578.

classicus R.B. Onians in zijn studie *The origins of European thought*, waarin hij tal van voorbeelden uit het Oudgrieks en parallellen in het Latijn, Engels, Duits, Noors, Hebreeuws en Sanskriet aanhaalt.<sup>25</sup>

Toen de mens eenmaal kon spreken, gaf hij de dieren een naam. 'Spin' komt uit het Proto-Indo-Europees voor 'spannen', 'web' en 'weven' zijn afgeleid van het Griekse *huphainein* voor weven. Homerus' dichtwerken *Ilias* en *Odyssee* heten in het Grieks 'rapsodieën', van het werkwoord *rhaptein*, 'aan elkaar naaien', met de afgeleide betekenissen 'beramen' en 'verzinners'.<sup>26</sup> 'Gedachten spinnen' en de Engelse uitdrukkingen *to spin a tale* en *to weave words together* zijn direct tot de klassieke talen te herleiden. De woorden 'tekst' en 'textiel' zijn beide afgeleid van het Latijnse *textus*, 'geweven'. Al in het Sanskriet bestond datzelfde verband: *soetra*, een mondeling of schriftelijk overgeleverde tekst van het boeddhisme en hindoeïsme, betekent letterlijk 'draad', 'koord' of 'touw' en is afgeleid van *siv*, weven. *Tantra*, geschrift, komt van *tantram*, letterlijk 'weefgetouw' of 'schering', waaruit zich de betekenissen 'grondslag', 'systeem', 'doctrine' ontwikkelden. Ook in het Chinees, dat behoort tot de geheel andere Sino-Tibetaanse taalfamilie, hangen tekst

en textiel met elkaar samen. Het woord *jing* betekent 'klassiek boekwerk' (zoals in de *I Jing*, het *Boek der Veranderingen*) en heeft in zijn karakter het ideogram voor 'scheringsdraad' met het betekenisdragende element voor 'zijde'. De scheringsdraad, de grondslag van een weefsel, staat in het Chinees ook voor 'reguleren, regelmatig en bestendig'.<sup>27</sup> Het Chinees telt bijna 200 karakters met het zijdeteken voor alles wat ermee gemaakt of gedaan werd. Het woord voor 'president van een staat', *zǒngtǒng*, bestaat uit een combinatie van tekens voor 'zijde' en 'bijeengbrengen'; met andere woorden 'hij die zijden draden samenbrengt'<sup>28</sup>, een mooie analogie met de Griekse *Staatsman* van Plato. Ten tijde van de Zijderoute (ca. 200 v.C.-1400) werden goederen en ideeën tussen Oost en West uitgewisseld. De volken van oostelijk Centraal Azië werden toen *Seres* genoemd, naar het Griekse woord voor 'zijden', *serikos*, dat weer te herleiden is tot het Chinese karakter voor zijde, *sī* (afb. 2). Dat papyrus in het Westen de eerste grondstof voor papier was, klinkt door in de moderne Europese talen. De Griekse vertaling van het Hebreeuwse Oude Testament werd 200 v.C. op papyrus geschreven. In het Grieks heet de binnenvazel van de papyrusplant *biblos* en worden de papyrusvellen *bibloi*, in het Latijn *biblia*, genoemd; vandaar 'bijbel', 'bibliotheek' en 'bibliografie'. De Romeinen gebruikten daarentegen het binnenste deel van boombast voor het maken van papier en noemden dat *liber*; vandaar *librairie* en *library*. Maar de allereerste drager voor het overbrengen van ideeën was volgens Plinius de Oudere het palmblad. Daarom spreekt men nog steeds van de 'bladzijden' van een boek.<sup>29</sup>

#### 4. Gedachtespels op papier | mythologie

De oudste geschreven bronnen vormen de overgang van de prehistorie naar geschiedenis, immers 'geschiedenis wordt geschreven'. Op schrift gestelde orale tradities over het ontstaan van de kosmos en de mensheid vormen de eerste literaire werken: mythen, letterlijk 'gesproken verhalen', in de vorm van heldendichten en lofzangen op goden, voorouders, strijders en heersers. 'Hymne', lofzang, komt uit het Grieks voor 'inslagdraad'.<sup>30</sup> Dichtkunst wordt gekenmerkt door de rijkdom aan metaforen en mythen zijn qua strekking metaforen voor goed en kwaad.

Zijdeweefsels waren met bamboe, boombast, hout, papyrus en perkament dragers van de eerste manuscripten. Officieel staat de Chinese uitvinding van papier gemaakt van boombast, hennep, lompen en visnetten te boek anno 105.<sup>31</sup> Het oudste Chinese woordenboek daterend uit de derde eeuw voor Christus vermeldt echter al dat "papier een manier is om zijdeafval te recyclen" en al in de zesde of vijfde eeuw voor Christus in gebruik was.<sup>32, 33</sup> Pas nadat papier, inkt en de drukkunst in China waren uitgevonden, konden gedachtegoed en verzamelde kennis in boekvorm worden vastgelegd en handzaam verspreid. De eerste boeken van papier werden in 770 in China gedrukt: 100.000 exemplaren van een boeddhistisch gebed, *dhāraṇī*, in opdracht van de Japanse keizerin en in 868 de *Diamant Soetra*, een Chinese vertaling uit het Sanskriet van een heilige tekst. Het Chinese papierrecept bereikte in 950 via de Arabieren Europa, waar een eigen manier van papier scheppen van linnen en katoenen lompen ontstond. In 1452 kwam de eerste Gutenberg Bijbel in volkslatijn van de drukpers in een oplage van 180 exemplaren.

Werken van Homerus (ca. 800 v.C.), Plato (ca. 400 v.C.) en Ovidius (43 v.C.-17) bevatten vele mythen waarin textiel een prominente rol speelt in het dagelijks leven van goden en stervelin-



- 3 *Arachne, kampioen in het spinnen, door godin Athene uit jaloezie veranderd in een spin. Illustratie Gustave Doré voor de Louteringsberg van Dante's La Divina Commedia, 14e eeuw.*
- 4 *Neith (letterlijk 'weefster'), de Egyptische godin met een spinrokken op haar hoofd, schiep de wereld op haar weefgetouw. Tekening: Jeff Dahl.*

gen. Bekende figuren zijn Penelope die haar weefsel steeds maar uitrafelt om tijd te winnen; Arachne die Athene, godin van het weven, overtreft en door haar in een spin wordt veranderd (afb. 3); en Ariadne die haar geliefde een kluwen wol laat afwikkelen als wegwijzer in het labirint. Uit de mythe over de gesneuvelde soldaat Er die Plato in *De Staat* beschrijft, blijkt dat het Hindoeïstische begrip reïncarnatie ook in Griekenland bestond. In deze mythe hangt de aarde met lichtkoorden aan de hemel en houdt Anangkè, godin van het noodlot, de aarde als een spintol draaiend. Rond het vliegwiel bepalen haar dochters, de drie schikgodinnen (Moirae), het leven van stervelingen: Clotho spint hun levensdraad, Lachesis meet de draad af en Atropos snijdt de draad door.<sup>34</sup> In de oorsprongsmythen van grote en kleine volken wordt de kunst van het spinnen en weven door goden aan de mens geschonken en in verband gebracht met schepping, voortplanting en vruchtbaarheid. Neith, de Egyptische moedergodin die de wereld schiep op haar weefgetouw, wordt afgebeeld met een spinrokken op haar hoofd en een weefgetouw in haar hiëroglief (afb. 4). Voorbeelden uit het pantheon van andere culturen zijn de maangodin Ixchel van de Maya, Spider Man en Spider Woman van de Noord-Amerikaanse



5 Spinnstube, de ruimte in een familiehuus waar ongehuwde vrouwen bij elkaar kwamen om te spinnen. Ansichtkaart begin twintigste eeuw. Collectie postcard-museum.com.

indianen, de Japanse zonnegodin Amaterasu, de Javaanse rijstgodin Sri Dewi en de Batak stammoeder Si Boru Parujar. Antropoloog Marcel Griaule beschreef in zijn veel aangehaalde boek *Dieu d'Eau* (1948) hoe volgens de kosmologie van de Dogon in Mali het heelal geschapen werd door het gesproken woord dat synoniem is met weven. De anatomie van de mens wordt vergeleken met een weefgetouw: het gebit met het weefriet, de tong met de weefspoel, de katrol met het strottenhoofd en de schachten met de huid. Naakt zijn staat gelijk aan sprakeloos zijn.<sup>35</sup> Een halve eeuw later verwijst een nieuwe generatie antropologen de Dogon mythe echter naar het rijk der fabelen.<sup>36</sup> Iedere cultuur kent mythen en legenden, sagen en sprookjes. De gebroeders Grimm maakten in hun verzameling *Kinder- und Hausmärchen* (1815) van het spinnen de leidraad in *Doornroosje*, *Het klosje*, *De schietspoel en de naald*, *De drie spinsters*, *Repelsteeltje* en *Vrouw Holle*. Deze volksverhalen weerspiegelen de sociale status die aan spinnen werd gehecht toen de linnenproductie in handen van vrouwen was. 's Winters kwamen ongehuwde dorpsmeisjes bij elkaar thuis in een *Spinnstube*, de spinkamer waar zij onder het spinnen en handwerken spannende verhalen vertelden (afb. 5).<sup>37, 38</sup> Ook Hans Christiaan Andersen verwerkte in zijn oeuvre (1827-1870) textiel als attribuut van de hoofdpersonen of als voorwerp van de plot, zoals in *Het vlas*, *De nieuwe kleren van de keizer* en *De prinses op de erwt*.

## 5. En toen was er kunstlicht | 400.000 v.C. vuurbeheersing

De beheersing van vuur is niet alleen het vroegst ontwikkelde, maar ook het enige exclusief menselijke vermogen dat de mens onderscheidt van andere levende wezens.<sup>39</sup> Het heeft de eerste grote ecologische en sociale transformatie in gang gezet. Vuur is de bron van warmte en licht. Om vuur te maken is brandstof nodig en voor licht het branden van een pit of lont; vandaar dat 'licht brandt'. De eerste vorm van draagbaar kunstlicht was de stenen lamp van circa 40.000 v.C. gevuld met dierlijk of plantaardig vet en daarin een traag brandende pit van een plantaardige vezel, die de brandstof uit de houder zuigt. Mettertijd werden lonten gemaakt van textiel: in elkaar gedraaide reepjes vossen of gevlochten katoenen draden. Ze vormen ook de



kern van kaarsen, die rond 3000 v.C. voor het eerst gemaakt werden van bijenwas en later van dierlijk vet (stearine) en synthetische was (paraffine). Tot op vandaag brengt kaarslicht een sfeer van romantiek en spiritualiteit in huiselijke en kerkelijke kring. Verkoold linnen of katoen werd gebruikt voor de tondel, de voorloper van de lucifer. Halverwege de negentiende eeuw werd petroleum als nieuwe brandstof gebruikt en ging een geweven lont door de brander van de petroleumlamp. Toen men van petroleum gas kon maken, bracht gasverlichting een gelig licht. In 1886 werd daarvoor een gebreid gloeikousje uitgevonden: een netje van geïmpregneerde schietkatoen (nitrocellulose) dat bij verhitting meer en witter licht opbrengt, gasgloeilicht genaamd. Als straatverlichting bleef het maar kort in zwang, want in 1910 deed elektrisch licht zijn intrede.

De ontdekking van elektriciteit ligt in het verlengde van de waarneming van elektrische geleiding door astronoom Stephen Gray (1666-1736), zoon en leerling van een wolwever.<sup>40</sup> Hij deed experimenten met een glazen buis, hennepouw en zijdedraad en was de eerste die onderscheid maakte tussen geleiders en isolatoren.<sup>41</sup> Omdat katoen een slechte geleider is werden netsnoeren en stroomkabels vroeger geïsoleerd met geweven of gevlochten katoen en later met rubber. Het eerste elektrische licht kwam van de gloeilamp, die onze 24-uurs economie in gang zette. In een zuurstofarme glazen bol wordt elektrische stroom door een spiraalvormige gloeidraad gestuurd, die daardoor gloeiend heet wordt en warmte en licht verspreidt. Zoals gewoonlijk bij succes, heeft de gloeilamp vele vaders, die experimenteerden met gloeidraden van platina (1801 Humphry Davy), verkoolde bamboe (1854 Heinrich Göbel), papier (1860 Joseph Swan) en een koolstofstaafje (1872 Alexander Lodygin). Met zijn lusvormige kooldraad streek Thomas Edison in 1879 met de eer. In 1901 ontdekte William David Coolidge dat wolfram het hoogste smeltpunt heeft. Hij wist een buigzaam wolframfilament te maken waarvan sindsdien iedere gloeilamp standaard is voorzien.

Vanaf 1930 kon men uit een vloeibare glasmasa van zand, soda en kalk haardunne, onbrandbare glasfilamenten met een enorme treksterkte spuiten.<sup>42</sup> Hiervan werd onder andere glaswol voor isolatiemateriaal gemaakt. Met garens van stapelvezels (in korte stukjes gesneden glasfilamenten) wordt behang geweven en brandwerende stof voor uniformen voor defensie, politie en brandweer. In de jaren 1950 bracht de glasvezel uitvinders op tal van lumineuze ideeën voor functionele en frivole toepassingen. Glasvezelverlichting is ideaal voor museale presentaties, omdat van één lichtbron op afstand van het object meerdere lichtpunten kunnen worden gecreëerd, die geen warmte noch UV-straling afgeven. Met glasvezels waardoorheen licht – en geen elektriciteit – gestuurd wordt om signalen over grote afstanden te transporteren, werd het wereldwijde netwerk van digitale datacommunicatie tot stand gebracht.

## 6. Domesticeren, fabriceren, innoveren | 170.000 v.C. kleerluis

Genetisch onderzoek wijst uit dat de kleerluis (*Pediculus humanus corporis*), die zich voedt op de menselijke huid en zich nestelt aan de binnenkant van kleding, circa 170.000 jaar geleden, na afsplitsing van de hoofdluis, een eigen leven ging leiden. Het was in de periode dat de *Homo sapiens* vanuit Afrika naar koudere streken in het noorden trok.<sup>43</sup> Dat wil zeggen dat de mens vanaf



6 Tekening van de 'wolplant', een voorstelling van de manier waarop men ooit in Europa dacht dat wol aan bomen groeide. Vandaar het Duitse woord Baumwolle voor katoen. Bron: Vegetable Lamb of Tartary, H. Lee, 1887.

toen in staat was vezels – de kleinste bestanddelen van textiel, in lengte minstens honderdmaal hun diameter – te manipuleren om daarmee constructieve vormen te maken: de geboorte van 'textiel', waarmee uit vezels bestaande grondstoffen, halffabricaten en eindproducten worden aangeduid.<sup>44</sup>

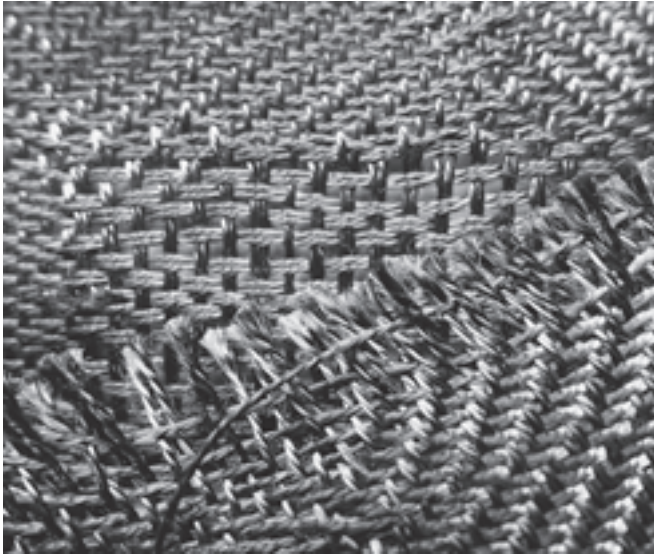
De geschiedenis van de vezeltechnologie is zo oud als de door de mens bewoonde wereld. In de BBC documentaire *Andrew Marr's History of the World* vertelt de presentator dat de naald de belangrijkste uitvinding van de mensheid is, want zonder aan elkaar genaaide dierenvachten zou de mens de ijstijden niet hebben kunnen overleven. Schelpenkralen van 77.000 v.C. en vondsten van benen naalden gedateerd op zo'n 30.000 v.C. bevestigen dat men al vroeg perforaties wist te maken om te kunnen naaien en rijgen. Door het oog van de archeologische naald passeerde dierlijk peesdraad. Ook in warmere perioden en drogere streken gebruikte men dierlijke en plantaardige vezels om zich te kleden. Het is best aannemelijk dat Adam en Eva in het paradijs "vijgenbladeren aan elkaar regen en er lendenschorten van maakten", zoals beschreven staat in Genesis 3:7.<sup>45</sup> Hun vijgenboom stond in het vruchtbare tweestromenland tussen de Eufraat en de Tigris, waar de mens zich rond 13.000 v.C. voor het eerst vestigde en het land

in cultuur begon te brengen. Dieren werden gedomesticeerd, letterlijk 'tot huisdier getemd' en wilde planten werden gecultiveerd. Door kruising van geselecteerde en gevangen wilde soorten wist men tamme variaties te fokken en te kweken voor nuttig gebruik als voedsel- en vezelbron. Achtereenvolgens waren dat: linnen uit vlas (*Linum usitatissimum*) in Egypte 10.000 v.C., wol van het schaap (*Ovis orientalis*) in Mesopotamië 8000 v.C., hennep van cannabis (*Cannabis sativa*) in China 5000 v.C., katoen uit de zaden van de katoenplant (*Gossypium*) in India 5000 v.C. (afb. 6) en zijde van de rups (*Bombyx mori*) in China 3500 v.C.

Eeuwenlang werd de zijdeteelt in China geheim gehouden op straffe van de dood. In 552 smokkelde Nestoriaanse monniken eitjes en cocons van de zijderups met moerbeitakken naar Byzantium, waarna de zijdecultuur door de Arabieren verspreid werd in Europa. In 1850 werd de bloeiende Franse zijde-industrie getroffen door een hardnekkige epidemie onder de zijderupsen. Louis Pasteur ontdekte tijdens zijn onderzoek van 1865 tot 1871 dat virale en parasitaire infecties de oorzaak waren, waardoor hij de ziekten kon bestrijden en inzicht kreeg in de factoren resistentie en incubatie bij ziekteontwikkeling.<sup>46</sup> Door de dreigende ondergang van de zijde-industrie werd druk gezocht naar een kunstmatig substituut. In 1855 wist scheikundige Georges Audemars als eerste 'kunstzijde' van cellulose te maken. Dertig jaar later volgde Joseph Swan, die op zoek was naar een gloeidraad voor elektrisch licht. Dankzij Hilaire de Chardonnet werd kunstzijde vanaf 1890 industrieel geproduceerd en daarna rayon genoemd.<sup>47</sup> Zo kwam er alsnog een einde aan de Franse zijdeteelt. Latere half-synthetische vezels zijn bijvoorbeeld melkwol, soja, mais en bamboe. In de twintigste eeuw werden volledig synthetische vezels op basis van aardolie gemaakt, waarvan nylon in 1938 de eerste is. De grondstof, aangevoerd als granulaat, wordt in een spuitgietmachine tot een stroperige massa gesmolten en als bundels filamenten uit een spindop getrokken. De glazen of metalen doppen hebben tot wel 20.000 microscopisch kleine gaatjes.<sup>48</sup>

Midden twintigste eeuw begonnen kunststofcomposieten een hoge vlucht te nemen: glas-, aramide- of bijvoorbeeld koolstofvezels worden ter versterking aangebracht op een matrix van kunsthars op basis van aardolie. Tegenwoordig worden ook vlas, hennep, jute en sisal gebruikt. Composieten bieden een grote vormvrijheid, omdat hars en textiel in iedere gewenste vorm gegoten en geplooid kunnen worden.<sup>49</sup> Composieten worden toegepast in alle sectoren van de industrie.

Dan is er nog metaaldraad, dat al meer dan tien eeuwen voor Christus in brokaatweefsels en borduursels werd toegepast.<sup>50</sup> Eeuwenlang gebruikte men daarvoor met metaal bedekte repen papier of leer of tot garens gesponnen reepjes metaalfolie. Rond 1950 kwamen Lurex garens op de markt: met aluminium gemetalliseerd polyesterfolie of aluminiumfolie met een of twee laagjes polyester. In 1996 ontwikkelde textielvernieuwer Junichi Arai uit staalkabels voor de autobandenindustrie een roestvrijstalen garen bestaande uit bundels van 1700 draden van 12 micron doorsnee: soepel, zacht en glanzend als zijde, oersterk en brandvrij, maar wel loodzwaar (afb. 7).<sup>51</sup> Met al deze typen metaaldraden worden soepele stoffen gefabriceerd in tegenstelling tot de robuuste metaalweefsels die voor industriële, technische en bouwkundige toepassingen worden geproduceerd.



7 Handgeweven monster van roestvrij staal ontwikkeld door Junichi Arai, 1996.

Foto: Loan Oei.

Aan het einde van de vorige eeuw kwam een derde generatie textiel uit het lab: *smart textiles*, sterke staaltjes van kunstmatige intelligentie. Daarvoor werden metaaldraden niet vanwege hun glans, maar om hun stroomgeleidende eigenschap gebruikt. Door elektronica als een sensor, regelaar en aandrijver in textiel te verwerken ontstond een draagbare technologie om stof te laten reageren op omgevingsstimuli.<sup>52</sup> Tegenwoordig wordt slim textiel interdisciplinair ontwikkeld op nanoschaal, waardoor de elektronica onzichtbaar wordt verwerkt. Microcapsules van materialen met een faseovergang (PCM: *phase-change materials*) worden in textielvezels gesponnen of erop gecoat voor temperatuurbeheersing.<sup>53</sup> Het inkapselen van vervormbare geheugenmetalen en legeringen (SMA: *shape-memory alloys*) in garens en geweven stof maakt kleding en interieurtextiel programmeerbaar en geschikt voor reactieve en interactieve prestaties.<sup>54</sup>

Spray-on Fabric, in 2000 gepatenteerd door Manel Torres, is 'textiel uit een spuitbus': textielvezels in een oplossing worden rechtstreeks op het lichaam gespoten en kleven aan elkaar tot een plooibaar kledingstuk dat kan worden gewassen.<sup>55</sup> Een andere manier om onconventioneel 'textiel' te maken is het printen van voorgeprogrammeerde vormen met een computergestuurde 3D-printer. Daarmee creëerde de Nederlandse ontwerper Iris van Herpen haar *3D haute-couture* collectie.

Omdat de conventionele textielproductie zeer milieuvriendelijk is, komen onder de noemer van eco-textiel steeds meer duurzaam geproduceerde stoffen van katoen, hennep en brandnetel op de markt. Er zijn vezels van synthetisch gefabriceerde bio-plastics van volledig plantaardig materiaal zoals maïs en aardappels.<sup>56</sup> PET flessen (polyethyleen tereftalaat) worden gerecycled tot warme, zachte *fleece* stoffen. Allerlei biochemische experimenten komen tot resultaat. In 2005 lanceerde modeontwerper Suzanne Lee 100% chemicaliën-vrije *BioCouture* van dunne laagjes cellulose geproduceerd door bacteriën die zich voeden met suiker in een



- 8 *Architectuur gemaakt van de vroegste textiele materialen: riet en adobe, het eerste composiet avant la lettre. Graanschuren in Ouagadougou, Burkina Faso, 1963. Foto: Don Foresta. Bron: The Eye Transposed op <http://www.mmmarcel.org/theeye>.*

kuip vol groene thee.<sup>57</sup> Carole Collet kweekte in 2012 *Biolace* door plantencellen van bijvoorbeeld basilicum en zwarte aardbeien zo te herprogrammeren dat de wortels in de vorm van een kantwerk groeien.<sup>58</sup> Veel opzien baarde de in Japan ontwikkelde 'onzichtbare' jas van een stof gecoat met microglaskraaltjes, die alleen licht reflecteren in de richting waar het vandaan komt in plaats van het te verstrooien. In wezen wordt de illusie van transparantie gecreëerd door de nieuwe 'metamateriaal'-technologie met ongekende toepassingsmogelijkheden.<sup>59</sup> Het toppunt van nagestreefde illusie is een door Zwitsers ontwikkeld apparaat waarmee men virtuele stoffen kan voelen en uitrekken. De opzet was om blind onderscheid te kunnen maken tussen verschillende stoffen zoals wol, katoen en zijde.<sup>60</sup>



9 'Zwarte tent' van Bedoeïenen, geweven van geitenwol. Bron: <http://www.haremnights.co.uk>.

## 7. Thuis in textiel | 13.000 v.C. eerste nederzettingen

Zorgen voor kleding en behuizing was de eerste overlevingsstrategie van onze voorouders in de wildernis. Gemeenschapszin bracht hen tot gezamenlijke bewoning op vaste plekken. Van holbewoner op zoek naar beschutting elders werd de mens bouwer van zijn eigen woning in de open lucht. Het woord 'architect' komt uit het Grieks en betekent 'meester in het bouwen en het weven'. Dat klopt wel met de evolutie van het stenen huis als permanente woning uit de opvouwbare tent als draagbaar onderkomen.

Voedselverzamelaars gebruikten grassen, plantenstengels en boomtakken. Gevlochten riet vastgebonden aan een stok werd een windscherm, de voorloper van de hut.<sup>61</sup> Rieten huizen en rieten daken bieden nog steeds onderdak aan de Uros-indianen rond het Titicacameer in Bolivia en Peru, de Zoeloe in Zuid-Afrika, plattelanders in Korea en Japan en (heren)boeren in Europa (afb. 8). Jagers gebruikten dierenhuiden en herders in Centraal Azië maakten van de vacht van wilde schapen vilt, de eerste vorm van niet-geweven textiel. Van deze bouwmaterialen worden



10 *Mobiel concertpaviljoen van doorschijnende synthetische stof voor de uitvoering van Bachs solo-werken tijdens het Holland Festival 2010 in de Westergasfabriek, Amsterdam. Ontwerp Zaha Hadid, 2009. Foto: Loan Oei.*

nog steeds tenten gemaakt in streekgebonden vormen. In het Midden-Oosten bedekken jagers-verzamelaars een koepelgeraamte met gevlochten matten en woestijnnomaden doen dat met kamelenhuiden. Indianen in de Noord-Amerikaanse naaldbossen bedekken hun puntige wigwams met de bast van berkenbomen. Die van de grote vlakten hijsen aan elkaar genaaide bizonhuiden over hun kegelvormige tipi's. Tenten in de toendra's rond de Noordpool hebben een puntdak van rendierhuid en ruiten van walrusdarm. De Mongoolse joert is een cirkelvormig, uitschuifbaar hekwerk van wilgenteen, bekroond met een gewelfd dak, bovenop en rondom bedekt met vilt. Voorzien van elektriciteit en een houten vloer lijkt de tent op een huis, dat in een uur kan worden opgezet. Het wijdst verbreid is de zogenaamde 'zwarte tent', een blikvanger in de woestijnen en bergen van Afrika en Azië en bekend uit Bijbelse verhalen. Hij bestaat uit los geweven wollen tentdoek, strak gespannen door hennep tuien. 'Tent' komt van *tendere*, 'spannen' in het Latijn. Nadat de kameel in Arabië was gedomesticeerd, voer dit 'schip van de

woestijn' de nomaden met hun zwarte tent uit hun geboortestreek. 'Arabier' betekent letterlijk 'nomade' en Bedoeïenen noemen zichzelf *ahl el-beit*, 'volk van de tent', en hun tent *beit es-shaar*, 'huis van haar' (afb. 9).<sup>62</sup>

De intrinsieke eigenschappen van geweven stof zijn flexibiliteit en treksterkte en in de architectuur draait alles om de berekening van trek- en drukkracht.<sup>63</sup> Meesters in het vertalen van gebogen en gespannen tentconstructies naar bouwkundige overspanningen door middel van metalen kabels en composieten zijn de architecten Richard Buckminster Fuller (1895-1983) en Frei Otto (1925). Het eerste composiet *avant la lettre* in de bouw is adobe, een mengsel van water, klei en organische materialen zoals stro en mest, waarmee hutten worden gebouwd. Ook gebruikmakend van de akoestische werking van textiel, ontwierp Zaha Hadid (1950) in 2009 een mobiel concertpaviljoen van doorschijnende synthetische stof gespannen over aluminium frames (afb. 10).

Tenten bewijzen nog steeds hun dienst als tijdelijke accommodatie in legerkamp en op de camping, voor tuinparty en reizend circus. Geïmproviseerde vluchtelingtenten, in arren moede in elkaar gezet van lompen, plastic, takken en gebladerte, laten zien hoe architectuur is ontstaan: zonder architect, maar met textiele materialen.

## 8. Netwerken | 4000 v.C. zeil

'Netwerken' is een veel gebezigd werkwoord voor 'relaties aanknopen', een sociaal gedrag dat de mens kenmerkt en tot uiting komt in de handels- en communicatienetwerken die in de loop der tijd tot stand zijn gebracht. In letterlijke zin is een netwerk een vangnet van geknoopt of gebreid touw gemaakt van hennep of vlas, tegenwoordig van polyethyleen, om te jagen op voedseldieren. Met touw verhoogde de vroege mens ook zijn mobiliteit en productiviteit door gedomesticeerde beesten als trek- en lastdieren in te zetten om zich sneller te verplaatsen en goederen te vervoeren. Voor het overbruggen van afstanden over land en water bewezen bomen en andere vegetatiesoorten goede diensten. Hangbruggen werden gemaakt van gevlochten stengels en touw. Over rivieren en meren dreef men op vloten van opgeblazen dierenhuiden of men voer op de stroom in kano's van uitgeholde boomstammen en van aan elkaar genaaide bundels riet of houten planken.<sup>64</sup> Om te navigeren gebruikte men zijn spierkracht met peddels en roeispanen. Maar om de wereld te verkennen moest de zee worden veroverd en daarvoor moest men de wind weten te bespelen. In Egypte werd daarvoor in 4000 v.C. het zeil uitgevonden.

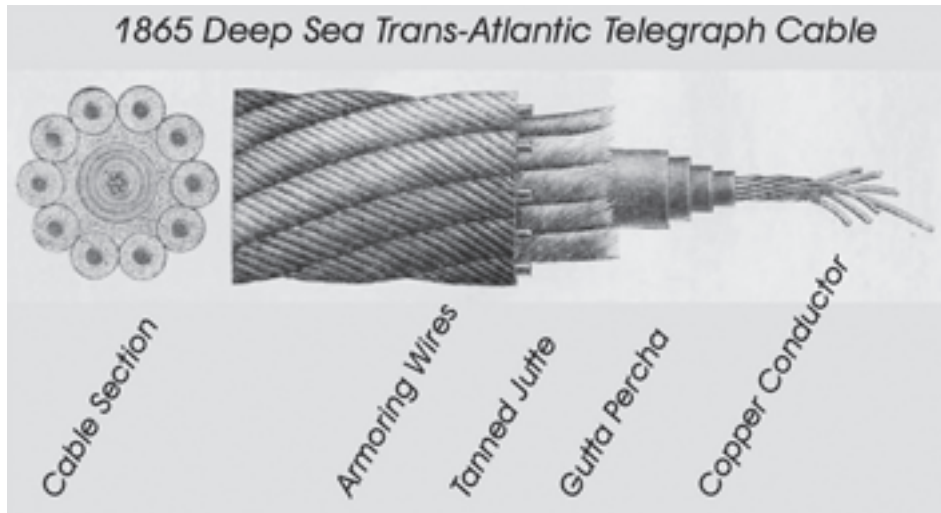
Vele termen uit de scheepvaart herinneren aan hun textiele oorsprong. Het Griekse *histos* betekent zowel 'mast' als 'weefgetouw' en 'weefsel' en *hition* betekent 'zeil'. Canvas is afgeleid van de hennepplant *Cannabis* en 'lijn', de scheepsterm voor touw, komt van *linum*, vlas. Met een log bestaande uit een plankje met een op regelmatige afstanden geknoopt koord, werd de snelheid gemeten. Vandaar dat in de zee- en luchtvaart snelheid wordt uitgedrukt in knopen. De koopman en de wereldreiziger waren nergens zonder het tuigage van de touwslager, de schiemanwerker en de zeilmaker. Gebruikmakend van de halfjaarlijkse moessonwinden dreeven de eerste zeevaarders vanaf 2300 v.C. handel over de Indische Oceaan. Het eerste globale netwerk van handelswegen over land en over zee werd genoemd naar het meest begeerde luxe





11 *De Slag bij Rammekens, 1573. Wandtapijt, atelier Hendrik de Maecht, in opdracht van de Zeeuwse Staten. Collectie Zeeuws Museum, Middelburg.*

product: zijde uit China. De onverzadigbare vraag ernaar gaf in de Romeinse tijd de aanzet tot een toenemende geografische kennis van de wereld.<sup>65</sup> In het tijdperk van de grote ontdekkingsreizen was scheepsbouw de belangrijkste factor die de Europese zeevarende mogendheden naar hun gouden eeuwen leidde.<sup>66</sup> Middellandse-Zeeschepen ondergingen in de vijftiende eeuw revolutionaire vernieuwingen voor betere bestuurbaarheid, grotere stabiliteit en snelheid: ze kregen het driehoekige Arabische latijnzeil achter en het vierkante Noord-Atlantische razeil voor. Met nieuwe scheepsvormen, de kraak en het karveel, ontsloten Portugese en Spaanse ontdekkers uit winstbejag en godsdienstijver de zeewegen naar Afrika en Amerika. Toen de wereld eenmaal was ontdekt, werd ze veroverd met een nieuw type zeilschip, het galjoen, uitgerust met geavanceerd tuigage en geschut. In zeeslagen gaven scheepstechniek en scheepstactiek de doorslag, zo bewezen Nederlandse en Engelse overwinningen op de Spaanse vloot. De Nederlandse strijd ter zee is glorieus verbeeld in een serie wandtapijten, van 1593-1602 geweven in opdracht van de Zeeuwse Staten en te zien in het Zeeuws Museum in Middelburg (afb. 11).<sup>67</sup> Gedreven door geldzucht en expansiedrift streden Europese handelscompagnieën om de hegemonie over de handelswegen naar Azië, Afrika en Amerika. De Verenigde Oost-Indische Compagnie, in 1602 opgericht voor de specerijenhandel tussen Europa en Azië, bouwde een omvangrijk handelsnetwerk op dat zich uitstreekte van Arabië tot China. Een nieuw type driemaster, het spiegelretourschip, was de trots van de koopvaardijvloot. Van de bemanning moest iedere nieuwe matroos zijn eigen hangmat maken. Als hij onderweg bezweek, werd zijn lijk door de zeilmaker met rijgsteken daarin vastgenaaid en verzwaard met stenen of kanonskogels overboord gegooid.<sup>68</sup> Behalve specerijen vervoerden de schepen ook Indiaas textiel als ruilmiddel in het intra-Aziatische handelsverkeer en als retourlading naar Europa.<sup>69</sup> Het assortiment



12 Samenstelling van de Trans-Atlantische Telegraafkabel, 1865. Bron: <http://www.atlantic-cable.com>.

bestond uit ruwe floszijde en zijden stoffen, beschilderde en bedrukte katoen (onder andere sits), zowel ongebleekte als gebleekte geweven katoen, geruit, gestreept en gefigureerd.<sup>70, 71</sup> Katoen was een noviteit voor het linnen en wol producerende Europa. Vandaar uit werd fluweel, laken, goudbrokaat en damast naar Perzië en Japan geëxporteerd.<sup>72, 73</sup> Toen de Indiase sitsen in de achttiende eeuw een rage werden, overtrof de handel in textiel die van peper en andere specerijen. De West-Indische Compagnie raakte door haar kaapvaart van 1637 tot 1808 verzeild in de Trans-Atlantische driehoekshandel tussen Europa, Afrika en Amerika. Daarbij werd textiel van Indiase en Europese makelij geruild tegen Afrikaanse slaven, ivoor en peper. Deze zogenaamde 'guineedoeken' of 'negroskleeden' waren effen of indigoblauw gestreepte en geruite katoenen weefsels. De slaven op hun beurt werden verkocht aan de plantagehouders in Amerika en de schepen brachten ruwe katoen, suiker en tabak of ballast terug naar Europa.<sup>74</sup> De opening van het Suezkanaal in 1869 en de opkomst van de stoomboot betekende het einde voor het zeilschip in de internationale zeevaart en het begin van de zeilsport.<sup>75</sup>

In datzelfde tijdperk werd communicatie over lange afstand mogelijk zonder je fysiek te hoeven verplaatsen toen na vele tegenslagen op de bodem van de Atlantische Oceaan het eerste intercontinentale communicatienetwerk werd aangelegd. De Trans-Atlantische telegraafkabel was het resultaat van relatienetwerken op het hoogste niveau onder leiding van de Amerikaanse zakenman Cyrus Field. Na tal van experimenten was de kabel in 1865 samengesteld uit een kern van zeven geleidende koperdraden, omwikkeld met vier lagen guttapercha (een rubberachtig natuurproduct), geïsoleerd door geteerde hennep, daaromheen versterkt met tien staaldraden, ieder gewikkeld in geïmpregneerde hennep (afb. 12).<sup>76</sup> Door deze kabel werd informatie via morsecodes doorgeseind tussen Groot-Brittannië en Noord-Amerika. Elek-

trische telegrafie is de voorloper van ons digitale netwerk, waarbij informatie via onderzeese glasvezelkabels elektronisch wordt verzonden. De kern van de glasvezel heeft een doorsnee van 8 tot 10 micron en de mantel eromheen van 125 micron.<sup>77</sup> Tegenwoordig communiceren we ook draadloos via elektromagnetische straling van satellieten. Internet is het ultieme netwerk dat vanaf de jaren 1990 alle computernetwerken van de hele wereld met elkaar verbindt. Tim Berners-Lee, de uitvinder van het *World Wide Web*, ziet internetgebruikers als “draden die de wereld samenhouden” en het globale web als “een uitbreiding van het menselijk brein”,<sup>78</sup> ons neurale netwerk.

### 9. Wat het wiel aan het rollen bracht | 3500 v.C. wiel

Na de uitvinding van de vuistbijl<sup>79</sup> circa 1.800.000 v.C. door de *Homo erectus* wordt de uitvinding van het wiel door de *Homo sapiens* beschouwd als de volgende technologische mijlpaal in de prehistorie. Het horizontale pottenbakkerswiel was er eerder dan het verticale transportwiel<sup>80</sup> en bestaat uit een vliegwiel, as en draaischijf. Decoratieve afdrukken van gedraaid touw in klei en handgevormd aardewerk tonen aan dat spinnen lang voor het pottenbakken op een draaischijf in zwang was.<sup>81</sup> Spinnen is het maken van een draad door tegelijkertijd te trekken en te draaien aan een plukje vezels. Dat kan door de vezels tussen handen of vingers te rollen of over het dijbeen.<sup>82</sup> Rond 10.000 v.C. werd het eerste spingerei uitgevonden: een spinrok(ken), een stokje voor de ongesponnen vezels, en een spintol, een spil verzwaard door een doorboord schijfje of klosje. Dit gewichtje werkt als een vliegwiel en maakt van het gereedschap een tol. Het revolutionaire aan deze uitvinding is dat in het vliegwiel kinetische energie wordt opgeslagen, waardoor een draaiende beweging in één richting in stand wordt gehouden.<sup>83</sup> Niet voor niets heet de continue draaiing van planeten en elementaire deeltjes om hun eigen as ‘spin’. Minder gebruikelijke benamingen van spinrokje, spintol en spinrokken zijn respectievelijk wervel, konkel en kluts.<sup>84</sup> In hun werkwoordsvorm ligt de betekenis van draaien besloten. Met de boogboor werd 35.000 v.C. het eerste draaiende gereedschap – in twee richtingen heen en weer – uitgevonden, waarmee men vuur kon maken en gaatjes boren om naalden, kralen en spinrokjes te maken. Uit het principe van de spintol kwamen alle roterende werktuigen voort.<sup>85</sup>

Rond het begin van de jaartelling werd in India de *charka* voor katoenspinnen uitgevonden: een groot handrad waarmee een spil aan het draaien wordt gebracht.<sup>86</sup> In middeleeuws Europa ontwikkelden zich verschillende modellen handwielen voor het spinnen van linnen en wol. Een spinmachine voor hennep werd in China al begin veertiende eeuw wijd en zijd gebruikt.<sup>87</sup> Sinds de invoering in 1525 van het Saksische vleugelspinnewiel met voetaandrijving kon ononderbroken gesponnen worden. Het verscheen in alle maten en soorten over de gehele wereld en zou een boze rol gaan spelen in menig sprookje van de gebroeders Grimm.

Begin achttiende eeuw gaf de explosieve vraag naar katoenen stof in Europa de aanzet tot de mechanisering van handgestuurde spintoestellen, waarmee de Industriële Revolutie werd ingeluid. Na John Kay's uitvinding in 1733 van de snelschietspoel volgden patenten voor een groot aantal textielmachines elkaar in rap tempo op; ze gingen niet lang mee. De eerste spinmachine met walsenrek van Lewis Paul en John Wyatt van 1738 kon wel continu draaien op



13 Houtgravure van de katoenontpitter, in 1793 uitgevonden door Eli Whitney. Harper's Weekly, 18 december 1869.

paardenkracht, maar raakte snel in onbruik en vergetelheid.<sup>88, 89</sup> Gepatenteerde ontwerpen die ondanks hun korte gebruiksduur de geschiedenisboeken haalden, zijn: de handgedreven *Spinning Jenny* van James Hargreaves voor wollen inslagarens in 1764, Richard Arkwright's *Waterframe* voor scheringdraden van 1769, dat dreef op waterkracht, en de *Spinning Mule* van Samuel Crompton uit 1789, een kruising van beide voorgaande. Door de toenemende garenproductie kwamen vanaf 1820 kaart-, weef- en breimachines letterlijk op stoom, nadat Edmund Cartwright in 1789 de verbeterde versie van zijn eerste *Powerloom* (patent in 1785) 'onder stoom' had gebracht. Zo kwam een massaproductie van katoenen stof uit de fabrieken rollen, waardoor de katoenprijzen daalden en de vraag steeg.

Omdat India, tot dan de grootste producent van katoen, niet meer aan de enorme vraag kon voldoen, breidden de katoenplantages in de Britse kolonies op het Noord-Amerikaanse continent zich uit. Deze maakten zich tijdens de Amerikaanse revolutie (1775-1783) als zuidelijke staten onafhankelijk en George Washington werd in 1789 hun eerste president. Op de slavenplantages van zijn landgoed Mount Vernon in Virginia verbouwde Washington behalve granen ook katoen, hennep en vlas.<sup>90</sup> Hij hield er zelfs schapen op na en zette in een spinhuis meer dan tien vrouwen continu aan het spinnen en het breien.<sup>91</sup> De katoenvezel scheiden van de zaden was zware en intensieve slavenarbeid. Dat proces werd spectaculair versneld door de *cotton gin*,

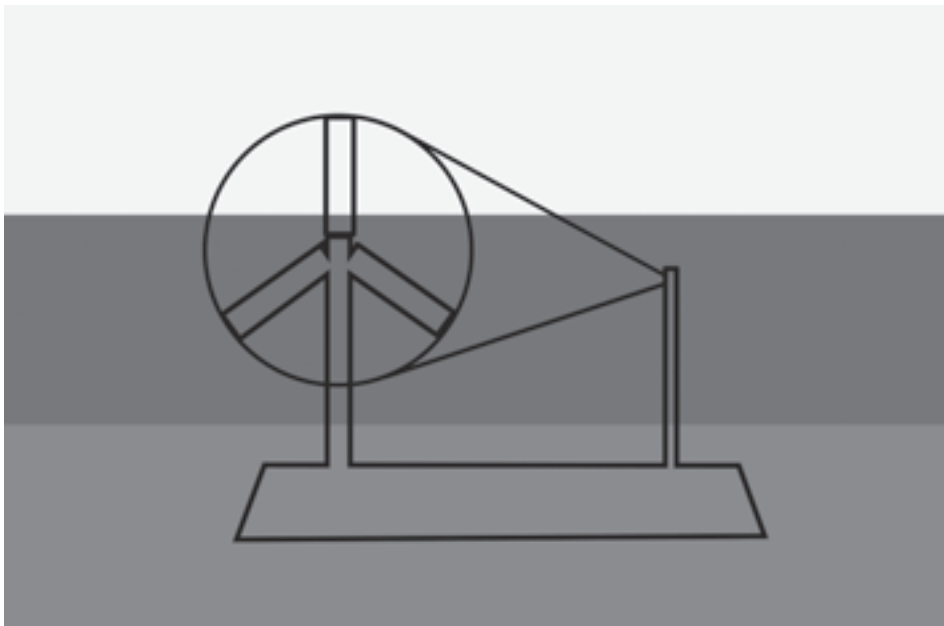
een uitvinding van Eli Whitney in 1793 (afb. 13). Zijn ontwerp van houten cilinders was geïnspireerd op de primitieve katoenzaadmangel uit India, eveneens *charka* genaamd, het Sanskriet voor 'wiel'.<sup>92</sup> De ontpitmachine verlichtte weliswaar de katoenpluk, maar werkte de slavernij juist aanzienlijk in de hand. Acht jaar na de invoering van de katoenontpitter was de katoenproductie 25 keer, en in 1820 ruim 90 keer zo groot.<sup>93</sup> Tegenover het agrarische zuiden stond het geïndustrialiseerde noorden van Amerika, waar in 1790 de Engelsman Samuel Slater de eerste spinnerij had opgezet in Rhode Island.<sup>94</sup> De textielmachinerie van de Industriële Revolutie werd door Francis Cabott Lowell dankzij zijn fotografische geheugen Amerika binnengesmokkeld.<sup>95</sup> Het conflict over de slavenarbeid werd de inzet van de Amerikaanse Burgeroorlog en leidde tot de afschaffing van de slavernij in 1865.

Vlak daarvoor, in 1858, kwam India onder de Britse kroon. Het van oudsher katoen exporterende land had zo te lijden van de Westerse katoenindustrie, dat het gedwongen werd katoen te importeren. De in Londen afgestudeerde rechtenstudent Mahatma Gandhi keerde tiptop gekleed als *gentleman* terug naar zijn geboorteland. Hij werd de politieke leider die India zou bevrijden van het Britse juk. In de jaren 1920 liet hij een doos met een opvouwbaar spinnenwiel, *doebta*, ontwerpen ter verspreiding onder de bevolking.<sup>96</sup> Dit draagbare spinnenwiel gebruikte Gandhi in zijn vrijheidsstrijd als symbool voor zijn boycot van de Engelse katoen en daarmee propageerde hij het handspinnen en handweven met inheemse katoen (afb. 14).<sup>97</sup> Tijdens zijn campagne gaf hij het voorbeeld door in het openbaar te spinnen en in steeds simpeler Indiase dracht van *khadi*, handgeweven Indiase katoen, te verschijnen op het internationale politieke toneel. Gewikkeld in *the fabric of freedom* leidde hij India in 1948 naar de onafhankelijkheid. *Khadi* werd de verplichte stof voor de Indiase vlag waarop de *charka* prijkte als embleem (afb. 15). Later werd het spinnewiel vervangen door de *Asoka chakra*, het 'wiel van de wet'.<sup>98</sup>

## 10. Van kapitaal belang | 1100 lakennijverheid

'Rags make paper, paper makes money, money makes banks, banks make loans, loans make beggars, beggars make rags.' Deze anonieme uitspraak uit de achttiende eeuw over de kringloop van textiel werd gedaan in het tijdperk waarin papieren bankbiljetten gemaakt van lompen in het Westen het standaard betaalmiddel waren geworden. In China gebeurde dat al in het begin van de tiende eeuw.<sup>99</sup> Geld is voortgekomen uit de (ruil)handel en de landbouw waarbij betaalmiddelen en belastingafdrachten bestonden uit veel gevraagde waardevolle zaken zoals vee, graan, zout, (edel)metalen en textiel. In het oude China dienden zijden stoffen als soldij,<sup>100</sup> later kon men er ook zijn belasting mee betalen.<sup>101</sup> In Afrika betaalde men met standaardlengtes geweven katoen en in de Zuidzee-eilanden met ongedragen raffiakleding.<sup>102</sup> Door gebrek aan metalen voor het slaan van munten zijn bankbiljetten ontstaan uit schuldbekentenissen en kredietverleningen geschreven op papier gemaakt van katoen, linnen of andere textielvezels.

Als gevolg van de bevolkingsaanwas en de opkomst van de steden ontwikkelde de landbouweconomie zich in de middeleeuwen tot een handelseconomie. Deze sociaal-economische transformatie tussen de elfde en dertiende eeuw werd in gang gezet door drie revolutionaire veranderingen in de textieltechniek: de vervanging van het verticale weefraam door het hori-



- 14 *Mahatma Gandhi aan het spinnen op de charka, het aloude Indiase spinnewiel, eind jaren 1920. Bron: <http://www.gandhiserve.org>.*
- 15 *Eerste, door Gandhi goedgekeurde ontwerp voor de Indiase vlag met het Indiase spinnewiel als embleem, 1921. Bron: <http://www.crwflags.com/fotw/flags/in-hist.html>*

zontale schachtengetouw met een ketting- en een doekboom en met trappers, de introductie van het vleugelspinnewiel met treeplank en de door waterkracht aangedreven volmolen voor het vervilten van lakenstof.<sup>103</sup> Het horizontale getouw werd bediend door mannen; zij konden daarmee langere en bredere stoffen weven, en wel driemaal sneller. Met het vleugelspinnewiel kon ononderbroken, dus sneller gesponnen kon worden. De volmolen nam het zware lichamelijke werk van de vollers over en maakte een grotere productie mogelijk. Door deze zogenoemde 'industriële revolutie in de dertiende eeuw' veranderde de Europese wolnijverheid in een lakenindustrie gericht op een internationale markt, de 'draperie'.<sup>104</sup> Engeland ging van graanteelt over op de schapenhouderij om de meer winstgevende wol te produceren.<sup>105</sup> Daardoor veranderde het akkerlandschap in omheinde weiden, waar onder de hoede van Cisterciënzer lekenbroeders de beste kwaliteit wol ter wereld werd voortgebracht.<sup>106,107</sup> De wol werd met name geëxporteerd naar de Lage Landen om tot laken te worden verwerkt.<sup>108</sup> Tot 1400 was Vlaanderen het centrum van de lakenproductie, waarna het zwaartepunt zich verplaatste naar Holland. Leiden was de eerste lakenstad die het hele productieproces van zestien deelbewerkingen onder streng toezicht organiseerde in aparte gilden (afb. 16). Grote groepen ambachtslieden werkten in opdracht van een ondernemer, de drapenier, die het hele productieproces en de verkoop van grondstoffen, halffabricaten en eindproducten beheerste.<sup>109</sup> In deze verregaande arbeidsdeling en specialisatie tekent zich het ontluikende kapitalisme af. Italië, met name Florence, richtte zich vooral op de textielveredeling – verven, scheren, persen – en werd leidinggevend door van de reizende koopman een sedentaire koopman-bankier met internationale vestigingen te maken.<sup>110</sup> De bloei van deze Renaissance-stad was gebaseerd op drie fundamenten: handel in textiel, de textielindustrie en het bankwezen.<sup>111</sup> Textielondernemers werden steeds rijker en machtiger en vormden een nieuwe elite, waarvan het geslacht van De Medici het meest tot de verbeelding is gaan spreken. Transacties als geld wisselen, krediet, rente, deposito en de dubbele boekhouding werden in Europa voor het eerst geïntroduceerd in de textielbranche, maar ze bestonden al in het pre-islamitische Midden-Oosten, India en China.<sup>112</sup>

De Industriële Revolutie van de achttiende eeuw maakte van handelsondernemers industriële ondernemers die grote kapitaalinvesteringen deden in fabrieksgebouwen, machinepark en arbeid. Technologische innovaties joegen de massaproductie op tegen hogere winsten en lagere kosten, terwijl van thuiswerkers en kinderen fabrieksarbeiders werden gemaakt. Gedreven door angst voor inkomensverlies en woede over de miserabele werkomstandigheden sloegen grote scharen thuiswerkers en fabrieksarbeiders begin negentiende eeuw bij nacht en ontij brei- en weefmachines kort en klein. Onder de naam Luddieten gingen deze oproerlingen de geschiedenisboeken in als niet meer dan een voetnoot. Maar *De toestand van de arbeidersklasse in Engeland*, wereldkundig gemaakt door het gelijknamige boek van Friedrich Engels in 1845, sloeg in als een bom. Deze zoon van een welgestelde Duitse katoenfabrikant werd op 22-jarige leeftijd naar Manchester gestuurd om in de garenfabriek van zijn vader te werken. Zijn diepe verontwaardiging over de misstanden in de textiel fabrieken resulteerde twee jaar later in het bewuste boek, waarin Engels het textielbedrijf indringend beschreef, inclusief hoofdstukken over kinderarbeid, huisvesting, kleding, voedsel en gezondheid.<sup>113</sup> Daardoor is dit boek niet



16 *De lakenbereiding in zestien taferelen, ca. 1760. Anoniem Noord-Nederlands, tweede helft achttiende eeuw. Inv.nr. 2292, doek 152,9 x 104,3 cm, met lijst 169 x 121 cm. Collectie Centraal Museum, Utrecht; aankoop, 1887, Image & copyrights CMU.*



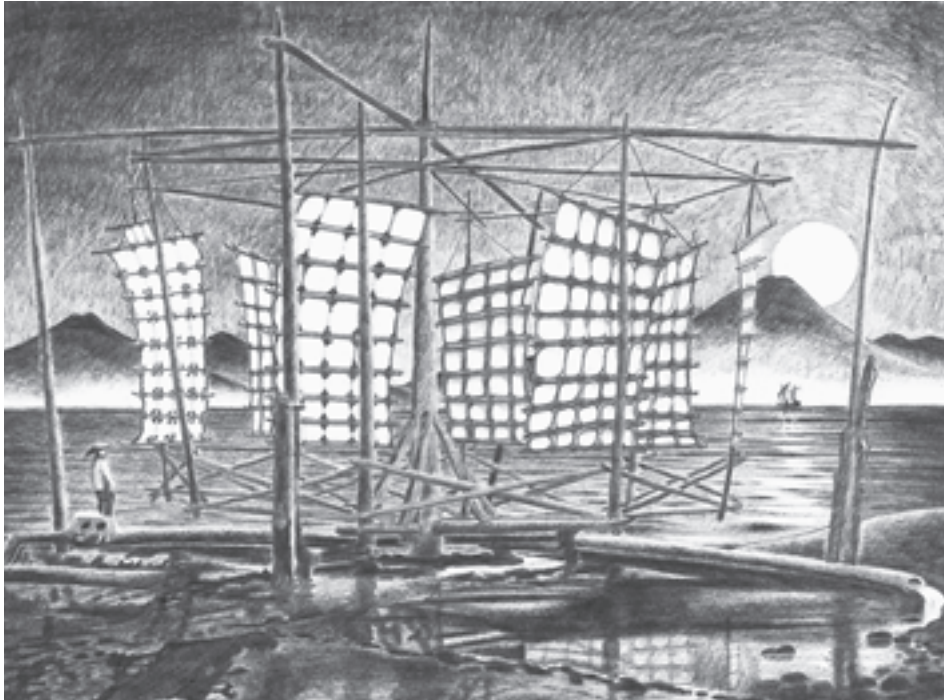
alleen voor de sociale wetenschappen, maar ook voor de textielgeschiedenis een onmisbare informatiebron. Dat geldt eveneens voor *Das Kapital* van Karl Marx, die voor het eerst arbeid kapitaliseerde. In het eerste hoofdstuk van deel 1 over kapitaalvorming tijdens een productieproces filosofeert en theoretiseert Marx over de waardebeoordeling van de “in waren belichaamde arbeid” aan de hand van “de jas” en “10 el linnen”.<sup>114</sup> Over de vorming van meerwaarde verderop in het boek neemt hij als voorbeeld “garen, 10 pond katoen en het spinnewiel”.<sup>115</sup> Deze auteurs zetten met hun boeken de arbeidersbeweging in gang, brachten ‘s werelds eerste vakbonden van spinners en wevers voort<sup>116</sup> en ontketenden een sociale revolutie, die de wereld in twee machtsblokken zou splijten.

Na de opheffing van het IJzeren Gordijn zijn utopische idealen in rook opgegaan en zette het proces van globalisering door. Daarin is textiel een grote factor geweest.<sup>117</sup> Vanaf eind negentiende eeuw namen couture, confectie en subcultuur textiel mee op het ritme van commerciële modetrends. Behalve dat kleding met echte of nep slijtagesporen in de mode kwam, is er een levendige internationale handel in lompen en tweedehandskleding. Massaconsumptiegoederen als spijkerbroeken en T-shirts zorgen, van katoenplantage tot verkooppunt, wereldwijd voor werkgelegenheid, die al dan niet gepaard gaat met uitbuiting. In *sweatshops* van de opkomende economieën kunnen misstanden tot fatale ongelukken leiden, waarvan de ramp in Bangladesh april 2013 een schrijnend voorbeeld is. Ironisch genoeg verhuisden de Chinezen eind twintigste eeuw hun goedkope textielarbeiders naar Prato, een middeleeuwse textielstad nabij Florence, waar zij in de voetsporen van de lakenfabrikanten traden. Deze migratie betekende evenwel ‘de Chinezen hun brood, de Italianen hun dood’.<sup>118</sup>

## 11. Aarde scheppen / 1530 landwinning

‘*God created the world, but the Dutch created Holland*’, aldus een Engels gezegde. Mythe of werkelijkheid? Mijn antwoord is ‘cultureel erfgoed’ met inbegrip van het textiele erfgoed. Want om land te winnen, moet je ook het water overwinnen en voor beide heb je geotextiel nodig, de verzamelnaam voor weefsels en folies die in de aardbodem worden toegepast voor wapening, filtering en drainage.<sup>119</sup>

Door zijn geografische ligging en bodemgesteldheid heeft Nederland zich vanaf de zeventiende eeuw verdedigd tegen zee- en rivierfloeden door middel van het opwerpen van terpen en dijken.<sup>120</sup> Kust en rivieroevers werden versterkt met zogenaamde zinkstukken, handgevlochten matten van wilgentenen en -twijgen (ook rijshout genaamd) verzaaid met stenen, die de bodem onder water beschermen tegen erosie als gevolg van stroming. Tot in de middeleeuwen behoorden dijkbouw en -onderhoud tot de gemeenschapsplichten van de bevolking en zorgden met name Cisterciënzerkloosters voor dijklegers van lekenbroeders (van dezelfde orde als de Engelse schapenhouders).<sup>121</sup> Maar dijken veroorzaken daling van het grondwaterpeil en stijging van de zeespiegel, waardoor de omvang van watersneden steeds groter wordt.<sup>122</sup> Voor het lozen van overtollig polderwater deed rond 1500 de windmolen zijn intrede. Die was overigens al vóór onze jaartelling in China en Perzië uitgevonden om landbouwgrond te irrigeren, de vroegste toepassing van windenergie (afb. 17). In de loop van de zestiende eeuw werden molens



17 *Veertiende-eeuwse Chinese windmolen met bamboe jonkzeilen die water naar de rijstvelden pompt. Potloodtekening Carl von Canstein.*

ook ingezet voor het leegpompen van binnenmeren. Vanaf toen verdedigde Nederland niet alleen zijn land tegen het water, maar begon van water land te maken, terwijl andere Europese landen hun territorium uitbreidden op verre continenten!<sup>123</sup> De zeventiende-eeuwse plannen van ingenieur Hendrik Stevin om de Zuiderzee vanwege regelmatige dijkdoorbraken en verzilting af te sluiten, werden in de negentiende eeuw uitvoerbaar met stoomwerktuigen.<sup>124</sup> Hoewel de Zuiderzeewerken pas in 1975 werden voltooid, was de opening van de Afsluitdijk in 1933 een hoogtepunt. De dijk werd gefundeerd op zinkstukken, de eeuwenoude methode die tot op vandaag gangbaar is (afb. 18). Bij watersnoodrampen werden met juten zandzakken nooddijken gebouwd. De Watersnoodramp van 1953 was de aanleiding voor de versnelde uitvoering van de Deltawerken. Voor het eerst werd toen geotextiel van geweven kunststof toegepast. De nylon zinkmatten werden eerst nog met de hand geweven en leidden tot de Nederlandse industrie – de eerste in de wereld – van *geosynthetics* (afb. 19).<sup>125</sup> De Oosterschelde stormvloedkering was de apotheose van de Deltawerken, waarvoor de zeebodem diepgaand werd verstevigd (1980-1986). Na vervanging van de sliblaag door zand en samenpersing van de zandkorrels tot op vijftien meter diepte, werden drie geweven matraslagen op de bodem gelegd. De fundering was van polypropyleendoek versterkt met staalkabels, daarop kwamen drie lagen van zand, fijn en grof grind, van elkaar gescheiden door weefsels van respectievelijk polyamide, polyethyleen



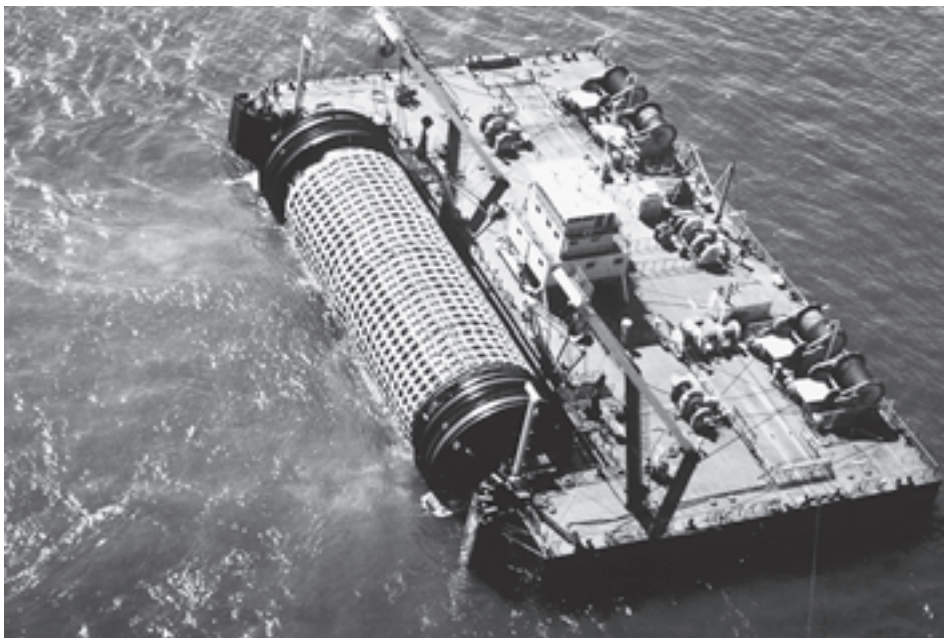
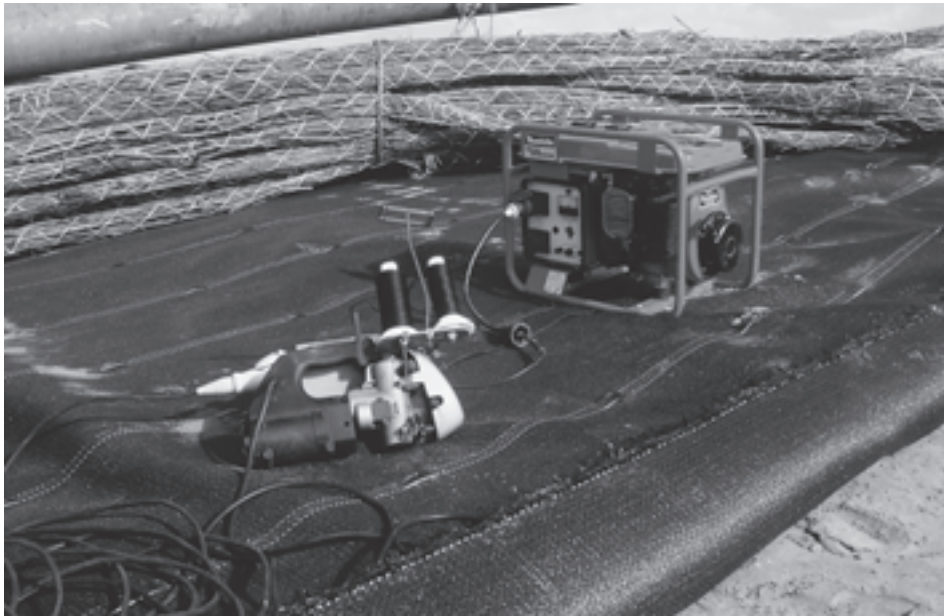
18 Een zinkstuk met stortstenen in de maak voor de Afsluitdijk. Foto: Historisch Archief van periode 1900-1960. Inv.nr. RWS\_3558. Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat / Afdeling Multimedia Rijkswaterstaat.

en een met een polyamide schering en een polyester inslag. Dit alles werd bedekt met een betonblokkenmat van geweven polypropyleen. Tezamen vormen deze lagen de moderne versie van de oude rijshoutconstructie (afb. 20).<sup>126</sup> Sindsdien wordt de bodem onder onze autowegen, tram- en spoorbanen en vuilstortplaatsen gestabiliseerd met funderingen van allerlei soorten textiel.<sup>127</sup>

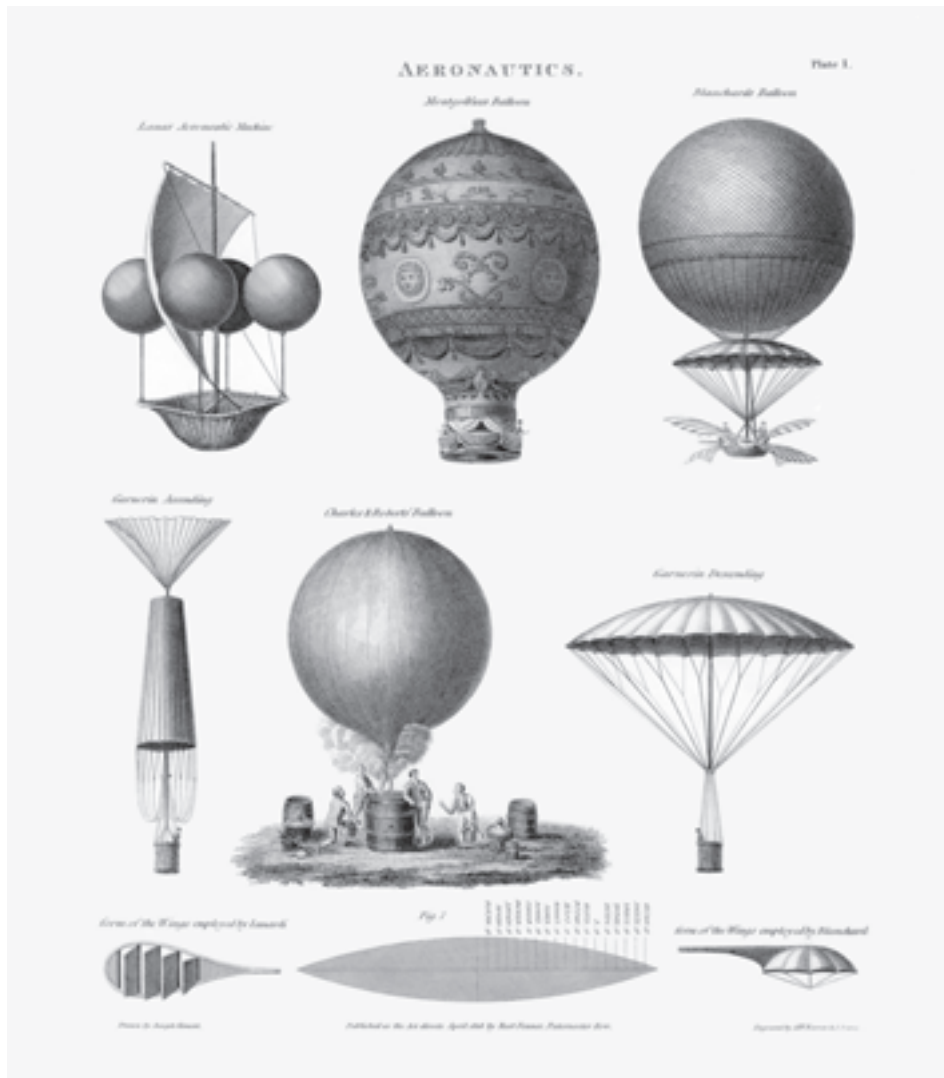
Uit nood geboren in Nederland, wordt geotextiel tegenwoordig wereldwijd ingezet. Zo werd de luchthaven van Hong Kong in 1998 gebouwd op een kunstmatig eiland waarvoor meer dan zeven miljoen vierkante meter geotextiel nodig was.<sup>128</sup>

## 12. In hogere sferen | 1783 ballonvlucht

Voor de luchtvaart is textiel even doelmatig als voor de zeilvaart, omdat het de natuurkrachten benut om energie te produceren<sup>129</sup> en de wet van Archimedes geldt voor voorwerpen in het water en in de lucht.<sup>130</sup> Voordat men wist dat lucht uit een mengsel van gassen bestaat, poogde men te vliegen als een vogel ('aviatiek' van *avis*, Latijn voor vogel) door zichzelf vleugels aan te meten



- 19 *Delen van een zinkstuk op synthetisch geotextiel met hechtmachine, Philipsdam, Deltawerken, 1983. Collectie Rijkswaterstaat, inv.nr. DWW\_400063. Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat/DD.*
- 20 *De mattenlegger Cardium legt betonblokkenmatten voor de stormvloedkering in de Oosterschelde op de bodem van de zee, 1983. Collectie Rijkswaterstaat, inv.nr. Mattenlegger Cardium – 004. Bron: <https://beeldbank.rws.nl>, Rijkswaterstaat.*



- 21 De eerste ballonontwerpen, v.l.n.r. eerste rij: het luchtschip van Lana; de ballon van de gebr. Montgolfier; de ballon van Blanchard; tweede rij: de parachute van Garnerin voor het stijgen en dalen en daartussenin de ballon van Charles & Roberts tijdens het opblazen; derde rij: de vleugels van Lunardi en die van Blanchard. Tekening Joseph Clément, gravure A.W. Warren, 1818. Bron: United States Library of Congress's Prints and Photographs division, ID cph.3a17987.

van bamboe of hout bedekt met dicht geweven zijden of linnen stof, in toestellen zwaarder dan lucht. In 1783 kwam de mens voor het eerst van de grond in een toestel *lichter* dan lucht: de heteluchtballon van papier bekleed met linnen van de gebroeders Montgolfier, *voortgedreven* door de wind. Een eeuw later werd het aluminium skelet van sigaarvormige zeppelins bekleed



22 Detail van de linnen vleugels van Anthony Fokkers Spin uit 1938, tentoongesteld in de St. Bavokerk, Haarlem, 2011. Foto: Loan Oei.

met stof, gevuld met waterstof en voorzien van motoren om te stijgen en te besturen; ze *voeren* als een schip in de lucht ('aeronautiek' van *navis*, Latijn voor schip) (afb. 21). Het grondbeginsel van de moderne luchtvaartwetenschap werd herontdekt door George Cayley in de werking van de vlieger, een speeltuig van bamboe en zijde, 2800 jaar geleden in China uitgevonden.<sup>131</sup> Als 'de vader van de luchtvaart' paste Cayley in 1804 het principe van aerodynamica toe in zijn vliegermodel met vaste vleugel, de *Glider*, die *gleed* door de lucht. Otto Lilienthal bewees dat *zweven* met een toestel *zwaarder* dan lucht mogelijk was, al kostte hem dat in 1896 zijn leven. Zijn zweefvliegtuig bestond uit wilgentakken bekleed met in was gedrenkte fijne katoen (*shirting*). Hierdoor geïnspireerd ontwikkelden de gebroeders Wright in 1903 het eerste gemotoriseerde vliegtuig, de *Flyer*, met vleugels van dennenhout, diagonaal bespannen met katoenen mouseline.<sup>132</sup> Weliswaar zonder wielen noch stoel, met slechts een wollen draad wapperend in de

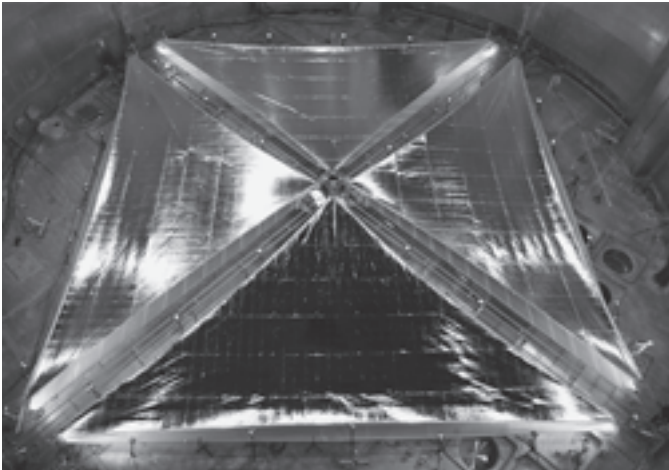
luchtstroom om aan te geven of ze rechtuit dan wel zijwaarts *vlogen*.<sup>133</sup> De motor opende het tijdperk van de luchtvaart. Anthony Fokker introduceerde in 1910 zijn eerste propellervliegtuig *Spin*, een constructie van hout, staal en bamboe met vleugels van lers linnen (afb. 22).

In de luchtvaarttechniek draait alles om gewicht en zwaartekracht. Na de Eerste Wereldoorlog werden hout en doek vervangen door metalen rompen en vleugels in allerlei samenstellingen.<sup>134</sup> Voor de nadelen van metaal – arbeidsintensief laswerk, kinetische verhitting, metaalmoetheid en corrosie – boden composieten het alternatief.<sup>135</sup> Vanaf de jaren 1960 bestaan passagiers-, transport- en gevechtsvliegtuigen grotendeels uit composieten van glas-, koolstof- en aramidevezels. Integraal in vorm gebracht en gefixeerd met een kunstharlaminaat krijgt het ultralichte eindproduct de gewenste stijfheid en sterkte. Op straalmotoren *jagen* vliegtuigen sindsdien door de lucht, maar dat was de mens nog niet snel en ver genoeg.

De verovering van de interplanetaire ruimte werd een wedijver tussen Amerika en de Sovjet-Unie en creëerde het nieuwe beroep van ruimtevaarder. Voor de eerste bemande maanvluchten moest revolutionair textiel ontwikkeld worden dat bestand is tegen een mensvijandige omgeving. Het verlaten van de aardse dampkring, blootstelling aan UV-straling, extreme temperaturen en het verlies van zwaartekracht vereisten dat de beschermende en isolerende werking van textiel tot het uiterste werd opgevoerd.<sup>136</sup> Zo werd de generatie 'intelligent textiel' geboren. De maanlander werd geïsoleerd met stof die temperaturen tussen 120 °C boven en 150 °C onder nul kan weerstaan. Voor het astronautenpak gaf de NASA de firma Playtex, fabrikant van bh's en korsetten, de opdracht vanwege zijn expertise in het maken van nauwsluitend, soepel, licht en ventilerend ondergoed van geperforeerde latex met een laag katoen. Playtex had zich daarin gespecialiseerd toen de wespentaille van Christian Dior's *New Look* mode werd. Het resultaat was een ruimtepak van 21 lagen ultrasterke en slimme materialen, op Singer naaimachines aan elkaar gezet, dat ultieme mobiliteit en gerief bood aan de eerste Apollo-astronauten (afb. 23). Zij sliepen echter in 1969 nog wel in een hangmat, net als eertijds VOC-matrozen.<sup>137</sup>

Ballonvaarder Andrew Garnerin bedacht voor een veilige, vertraagde en zachte landing op aarde in 1797 een canvas sportparachute. Vanaf de jaren 1930 werd het moderne, ronde model ontwikkeld voor militaire doeleinden. Eerst gemaakt van zijde en tegenwoordig van synthetisch materiaal zoals nylon, polyester of polyetheen, geweven in de linnenbinding en nog steeds op vrijwel dezelfde wijze geconstrueerd. Bij bemande ruimtevluchten landt de capsule in zee en blijft drijven op een opgeblazen rubberen kraag, waarna de ruimtevaarders overstappen in een rubberen of canvas sloep.

Voordat astronomisch onderzoek door middel van satellieten werd verricht, werden voor observaties van bijvoorbeeld röntgenstraling buiten ons zonnestelsel reusachtige ballonnen van 70 meter doorsnee van flinterdunne polyetheen gebruikt. Met zo'n met helium gevulde ballon werd een telescoop aan een parachute naar de rand van de aardatmosfeer op 50 kilometer hoogte gestuurd.<sup>138</sup> Tegenwoordig worden ruimtesondes uitgerust met voorwerpen van allerlei soorten textiel, zoals de luchtzakken geweven met de kunstvezel Vectran van de *Pathfinder* voor een zachte landing op Mars,<sup>139</sup> zonneschermen van keramisch doek als hitteschild voor de *Messenger*<sup>140</sup> en zonnezeilen van koolstofvezel die fotonen opvangen om ruimtevaartuigen aan te drijven (afb. 24).<sup>141</sup>



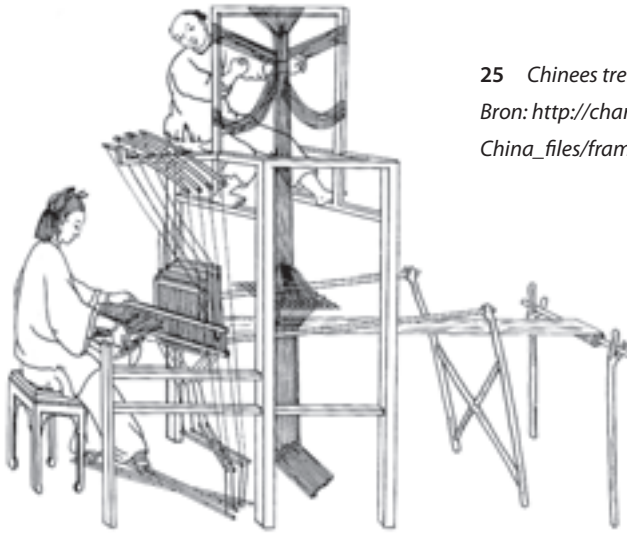
**23** In opdracht van de NASA ontwierp Playtex, fabrikant van damesondergoed, de ruimtepakken van de eerste Apollo astronauten. Foto's: Gjon Mili voor Life 1951 en New York Times, PNG Archive 1969.

**24** Een zonnezeil van met aluminium ge-coate PET folie wordt getest door de NASA, 2005. Foto: NASA/Marshall Space Flight Center.

### 13. Informatie weven | 1803 jacquardgetouw

De ruimtevaart kwam tot ontwikkeling aan het begin van het digitale tijdperk, dat in 1943 werd ingeluid door de eerste elektronische computers waarmee de Britten probeerden geheime Duitse berichten te decoderen. Maar digitalisering ontsproot bij de uitvinding van het jacquardgetouw, dat is uitgerust met een toestel voor de opslag en verwerking van informatie. In zijn boek *Jacquard's Web: How a hand loom led to the birth of the information age* beschrijft James Essinger die geschiedenis als een roman.<sup>142</sup> Rond 400 v.C. werd in China een weefgetouw uitgevonden met een harnas, een stelsel koorden voor het afzonderlijk heffen van kettingdraden, om ingewikkelde patronen in zijde te kunnen weven. Het wordt een 'trekgetouw' genoemd, omdat een trekjongen bovenin het getouw de voor een patroon geselecteerde (groepen van) kettingdraden omhoog trok (afb. 25). In de zestiende eeuw raakte een soortgelijk model ook in Europa in gebruik, waarbij de trekjongen naast het getouw stond.<sup>143</sup> Aangezien voor een groot ontwerp





25 *Chinees trekgetouw, circa 400 v.C.*

Bron: [http://char.txa.cornell.edu/ppIndia-China\\_files/frame.htm](http://char.txa.cornell.edu/ppIndia-China_files/frame.htm).

veel ketting- en inslagdraden nodig waren, was het weven een zeer traag en arbeidsintensief proces. Lange tijd bleef het trekgetouw in gebruik, terwijl gezocht werd naar oplossingen om de trekjongen te vervangen door een mechanisch proces. In 1725 lukte het Basile Bouchon een toestel te ontwerpen waarin het patroon vastgelegd is in de perforatie van een rol papier die om een cilinder draait. Drie jaar later verbeterde Jean-Baptiste Falcon dit systeem door de papierrol te vervangen door aan elkaar genaaide, geperforeerde kartonnen kaarten. In 1745 maakte Jacques de Vaucanson als variant een apparaat bovenop het getouw waarmee de kettingdraden aan haakjes en naalden selectief konden worden opgetrokken.<sup>144, 145</sup> Dit alles perfectioneerde Joseph-Marie Jacquard tot een door hem in 1801 gepatenteerd mechaniek (afb. 26). Op deze weefmachine werd in 1839 een portret van hem geweven met 24.000 ponskaarten en het resultaat was niet te onderscheiden van een gravure (afb. 27).

Dit jacquardweefsel was dé inspiratiebron voor wiskundig filosoof en werktuigbouwkundige Charles Babbage (1791-1871) om tot aan zijn dood te werken aan de uitvinding van een *automatisch* programmeerbare, mechanische rekenmachine die hij de *Analytical Engine* (1834-1871) noemde. Wat de jacquardmachine en Babbage's 'proto-computer' met elkaar gemeen hebben is hun binaire karakter. Bij weven kunnen draden elkaar alleen boven- of onderlangs kruisen, waardoor de representatie van de weefbinding vergelijkbaar is met die van gedigitaliseerde informatie in de getallen 0 en 1. Een ontwerp voor een weefpatroon wordt technisch weergegeven in een bindingstekening op ruitjespapier, die eruit ziet als een afbeelding in pixels op een computerscherm. Voor een jacquardmachine worden de al dan niet gekleurde ruitjes



26 Tijdens een bezoek aan het weef-  
atelier van Michel-Marie Carquillat  
staan notabelen voor het jacquard-  
getouw waarop net het portret van  
Marie-Joseph Jacquard is geweven.  
Zijden jacquardweefsel, 1844.

Collectie Musée Gadagne, Lyon.  
27 Portret van Marie-Joseph  
Jacquard geweven op een jacquard-  
getouw, zijde, 1939. Geweven door  
Michel-Marie Carquillat naar een  
schilderij van Jean-Claude Bonnefond.  
Collectie National Silk Art Museum,  
Weston (Missouri), VS.



vertaald in een geperforeerde ponskaart (kleur voor de geheven kettingdraad, gaatje in de ponskaart, en wit voor de niet geheven kettingdraad, geen gaatje in de ponskaart), oftewel de informatie wordt daarin opgeslagen. Zo weeft men met de jacquardmachine een patroon in een weefsel en met de *Analytical Engine* informatie. Voor Babbage's ontwerpen schreef wiskundige Ada Lovelace toepassingsprogramma's, als het ware *software*, maar door gebrek aan financiering werd niets daarvan gerealiseerd. Doordat Babbage weinig publiceerde, zijn z'n ontwerpen in vergetelheid geraakt en moesten zijn beschreven principes opnieuw worden uitgevonden voor de elektronische computer. Zijn ontwerp voor de *Difference Engine* (1841-1849) om wiskundige tabellen te genereren werd in 1991 alsnog door het Science Museum in Londen gebouwd en het werkt! Babbage en Lovelace hadden hun tijd niet mee; als pioniers liepen zij ver vooruit om de weg te banen voor het digitale tijdperk.

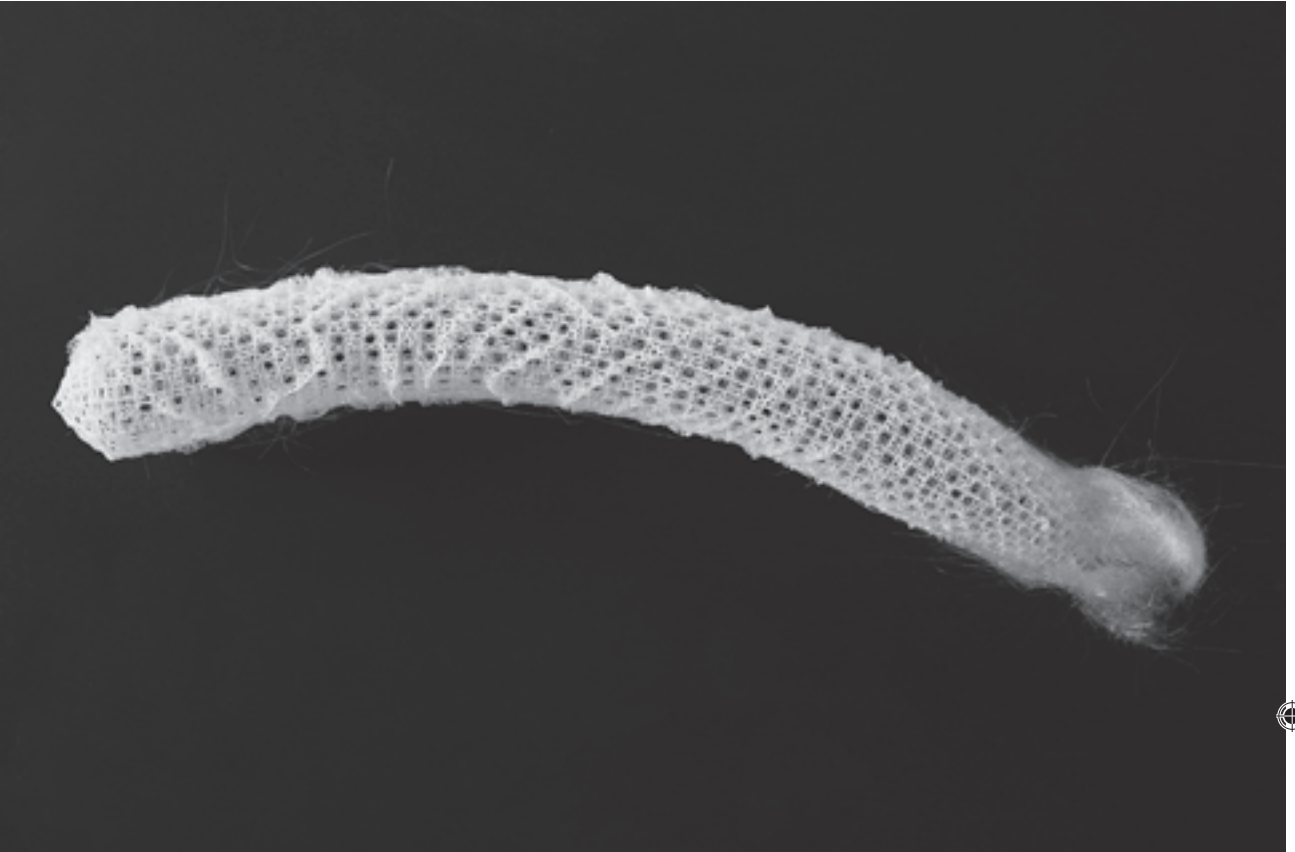
#### 14. Natuurtalent | 1859 evolutietheorie

Sinds Charles Darwin de mens zijn plaats gaf in het dierenrijk en halverwege de twintigste eeuw ontdekt werd dat erfelijke eigenschappen van een organisme in een DNA-code zijn vastgelegd, kunnen evolutiebiologen de genetische variaties van planten, dieren en mensen vergelijken. Verschillende vezelproducerende diersoorten zijn geëvolueerd. Ik beschrijf de wezens in volgorde van verschijning, miljoenen jaren voor het ontstaan van het zoogdier mens.

Tot de oudste dieren behoren 650 miljoen jaar oude sponzen, waarvan de glasspons, *Euplectella aspergillum*, de spectaculairste is. Ze leeft verankerd op de diepzeebodem, tot wel vijf kilometer diepte, en kan alleen vanuit een onderzeeër worden bestudeerd. Dit primitieve meercellige wezen, zonder brein en organen, produceert onbreekbare, flexibele draden van 99,9% puur glas en 0,1% proteïne. Met deze glasdraden weeft de spons haar buisvormig skelet tot een ingenieuze constructie van 10 tot 30 centimeter hoog (afb. 28). Het Duitse Instituut voor Textiel- en Vezelonderzoek in Denkendorf<sup>146</sup> probeert de structuur van de glasspons na te bootsten om stents te maken ter vervanging van slokdarmen.<sup>147</sup>

Al 300 miljoen jaar leven op oceaانبodems kaak- en oogloze vissen van de familie *Myxinidae* met de volksnaam slijmprik.<sup>148</sup> Aan de lange buikzijde van deze aalachtigen komen wel 70 tot 200 slijmklieren uit, die slijmerige draadcellen van proteïne produceren. Het kleverige slijm wordt afgescheiden als afweermechanisme zodra de vis zich bedreigd voelt. De structuur van dit vezelrijke slijm blijkt even sterk en elastisch te zijn als spinnenzijde en is gemakkelijker te kweken. Aan de Canadese universiteit van Guelph wordt geëxperimenteerd om daar supersterke textieldraden van te maken voor duurzame kleding en toepassing in de geneeskunde.<sup>149</sup>

Van de weekdieren die zo'n 175 miljoen jaar geleden in zee ontsproten hecht de tweeklepige steekmossel *Pinna nobilis* zich met zijdeachtige vezels aan de zandbodem of aan zeegras tot op 20 meter vanaf de kust van de Middellandse Zee. Deze mosselharen stonden in de oudheid bekend als 'byssus' (*bussos*), Grieks voor 'fijne vezel', ook wel 'zeezijde' genoemd.<sup>150</sup> In de Bijbel wordt 48 maal melding gemaakt van *byssus* als de grondstof van kostbare, goudkleurige gewaden.<sup>151</sup> Nadat de mossels door vissers zijn geoogst, worden de bronskleurige vezels in acht fasen (o.a. kaarden en spinnen met de hand) bewerkt tot draden.<sup>152</sup> Nog 45 historische stukken



28 Gefossileerde glasspons, *Euplectella arpergillum* of *Venusmandje*, 26 x 3 cm. Foto: Piet Noordermeer.

gebreid, geweven of geborduurd textiel van *byssus* zijn in Europese musea bewaard gebleven, waaronder handschoenen, dassen, mutsen, kousen, kinderkakjes en wandkleden.<sup>153</sup> De enige die anno 2013 nog het ambacht van de *byssus*verwerking in handen heeft is Chiara Vigo op Sardinië, alwaar zij een textieltoeristische attractie is (afb. 29).<sup>154</sup>

Ongeveer 225 miljoen jaar geleden evolueerden uit de waterspin die alleen kon spinnen, wevende spinnensoorten. Door spintuitjes aan het achterlijf scheiden zeven klieren verschillende soorten zijde uit, die de spin met zijn achterste poten uittrekt en gebruikt als spindraden, loopdraden, cocondraden en kleefdraden en voor aanhechtingen en inkapselingen. Dat doen zowel mannetjes als wijfjes gedurende heel hun leven, variërend van één tot twintig jaar. Zonder fysieke veranderingen hebben zich 42.000 soorten aangepast aan alle milieus, van ongepte wildernis tot in het lab. Omdat het leven van een spin aan een zijden draadje hangt en zijde bestaat uit eiwitten, waarvan de aanmaak is gestuurd door genen, is een spin een ideaal onderzoeksobject om Darwins theorie over het ontstaan van soorten langs natuurlijke selectie door variatie te verifiëren.<sup>155</sup> Zo blijkt uit recent onderzoek dat het wielvormige web 136 mil-



29 *Ongesponnen, gekaarde byssusvezels van de steekmossel Pinna nobilis in handen van Chiara Vigo, Sant'Antioco, Sardinië, 2013. Foto: Nino Cecetalli.*

joen jaar geleden voor het eerst is geweven door een gemeenschappelijke voorouder van twee groepen moderne spinnen (*Areneoidea* en *Deinopoidea*).<sup>156</sup> De oude Grieken gebruikten spinnenzijde om wonden te hechten en de Aboriginals maakten er vislijnen van.<sup>157</sup> Vanwege haar ongeëvenaarde fijnheid, sterkte en elasticiteit werd spinnenzijde in beide wereldoorlogen gebruikt voor het aanbrengen van kruisdraden in het vizier van optische precisie-instrumenten, zoals telescopen en vizieren bij geweren en bommenwerpers.<sup>158</sup> In 2004 zijn op Madagaskar 1,2 miljoen goudspinnen (*Nephila*) gemolken om het gesponnen spinrag te verweven tot een cape.<sup>159</sup> Omdat spinnenzijde betere kwaliteiten heeft dan rupsenzijde, maar moeilijk te kweken en te oogsten is door de kannibalistische aard van de spin, begonnen biotechnologen van de universiteit van Wyoming spinnengenen in andere dieren te plaatsen. In 2011 slaagde het team van Donald Jarvis erin transgene zijde-wormen te maken.<sup>160</sup> Het jaar daarvoor had Randy Lewis van dezelfde universiteit succesvol het zijde-gen van de spin in geiten geplaatst om de proteïne uit de melk van de transgene geiten te bestemmen voor kunstpezen, ooghechtingen en kaak-

reparaties of voor kogelvrije vesten en betere airbags voor auto's.<sup>161</sup> Een bijzondere toepassing voor kogelvrije menselijk huid bedacht bio-kunstenares Jalila Essaidi, waarvoor zij onderscheiden werd met de Designers & Arts 4 Genomic Award 2010.<sup>162</sup>

De jongere insectengroep van vlinders kwam 50 miljoen jaar geleden tot ontwikkeling. De zijdevlinder *Bombyx mori* komt sinds haar domesticatie (door kunstmatige selectie) vanaf 2700 v.C. niet meer in het wild voor en kan niet meer vliegen. De zijdeteelt is sedert haar ontstaan onveranderd gebleven. Enkele dagen nadat de vlinders hun voortplantingstaak hebben volbracht en het wijfje 400 à 600 eitjes heeft gelegd, sterven ze een vroege dood. Zodra de larven uit de eitjes kruipen worden ze ruim een maand flink gevoed met verse bladeren van de witte moerbeiboom. Als snelst groeiend organisme uit het dierenrijk begint de duizenden keren groter en zwaarder geworden volgroeide rups zich in te spinnen tijdens de verpoping. Uit twee klieren onder aan haar kop worden eiwitten afgescheiden die stollen in de buitenlucht: uit de spinklier komt fibroïne, de zijdevloeistof, die tegelijkertijd wordt omhuld door sericine, een kleverig sap uit de lijmklier. Gedurende drie dagen wentelt de krimpde rups zich in lussen van zo'n drieduizend meter zijdedraad, waarvan zich een cocon vormt. Als de mens niet ingrijpt, kruipt na drie weken een volwassen vlinder uit het opengebroken spinsel. Om dit te voorkomen wordt in de zijde-industrie de pop gedood door stoom of hete lucht. Daarna kan de ruwe zijde worden afgehaspeld als een gemiddeld kilometerslang filament. Door het te koken in een zeepoplossing wordt de lijmlaag verwijderd en krijgt het garen zijn 'zijdezachte' greep.<sup>163</sup> Wilde zijde is afkomstig van niet-gedomesticeerde nachtvlinders van de familie *Saturniidae*.<sup>164</sup>

Tot een andere tak van insecten behoren de sociale mieren. Van de ongewervelden zijn ze qua sociale organisatie de meest 'hoogstaande' dieren zoals de mensen onder de gewervelden. Een mierenvolk bestaat uit vruchtbare, gevleugelde mannetjes en vrouwtjes en onvruchtbare, vleugelloze werkmieren, die verschillende taken vervullen om de soort in stand te houden. Uit 10.000 mierensoorten evolueerden 50 miljoen jaar geleden de wevermieren, waarvan de *Oecophylla smaragdina* het verst ontwikkeld is. Ze leven in kolonies van een half miljoen individuen en bewonen boomkruinen in tropisch Azië en Australië. Met vereende krachten maken ze hun nest van aan elkaar geweven bladeren. Werkmieren dragen groepsgewijs bladeren aan over een loopbrug gevormd door aaneengeschakelde ploeggenoten. Als de bladeren eenmaal in een tentformatie zijn gemanoeuvreerd, worden bijna volgroeide larven met uitontwikkelde zijdeklieren uit een broedplaats gehaald. De wevers onder het volk houden zo'n larve stevig tussen de kaken en gebruiken haar als weefspoel door kruiselings heen en weer tussen twee bladeren te bewegen (afb. 30).<sup>165</sup> Zo wordt blad na blad aan elkaar geweven en het geheel van binnen met spinsel bekleed (afb. 31).<sup>166</sup> De larven offeren hun zijde op voor de gemeenschap: door de natuur opgelegde kinderarbeid met een overlevingsdoel. Ze verpoppen naakt in het nest dat verwanten met hún zijdedraden aan elkaar weefden.

De meest bekende nestbouwers zijn natuurlijk vogels, de bijna laatste groep gewervelden die op aarde verscheen. Wanneer en hoe vogels ontstonden staat nog niet vast. Omdat de meeste vogelnesten zijn gemaakt van op elkaar gestapelde takjes en bladeren, beperk ik me tot de 92 soorten weervogels van het geslacht *Ploceus* uit de *Ploceidae* familie van de orde der



30 *Wevermieren, Oecophylla smaragdina, weven met de zijde van een larve in hun bek bladeren aan elkaar tot een nest. Foto: Ria Tan. Inv.nr. 030910sbwrad0088. Bron: [www.wildsingapore.com](http://www.wildsingapore.com).*

31 *Nest van wevermieren in een mangoboom, Thailand. Foto: Roger Stassen.*



**32** Weervogel, *Ploceus velatus*, weeft zijn nest. Namibië, 2011. Foto: Jiri Slama.

**33** Nesten van weervogels in India, 2011. Foto: Maradhi Manni.

zangvogels, die weven door draden te kruisen. Zij leven in kolonies in Afrika onder de Sahara en in Zuidoost-Azië. Hun nestbouw speelt een belangrijke rol in de partnerkeuze. Een mannetje weeft in één dag een eivormig nest van honderden gescheurde reepjes lange, versgroene grassen of palmbladeren (afb. 32). De constructie verloopt in zeven stappen: de hechting aan de boom, het maken van de basisring, het dak en het plafond, de broedkamer, het voorportaal en ten slotte de buisvormige ingang. Eén voor één windt hij de reepjes met z'n bek om twijgjes en over elkaar heen tot het nest stevig hangt. Met het bouw materiaal demonstratief in z'n bek trekt het mannetje klapwiekend de aandacht van de wijfjes. Tijdens hun grondige inspectie van het interieur worden de vrouwtjes getraakteerd op zang en dans. Een wijfje geeft haar jawoord



door een zachte vloerbedekking van fijne grassen en veertjes in de broedkamer te maken: hij de architect, zij de stoffeerder. De paring begint nog dezelfde dag. Het wijfje broedt haar eitjes alleen uit, want haar polygame partner bouwt alweer andere nesten om nog vier vrouwtjes voor zich te winnen. Jonkies beginnen spelenderwijs te weven zodra ze het nest verlaten.<sup>167</sup> Als het nest meer dan eens is afgewezen, wordt het door de wever zelf afgebroken om een nieuw nest te maken.<sup>168</sup> Er is in de broedtijd dus nooit leegstand in de acaciabomen (afb. 33).

## 15. Van vitaal belang | 1896 Olympische Spelen

Pas vanaf 200.000 jaar geleden evolueerde de *Homo sapiens* door zich aan te passen aan zijn omgeving. Een topconditie vergrootte zijn kans op overleving, de overwinning in zijn strijd om het bestaan. Sport is voortgekomen uit oorlogsvoering en sportattributen zijn afgeleid van krijgs- en jachtwapens.<sup>169</sup> De marathonloop van de Olympische Spelen (776 v.C.-393) was een eerbetoon aan de Griekse soldaat die zich dood rende om de overwinning op de Perzen te verkondigen in 490 v.C. Die was te danken aan Nikè, de Griekse godin van de overwinning in sport en oorlog, vandaar het sportmerk Nike. In 1896 werden de Spelen weer in het leven geroepen om verbroedering tussen de volkeren te bevorderen, maar oorlogsgeweld hoort nu eenmaal bij de menselijke soort. Nog lang riskeerden krijgsgevangenen de wraak van hun vijand: strop en blinddoek van de beul. Geneeskunde helpt zieken en gewonden heelhuids uit de strijd te komen. De gemeenschappelijke inspanning van geneeskunde, oorlog en sport is de strijd om het behoud van lijf en leden en de overwinning op de tegenstander. In kritieke situaties biedt textiel meer dan de spreekwoordelijke pleister op de wonde en het doekje voor het bloeden.

‘Gij hebt mij in de schoot van mijn moeder gegeven’, aldus bezong David in Psalm 139:13 de goddelijke almacht.<sup>170</sup> Een Engelse Bijbelvertaling kiest voor ‘*you knit me together in my mother’s womb*’.<sup>171</sup> Het maakt wel uit of de mens geweven is of gebreid, want weefsels zijn door hun loodrechte kruising van draden steviger dan de rekbare lussenstructuur van breisels. In vaktermen spreekt men van lichaamsweefsel, *body tissue* en histologie, weefselleer in de biologie. Een weefsel is een groepje cellen, de kleinste levende eenheden, met dezelfde functie. Verschillende weefsels tezamen vormen een orgaan en organen een organisme. Etymologisch beschouwd is het menselijk lichaam geweven: het Griekse *histos* betekent weefsel en *tissue* komt van het Latijn *texere* voor weven. Chinezen beschrijven het menselijk lichaam in termen van meridianen, energiebanen die organen in balans moeten houden. Meridiaan, *jing luò*, wordt geschreven met het ‘zijde’ teken in het karakter voor scheringdraad *jing*, dat we al zagen in de betekenis van ‘klasiek boekwerk’ en dat ook ‘bloedvat’ betekent.<sup>172</sup>

Met de opkomst van de biotechnologie is een nieuw vakgebied ontstaan, *tissue engineering*, weefseltechnologie waarbij menselijke cellen in vitro worden gekweekt op een biologisch afbreekbare ondergrond (*scaffold*), die na implantatie in het lichaam oplost.<sup>173</sup> Voor chirurgische ingrepen worden ‘biotextielen’ geconstrueerd, al dan niet met regeneratieve kwaliteiten: synthetische, natuurlijke of gemodificeerde materialen ontworpen voor implantatie en hechtingen in het menselijk lichaam. Een hartzak<sup>174</sup> en de mal voor een aortaklep<sup>175</sup> worden van polyester gebreid en niet geweven, omdat het kloppend hart een flexibel maaswerk nodig heeft. Stents



**34** *Machinaal geborduurd implantaat van polyester hecht draad voor herstel van een door kanker aangetaste schouder, ontwikkeld door Ellis Developments Ltd., Nottingham, 2004. Ter beschikking gesteld door Ellis Developments Ltd.*

voor slagaders en hartkleppen worden van roestvrijstaal gebreid, maar stents voor bloedvaten geweven.<sup>176</sup> Gewrichtsimplantaten van polyester hecht draad worden geborduurd op oplosbaar vezelvlies ter versterking of regeneratie van lichaamsweefsel, omdat met borduursteken vrije vormen zijn te maken en de vezelrichting zich kan aanpassen aan het gewricht (afb. 34).<sup>177</sup> Polyester is biologisch inert, dat wil zeggen dat het niet inwerkt op lichaamsweefsel.<sup>178</sup> Therapeutisch en diagnostisch textiel wordt gecreëerd als een dynamische, interactieve tweede huid door integratie van oude en nieuwe materialen en methoden, zoals elektronische en microsystemen, elektrische stroom, licht- en warmte-energie, moleculaire en nanostoffen. Dat levert onder meer antibacteriële weefsels op, textiel dat temperatuur, hartslag, ademhaling en bloeddruk kan meten en regelen.<sup>179</sup>

Voor gehandicapte atleten is een flexibele onderbeenprothese van geweven koolstofcomposiet ontworpen naar voorbeeld van de achterpoten van het jachtluipaard, het snelste dier op aarde. Hardloper Marlon Shirley won daarmee een gouden medaille op de Paralympics van 2000 en bergbeklimmer Thom Whittaker bereikte er de top van de Mount Everest mee.<sup>180</sup> Oscar Pistorius, die twee van deze prothesen draagt, werd meervoudig kampioen op de Paralympics van 2012 (afb. 35). In de topsport draait alles om snelheid en daarom wordt sportkleding met prestatieverhogende effecten van hightech textiel gemaakt. Hun uitrusting helpt zwemmers en zeilers, schaatsers en skiërs in verhoogde snelheid naar de overwinning. Zwempakken van neopreen, een synthetisch rubber dat het drijfvermogen van zwemmers zodanig vergroot dat ze minder diep in het water komen te liggen, waren verboden door de internationale zwemfederatie vanwege het dopingeffect. Maar die moest zwichten voor de druk van de fabrikanten.<sup>181</sup> Nadat windsurfen in 1969 in Amerika was uitgevonden, zette het Nederlandse textielbedrijf



35 *Oscar Pistorius met prothesen van geweven koolstofcomposiet op weg naar een medaille op de Paralympics 2012 in Londen. Foto: Daniel Ochoa De Olza/Associated Press.*

TenCate de surfplank van geweven polyetheen, epoxy en styrofoam met gelamineerd zeildoek op de markt en werd het in 1984 een erkende Olympische sport.<sup>182</sup> Een ander Nederlands fabriicaat dat furore maakt zijn de door ADA Carbon Wheels handgemaakte fietswielen met velgen van in keper- of satijnbinding geweven koolstof- en aramidegarens en gevlochten spaken van aramide.<sup>183</sup> De op maat geleverde wielen bezorgden menig wielrenner, met of zonder doping, een medaille bij nationale kampioenschappen, de Olympische Spelen en de Tour de France. Nog een voorbeeld van geweven en gelamineerde koolstofcomposieten zijn de chassis en motor van de Formule 1 BMW raceauto Williams1.<sup>184</sup> Formule 1 coureurs zijn trouwens verplicht brandwerende kleding van aramide (Nomex) te dragen.

## 16. Uit de kunst | 1960 textielkunst

Er zijn mensen voor wie kunst niet hoeft en mensen die er door hun lot van verstoken zijn. Zonder textiel echter leeft niemand. De vroegste kunstuitingen dateren van 40.000 v.C., de periode van de 'creatieve explosie' toen de eerste grottekeningen en artefacten met een symbolische en religieuze functie werden vervaardigd.<sup>185</sup> Volgens kunsthistorici werd in de Renaissance voor het eerst onderscheid gemaakt tussen scheppende kunst en uitvoerend ambacht. Vanaf de negentiende eeuw ging men spreken van 'autonome en toegepaste kunsten' en werden wandtapijten en mode gerekend tot kunstnijverheid. In de jaren 1960 ontwikkelden zich de conceptuele kunst en de autonome textielkunst. Hoewel deze stromingen een nieuwe kunstbeleving veroorzaakten, belicht ik liever de onvolprezen, eigenlijk conceptuele functie van textiel in de muziek en beeldende kunst.

Muziek werd oorspronkelijk als tovermiddel gebruikt bij godsdienstige rituelen en genezingsceremoniën. Trommels behoren tot de oudste instrumenten en zijn het wijdst verbreid in Afrika. Ze bestaan uit een klankkast en een opgespannen dierenhuid, vastgepind of vastgebonden met een koord. Wanneer erop geslagen wordt, produceert de trom een korte klank die geschikt is voor het aangeven van een ritme, het primaire element van muziek. Trommelmuziek werd aanvankelijk gerekend tot 'de primitieve geïmproviseerde muziek van natuurliefden'. Aan het begin van de twintigste eeuw werden slaginstrumenten herontdekt door Claude Debussy en opgenomen in de Europese kunstmuziek. Ze zijn een vast onderdeel geworden van de jazz en popmuziek, mengstijlen die gebruik maken van Afrikaanse muzikale bestanddelen.<sup>186</sup> Het tweede essentiële element van muziek is toonhoogte. Deze wordt teweeg gebracht door de trilling van een snaar. Met meerdere snaren kunnen meerdere tonen worden voortgebracht, waarmee harmonie en akkoorden worden gecreëerd. De muziekboog is de oervorm van alle snaarinstrumenten en ontstaan uit de handboog waarmee de jager zijn pijl op zijn prooi afschoot. De eenvoudigste muziekboog bestaat uit een enkele snaar van peesdraad of plantaardige vezels die aan beide uiteinden van een buigbare houten stok zijn bevestigd.<sup>187</sup> Latere vormen kregen meerdere snaren en een klankkast erbij. Snaarinstrumenten kunnen door middel van tokkelen (bijvoorbeeld lier, harp, gitaar) of strijken (vioolfamilie) tot trillen worden gebracht. Het materiaal, de omwikkeling en de lengte van de snaren zijn van invloed op de toon. Oorspronkelijk werden snaren van schapendarm gemaakt. Voor het vijfduizend jaar oude Chinese instrument *guqin*, een soort citer, en voor de E snaar van de viool werd zijde gebruikt (afb. 36).<sup>188</sup> Moderne snaren – die anders klinken – bestaan uit fijn getrokken staaldraad, nylon of ander synthetisch materiaal, omwikkeld met aluminium, zilver of roestvrij staal.<sup>189</sup> Maar het Chinese karakter *xíán* voor 'snaar' wordt nog steeds geschreven met het teken voor zijde. De strijkboog maakt het mogelijk de toon aan te houden en de klankkracht te beheersen. Strijkstokken worden gemaakt van paardenhaar. Kortom, textiele grondstoffen waren 'maatgevend en toonzetend' in de ontwikkeling van muziekinstrumenten.

Ook de beeldende kunst vindt haar oorsprong in de godsdienst. De mens schiep zijn goden naar zijn evenbeeld. De oude Grieken verstonden de kunst om lichte, soepele stoffen uit te beelden in hard, massief marmer. Icoon van de schone kunsten is ondanks haar afgebro-



36 *Chinees instrument guqin met zijden snaren, gemaakt en bespeeld door Montri D. Wongworawat.*  
Foto: Montri D. Wongworawat, MD.

ken armen de *Venus van Milo* (130 v.C.), godin van liefde en voortplanting. Analyse van haar houding en gespierde bovenarmen doet vermoeden dat ze aan het spinnen was (afb. 37).<sup>190</sup> Een ander beroemd beeld is de *Nikè van Samothraki* (200 v.C.), de gevleugelde godin van de overwinning, gehuld in een wapperend, rechthoekig linnen kledingstuk dat om het lichaam gedrapeerd in weelderige plooien uiteenvalt. Kledingvormen van onversneden stof komen uit een niet-westerse traditie, die van invloed was op het oude Hellas.<sup>192</sup> De kunstgreep om vloeiende beweging te benadrukken wordt *draperie mouillée* genoemd, nat gedrapeerde kleding van doorzichtige stof die het lichaam omhult, maar niet verhult.<sup>193</sup> Door de expansie van Alexander de Grote ontwikkelde deze plastische vormgeving zich in het Centraal-Aziatische rijk Gandhara tot een Grieks-boeddhistische kunststijl (afb. 38).<sup>194</sup> Veel stijkenmerken van de kalkstenen boeddhabeelden zijn ontleend aan de hellenistische vormentaal: soepel vallende plooien, haardracht, houding en gelaatstrekken.<sup>195</sup> De expressiviteit van textiel kenmerkt ook de kunst van Renaissance beeldhouwers en schilders met een voorliefde voor Bijbelse figuren, zoals de *Pietà* van Michelangelo (1499). Met een schok werd in 1949 de traditionele schilderkunst doorbroken door beeldhouwer/schilder Lucio Fontana. Hij maakte niet meer een voorstelling op een schilderij, maar maakte van het schilderij de voorstelling door het te doorboren en te doorsnijden.<sup>196</sup> In plaats van het vlak gespannen schilderslinnen te verminken, geeft zijn gewelddadig handelen het doek juist zijn driedimensionaliteit en verborgen textuur terug en voegt er een sensuele spanning aan toe. Dankzij Fontana werd de eeuwenoude textiele drager van de schilderkunst blootgelegd.



- 37 *De houding en gespierde bovenarmen van de Venus van Milo (130 v.C.) doen vermoeden dat de godin van de liefde aan het spinnen was. Bron: Elizabeth Wayland Barber, Women's Work, 1994.*
- 38 *Boeddhabeeld in de Grieks-boeddhistische stijl, Gandhara, eerste-tweede eeuw. Collectie Tokyo National Museum.*

## 17. De eindjes aan elkaar geknoopt | nabeschouwing

Om te (over)leven moet de mens in drie basisbehoeften voorzien: voedsel, kleding en behuizing. Plantaardige en dierlijke voedselbronnen leverden tevens de eerste grondstoffen voor lichaamsbescherming en onderdak. De daarvoor benodigde vezelbehandeling had een enorme impact op de technologische evolutie en leidde tot revolutionaire uitvindingen. Zelden zijn deze toe te schrijven aan één persoon, maar veeleer een accumulatie van kennis en inzicht verkregen over de grenzen van tijd en disciplines heen, inclusief de resultante van mislukkingen. Vooruitgang is meer dan de optelsom van louter successen. Juist van *trial and error* leren welke draad weer op te pakken brengt ons verder. Anonieme of vergeten pioniers en baatzuchtige patenthouders dragen allen bij aan technologische ontwikkelingen in uiteenlopende vakgebieden. De onvermoede verbanden daartussen blijken vaak van textiele aard te zijn.

We hebben gezien hoezeer textiel een product is van zijn tijd en daar zelfs op vooruitloopt. Maar bovenal is textiel een product van ons brein. Textiel kan alle gedaanten en structuren aannemen waarin kennis van de natuur- en scheikunde het weet te vertalen. Textiel voegt zich naar de behoeften van de tijd, de wensen van de gebruiker en de ideeën van de inventieve geest;

textiel zit in ons hoofd voordat onze handen het kunnen maken. Het menselijk vernuft geeft aan textiel zijn vorm en zijn functie. Alom aanwezig in ons dagelijks leven en verankerd in ons denken, verdient textiel een navenante plaats in de geschiedschrijving. Omdat het net zo rekbaar en plooibaar is als onze verbeeldingskracht, beschouw ik textiel als een metafoor voor manieren van omgaan met materie en met mensen, met natuur en met techniek. Voor mij is textiel de leidraad, het weefsel en de franje van het leven, waarin ieder mens zijn eigen leven weeft, als een spin in het wereldwijde web.

### Noten

- 1 Robin Dunbar, *Vlooiën, roddelen en de ontwikkeling van taal* (Baarn 1996) 121, 125.
- 2 Kenneth P. Oakley, 'Skill as a human possession' in: Charles Singer, E.J. Holmyard and A.R. Hall, *A history of technology. Volume 1 From early times to fall of ancient empires* (Oxford 1956) 1-37.
- 3 Bernard Comrie, Stephen Matthews en Maria Polinsky, *De grote taalAtlas. Oorsprong en ontwikkeling van taal en schrift in de gehele wereld* (Haarlem 1998) 12, 17.
- 4 Ray Jackendoff, *Taal en de menselijke natuur* (Utrecht 1996) 241-244.
- 5 Marcel Danesi, *Vico. Metaphor and the origin of language* (Bloomington/Indianapolis 1993).
- 6 Andrew Robinson, *The story of writing. Alphabets, hieroglyphs & pictograms* (Londen 1995).
- 7 Károly Földes-Papp, *Vom Felsenbild zum Alphabet. Die Geschichte der Schrift von ihren frühesten Vorstufen bis zur modernen lateinischen Schreibrschrift* (Bayreuth 1975).
- 8 Comrie, Matthews en Polinsky, *Grote taalAtlas*, 132, 168, 201, 204.
- 9 Georges Ifrah, *The world's first number systems* (Londen 2000) 130-137.
- 10 Bruno Snell, *The discovery of the mind in Greek philosophy and literature* (New York 1953) 193-198.
- 11 Caroline de Gruyter, 'Het eurobreiwerk gaat scheuren' in: *NRC Handelsblad* (Rotterdam 10 mei 2012) 6.
- 12 Huib Modderkolk en Oscar Vermeer, 'Weeffouten trekken wissel op het spoor' in: *NRC Handelsblad* (Rotterdam 16 februari 2012) 25.
- 13 Tom Kreling en Jeroen Wester, 'Europese banken te verweven' in: *NRC Handelsblad* (Rotterdam 23 december 2011) 33.
- 14 William de Fancourt, *Warp & weft. In search of the I-Ching* (Berks 1997) 11-12.
- 15 John Scheid en Jesper Svenbro, *Le métier de Zeus. Mythe du tissage et du tissu dans le monde gréco-romain* (Parijs 2003) 128.
- 16 Brian Greene, *The fabric of the cosmos. Space, time and the texture of reality* (New York 2004).
- 17 Stichting Ars Floreat (vertaling), *Platoon. Sofist en Staatsman, 310c-311b* (Amsterdam 1989) 227.
- 18 <http://www.koninklijkhuis.nl/nieuws/toespraken/2013/april/toespraak-van-zijne-majesteit-koning-willem-alexander> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 19 Redactie Wetenschap *NRC Handelsblad* (Rotterdam 16 september 2009) en <http://phys.org/news171811682.html> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 20 Robinson, *Story of writing*, 159-175.

- 21 Peter Watson, *Ideeën. De geschiedenis van het menselijk denken, deel 2, 1100-1900* (Utrecht 2005) 333-341.
- 22 Dunbar, *Vlooiën*, 174.
- 23 Luigi Cavalli-Sforza, *Genes, peoples, and languages* (New York 2000).
- 24 Dunbar, *Vlooiën*, 166.
- 25 Richard Broxton Onians, *The origins of European thought. About the body, the mind, the soul, the world, time and fate* (New York 1988) 310-419.
- 26 Scheid en Svenbro, *Métier de Zeus*, 93.
- 27 Cecilia Lindqvist, *Het karakter van China. Het verhaal van de Chinezen en hun schrift* (Amsterdam 1989) 213-226.
- 28 Edith Cheung, textieldeskundige, Hong Kong, mondelinge communicatie 22 maart 2012.
- 29 Dard Hunter, *Papermaking. The history and technique of an ancient craft* (New York 1974) 4-17.
- 30 Gregory Nagy, *Plato's rhapsody and Homer's music. The poetics of the Panathenaic Festival in classical Athens* (Cambridge/Londen 2002) 70-98.
- 31 Hunter, *Papermaking*, 3-76.
- 32 Inge Evers, *Het complete papierboek* (De Bilt 1991) 8.
- 33 Jonathan M. Bloom, *Paper before print. The history and impact of paper in the Islamic World* (New Haven 2001) 32.
- 34 Plato, *Politeia* boek X (Amsterdam 2003) 564-567 of <http://www.arsfloreat.nl/documents/Plato10.pdf> (laatst bezocht op 5.7.13) N.B. In veel Nederlandse vertalingen is de passage over de Mythe van Er overgeslagen, omdat de vertaler de metafoor van het spinnen niet begreep en niet kon vertalen. Dit is o.a. het geval bij Gerard Koolschijn, *De ideale staat* (Amsterdam 2005).
- 35 Marcel Griaule, Dieu d'Eau. *Entretiens avec Ogotemméli* (Parijs 1966) 58-78.
- 36 Walter E.A. van Beek e.a.: 'Dogon restudied: a field evaluation of the work of Marcel Griaule' in: *Current Anthropology*, Vol. 32, No. 2 april 1991 (Chicago 1991) 139-167.
- 37 Wolfgang Born, 'Die Spinnstube' in: *Ciba-Rundschau 30, Das Spinnrad* (Basel 1938) 1120-1121.
- 38 Ruth B. Bottingheimer, 'Tale spinners; submerged voices in Grimm's fairy tales' in: *New German Critique*, No. 27, Autumn 1982 (Durham 1982) 141-150.
- 39 J. Goudsblom, *Vuur en beschaving* (Amsterdam 1992) 15.
- 40 Jane Brox, Brilliant. *The evolution of artificial light* (New York 2010) 95.
- 41 Isaac Asimov, *How we found out about electricity* (z.p. 1973).
- 42 Simone de Waart, *Textielwarenkast. Grondstoffen voor textiel, gisteren, vandaag en morgen* (Tilburg 2011) 66-67.
- 43 David Reed e.a., 'Origin of clothing lice indicates early clothing use by anatomically modern humans in Africa' in: *Molecular Biology and Evolution*, Vol. 28-1 (Oxford 2011) 29-32.
- 44 Howard L. Needles, *Textile fibers, dyes, finishes, and processes. A concise guide* (Park Ridge 1986) 4.
- 45 Nederlands Bijbelgenootschap, *De nieuwe Bijbelvertaling* (Haarlem 2004/7).



- 46 William Sydney Thayer en Pasteur Valléry-Radot: 'The contributions of Pasteur to medicine and humanity' in *Science, New Series*, Vol. 58, No. 1511 (Washington 1923) 475-485.
- 47 J. Gordon Cook, *Handbook of textile fibres. II. Man-made fibres* (Durham 1984) 6.
- 48 Bernard P. Corbman, *Textiles. Fiber to fabric* (Columbus 1983) 311.
- 49 Het Klokhuis Super kunststof bij Poly Products: <http://www.youtube.com/watch?v=6gpKQOMByMs> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 50 Márta Járó, 'The manufacturing techniques of metal threads. History of the beginning of their use up to the 20th century, based on scientific investigations' in: *Stichting Textielcommissie Nederland Jaarboek 1997* (Amsterdam 2000) 5.
- 51 Loan Oei, 'Hoe Junichi Arai garen spint van metaal' in: *Textiel Plus* 177 (Woerden september 2011).
- 52 Ger Brinks (red.) e.a., *Smart materials. Book of ideas 2* (Enschede 2010).
- 53 H.R. Mattila (red.), *Intelligent textiles and clothing* (Cambridge 2006) 40.
- 54 Karin Overbeek (red.), *Smart materials. Book of ideas* (Enschede 2008).
- 55 <http://www.fabricanltd.com/> (laatst bezocht op 5.7.13)
- 56 de Waart, *Textielwarenkast*, 13.
- 57 Suzanne Lee, 'TEDxLondonBusinessSchool - BioCouture' op: <http://www.youtube.com/watch?v=J6lfnX62Pq8> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 58 Carole Collet, 'Biolace' op: <http://www.carolecollet.com/dodesign/biolace/> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 59 <http://www.thecreatorsproject.com/blog/an-invisibility-cloak-you-have-to-see-to-believe-video> (laatst bezocht op 3.7.13).
- 60 <http://www.pcmweb.nl/nieuws/virtueel-textiel-voelbaar-dankzij-computer.html> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 61 Torvald Faegre, *Tents. Architecture of the nomads* (Londen 1979) 1.
- 62 Ibidem, 15, 18.
- 63 Adriaan Beukers en Ed van Hinte, *Lightness* (Rotterdam 1998) 25.
- 64 Lionel Casson, *Ships and seamanship in the ancient world* (Princeton 1971) 3.
- 65 Watson, *Ideeën*, 100-1900, 138.
- 66 Ibidem, 151.
- 67 Katie Heyning, *De tapijten van Zeeland* (Middelburg 2007).
- 68 Han Valk, *VOC-schip onder zeil. Zeilmaken met het oog voor het verleden* (Amsterdam 1995) 112.
- 69 Els M. Jacobs, *Koopman in Azië. De handel van de Verenigde Oost-Indische Compagnie tijdens de 18e eeuw* (Zutphen 2000) 73-137.
- 70 H.M.A. Breukink-Peeze, 'De Aziatische sitshandel van de VOC' in: *Stichting Textielcommissie Nederland Jaarboek 2002* (Amsterdam 2003) 98.
- 71 Kristof Glamann, *Dutch-Asiatic trade 1620-1740* (Den Haag 1958) hoofdstukken 2, 6, 7.
- 72 Linda Hanssen, 'Indiaas textiel voor Perzië: ruilmiddel voor de VOC' in: *Stichting Textielcommissie Nederland Jaarboek 2002* (Amsterdam 2003) 147.

- 73 Breukink-Peeze, H.M.A., 'De sitshandel van de VOC in Japan' in: *Stichting Textielcommissie Nederland Jaarboek 2002* (Amsterdam 2003) 175.
- 74 Herbert S. Klein, *The Atlantic slave trade* (Cambridge 1999) 74-102.
- 75 [http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/Genealogy/Documents/Asia/Travel\\_19thC.html](http://www.iro.umontreal.ca/~vaucher/Genealogy/Documents/Asia/Travel_19thC.html) (laatst bezocht op 5.7.13).
- 76 Bern Dibner, *The Atlantic cable* (New York/Londen/Toronto 1964) 88.
- 77 <http://www.arend-sosef.nl/projecten/elektrotechniek/datacommunicatie/glasvezeltechniek> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 78 Tim Berners Lee, *Weaving the web. The original design and ultimate destiny of the World Wide Web by its inventor* (San Francisco 1999) 204.
- 79 Met de vuistbijl werden dieren geslacht en gevild en de wollige mammoethuid schoon geschraapt om kleding van te maken. Reconstructie van het skelet van een Neanderthaler wijst uit dat het schoonschrappen van dierenhuiden één van zijn voornaamste bezigheden was. Zie: <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-19960748> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 80 Het transportwiel verschijnt pas duizend jaar na het pottenbakkerswiel volgens Bryand Bunch en Alexander Hellmans, *The history of science and technology* (New York 2004) 31.
- 81 [http://char.txa.cornell.edu/ppearlymed0506merge\\_files/frame.htm](http://char.txa.cornell.edu/ppearlymed0506merge_files/frame.htm) (laatst bezocht op 5.7.13).  
<http://www.textile-technology.com/stone-age-clothing-more-advanced-than-thought/> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 82 P.J.M. van Gorp, *Handspinnen 1 'van de prehistorie tot het vleugelspinnewiel'* (Tilburg 1984) 37-39.
- 83 Bunch en Hellmans, *History of science*, 15.
- 84 [http://www.ethesis.net/bethune/bethune\\_deel\\_i\\_hfst\\_2.htm](http://www.ethesis.net/bethune/bethune_deel_i_hfst_2.htm) (laatst bezocht op 5.7.13).
- 85 Gordon Childe, 'Rotary motion' in: Singer, Holmyard en Hall, *History of technology*, volume 1, 187-215.
- 86 R.J. Forbes, *Studies in ancient technology* (Leiden 1964) 157 en van Gorp, *Handspinnen*, 71-74
- 87 Mark Elvin, 'The high-level equilibrium trap. The causes of the decline of invention in the traditional Chinese textiles industries' in: William E. Willmott (red.), *Economic organization in Chinese society* (Stanford 1972) 137-172.
- 88 Almut Bohnsack, *Spinnen und Weben. Entwicklung von Technik und Arbeit im Textilgewerbe* (Rosohlt 1981) 194-196.
- 89 Stephen Yafa, Cotton. *The biography of a revolutionary fiber* (New York 2005) 47-50.
- 90 Michelle Jeanguyot, *Le Coton au fil du temps* (Versailles 2008) 83.
- 91 The Mount Vernon Ladies' Association of the Union, *Mount Vernon. An illustrated handbook* (Mount Vernon 1974) 96.
- 92 George Basalla, *The Evolution of technology* (New York 1988) 32-34.
- 93 Pietra Rivoli, *Met een T-shirt de wereld rond. Hoe globalisering precies werkt* (Amsterdam 2005) 33.
- 94 Yafa, *Cotton*, 77-79.
- 95 *Ibidem*, 100-108.
- 96 van Gorp, *Handspinnen*, 74-76.



- 97 Susan S. Bean, 'Gandhi and khadi, the fabric of Indian independence' in: Annette B. Weiner en Jane Schneider, *Cloth and human experience* (Washington/Londen 1989) 355-37.
- 98 Charka en chakra zijn etymologisch verwant en betekenen beide 'cirkel' of 'wiel'.
- 99 John M. Hobson, *The eastern origins of western civilisation* (Cambridge 2004) 54.
- 100 Cheryl Kolander, *A silk worker's notebook* (Loveland 1979) 2.
- 101 E-tu Zen Sun, 'Sericulture and silk textile production in Ch'ing China' in: Willmott, *Economic organization*, 79.
- 102 Pierre van Erve, *Moneta exotica. Oorspronkelijk geld uit de hele wereld* (Leiden 1997) 19, 24.
- 103 H.J.M. Kaptein, *De Hollandse textielnijverheid 1350-1600. Conjunctuur en continuïteit* (Hilversum 1998) 32.
- 104 Eric Broudy, *The book of looms. A history of the handloom from ancient times to the present* (Londen 1979) 138.
- 105 Bernard Slicher van Bath, *De agrarische geschiedenis van West-Europa 500-1850* (Utrecht/Antwerpen 1976) 182-183.
- 106 De beste wol kwam van de schapen 'Reylands' or 'Lemster Ore' of Herefordshire, the 'March' wools of Shropshire and Staffordshire, and those of the Cotswolds' in: John. H Munro, *Wool, cloth and gold. The struggle for bullion in the Anglo-Burgundian trade 1340-1478* (Toronto/Brussel 1973) 1.
- 107 Alan Butler, *Sheep. The remarkable story of the humble animal that built the modern world* (Winchester 2006) 1-6.
- 108 Herman van der Wee en Erik Aerts, *De economische ontwikkeling van Europa 950-1950* (Leuven 1983) 39.
- 109 Judith H. Hofenk de Graaff, *Geschiedenis van de textieltechniek. Lakennijverheid – Sitsen – Zijde-industrie* (Amsterdam 1992) 7.
- 110 van der Wee en Aerts, *Economische ontwikkeling van Europa*, 39.
- 111 Watson, *Ideeën, 1100-1900*, 100.
- 112 Hobson, *Eastern origins*, 119-121.
- 113 Friedrich Engels, *De toestand van de arbeidersklasse in Engeland. Naar eigen aanschouwingen en authentieke bronnen* (Moskou 1976).
- 114 Karl Marx, *Het Kapitaal. Een kritische beschouwing over de economie* (Bussum 1970) 1-40.
- 115 Ibidem, 123-128.
- 116 Teun Hoefnagel, *Tussen traditie en emancipatie. De Engelse vakbeweging en haar strijd tegen de industriële arbeidsdisciplinering (1780-1914)* (Delft 2005).
- 117 Rivoli, *Met een T-shirt*.
- 118 Maartje Somers, 'Requiem voor een economisch tijdperk' in: *NRC Handelsblad, Boeken* (Rotterdam 21 september 2012) 6-7.
- 119 J.A. Herpen, *Geotextielen in de waterbouw* (Gouda 1995) 18.
- 120 R.H.A. Cools, *Strijd om den grond in het lage Nederland* (Rotterdam/Den Haag 1948) 23.
- 121 Hans Vandermissen, *Het woelige water. Watermanagement in Nederland* (Wormer 1998) 33.



- 122 Ibidem, 36.
- 123 Ibidem, 48.
- 124 Ibidem, 50-52, 64.
- 125 Gerard P.T.M. van Santvoort, *Geotextiles and geomembranes in civil engineering* (Rotterdam 1994) 5-6.
- 126 Elisabeth Crommelin, 'Sea mattresses for Holland's dykes' in: *American Fabrics and Fashions Magazine*, No. 127 (New York November 1982).
- 127 CUR/NGO, *Geokunststoffen in de civiele techniek* (Gouda 1991) 81-97.
- 128 Fibertex, *The world's largest land reclamation*, Construction, Business Case 111 (Aalborg z.j.).
- 129 Bradley Quinn, *Textile futures. Fashion, design and technology* (Oxford/New York 2010) 245.
- 130 De wet van Archimedes luidt: De opwaartse kracht die een lichaam in een vloeistof of gas ondervindt is even groot als het gewicht van het volume vloeistof of gas dat is verplaatst.
- 131 L.F. Bouman, *Het wonderboek der luchtvaart* (Utrecht 1930) 1.
- 132 Matilda McQuaid (red.), *Extreme textiles. Designing for high performance* (New York 2005) 21.
- 133 John W.R. Taylor (red.), *De glorie van de luchtvaart* (Alphen aan de Rijn 1991) 25.
- 134 Ibidem, 72-73.
- 135 Adriaan Beukers en Ed van Hinte, *Lightness* (Rotterdam 2005) 59-66 en idem, *Flying lightness* (Rotterdam 2006).
- 136 McQuaid, *Extreme textiles*, 139-179.
- 137 <http://nl.wikipedia.org/wiki/Maanlander> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 138 Walter Lewin, *Gek op natuurkunde* (Amsterdam 2012) 267-288 en <http://ocw.mit.edu/courses/physics/8-01-physics-i-classical-mechanics-fall-1999/video-lectures/lecture-35/> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 139 Susan Brown, 'Textiles: fiber, structure and function' in: Matilda McQuaid, *Extreme textiles*, 36-38.
- 140 Cara McCarty, 'Nasa: advancing ultra-performance' in: McQuaid, *Extreme textiles*, 149.
- 141 Ibidem, 154-155.
- 142 James Essinger, *Jacquard's web. How a hand loom led to the birth of the information age* (Oxford 2004) 7-8.
- 143 Eric Broudy, *Book of looms*, 130.
- 144 Ibidem, 134.
- 145 Essinger, *Jacquard's web*, 36.
- 146 <http://www.itv-denkendorf.de>.
- 147 <http://www.wetenschap24.nl/videos/dat-willen-wij-ook/bouwen-met-glas.html> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 148 Hein van Lith, 'Bijzondere (proef)dieren #1 Slijmprikken en Lampreien' in: *Biotechniek* – nummer 50/4 (Utrecht augustus 2011) 145-152
- 149 <http://www.zoology.ubc.ca/labs/biomaterials/slime.html> (laatst bezocht op 5.7.13).

- 150 Tihana Šiletić, 'Die Edle Steckmuschel: *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758)' in: Felicitas Maeder (red.), *Muschelseide. Goldene Fäden vom Meergrund* (Basel 2004) 32.
- 151 <http://www.youtube.com/watch?v=LhjfGRJXabo> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 152 Lucia D'Ippolito, 'Zwischen alter Tradition und industriellen Ambitionen: Die Produktion von Muschelseide in Taranto' in: Maeder, *Muschelseide*, 92-98.
- 153 Felicitas Maeder, 'Annäherung an einen Mythos' in: Maeder, *Muschelseide*, 14, 17-18.
- 154 Voorjaar 2013 bracht Selma Sindram, hoofdredacteur van *Weven*, een bezoek aan Chiara Vigo, zie haar verslag in *Weven* nr. 4, jaargang 24 (Noordwijkerhout november 2013).
- 155 Leslie Brunetta en Catherine L. Craig, *Spider silk* (New Haven/Londen 2010).
- 156 Jessica E. Garb e.a.: 'Silk genes support the single origin of orb webs' in: *Science*, Vol. 312 no. 5781 (Washington 23 juni 2006) 1762.
- 157 <http://www.chm.bris.ac.uk/motm/spider/page4.htm> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 158 Silvio A. Bedini, 'Along came a spider – spinning silk for cross-hairs' in: *The American Surveyor* (Frederick mei 2005).
- 159 Simon Peers, *Golden spider silk* (Londen 2012).
- 160 Nienke Beitema, 'Zijderups krijgt genen om spinrag te spinnen' in: *NRC Handelsblad, Wetenschap* (Rotterdam 4 januari 2012) 17.
- 161 <http://www.scientias.nl/geiten-produceren-spinnenzijde/10055> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 162 Jalila Essaïdi: zie haar artikel elders in deze publicatie en *Bulletproof skin. Exploring boundaries by piercing barriers* (Veldhoven 2012).
- 163 E. Dijkmeijer, *Textiel, Deel 1 Grondstoffen* (Eindhoven 1944) 134-142 en N.N.: *La Soie* (Lyon z.j.).
- 164 Kolander, *Silkworker's notebook*, 21-23, 29.
- 165 Bert Hölldobler en Edward O. Wilson, 'The evolution of communal nest-weaving in ants' in: *American Scientist*, Vol. 71, No. 5, (Durham 1983) 490-499.
- 166 H.H. Ewers, *Mieren* (Den Haag 1931) 144-149.
- 167 Nicholas E. Collias en Elsie C. Collias, *Nest building and bird behaviour* (Princeton 1984) 223.
- 168 Ibidem, 64.
- 169 Beukers en Van Hinte, *Lightness*, 89.
- 170 Cornelis Houtman, *Het Oude Testament in zes Nederlandse vertalingen, deel II Samuël-Psalmen* (Zoetermeer 1979) 868-869.
- 171 *New International Version* op: <http://www.biblegateway.com/passage/?search=Psalm+139&version=NIV> (laatst bezocht 5.7.13).
- 172 Lindqvist, *Karakter van China*, 213-226.
- 173 Sander Voormolen, 'Kleppen kweken in het lab' in: *NRC Handelsblad, Wetenschap* (Rotterdam 25 februari 2012) 7.
- 174 Brown, Textiles in: McQuaid, *Extreme textiles*, 46-49.

- 175 Marjolein van Lieshout, *Tissue-engineered aortic valves based on a knitted scaffold*, proefschrift (Eindhoven 2005).
- 176 Brown, Textiles in: McQuaid, *Extreme textiles*, 49.
- 177 Ibidem, 50-55.
- 178 Julian Ellis, *Caption check*. (E-mail). Bericht aan Loan Oei, 4 juli 2013.
- 179 L. Van Langenhove (red.), *Smart textiles for medicine and healthcare. Materials, systems and applications* (Cambridge 2007) 85-107.
- 180 McQuaid, *Extreme textiles*, 94-95.
- 181 <http://www.britannica.com/blogs/2012/07/improving-on-perfection-the-swimsuit-issue/> (laatst bezocht op 5.7.13).
- 182 J.L. de Jager, *De draad van de toekomst. Opkomst, tegenslag en voorspoed van Koninklijke Nijverdal-TenCate 1945-1990* (Zutphen 1991) 182-219.
- 183 McQuaid, *Extreme textiles*, 96-97.
- 184 Ibidem, 18-19.
- 185 Peter Watson, *Ideeën tot 1100* (Utrecht 2005) 41-61.
- 186 Töm Klöwer, *Trommels & klankinstrumenten* (Diever 1996) 5-23.
- 187 Ruth Midgley (red.), *Encyclopedie van muziekinstrumenten* (Helmond/Brugge 1977) 166.
- 188 Dijkmeijer, *Textiel, deel 1*, 129.
- 189 Gill Rowley (red.) e.a., *Het muziekboek. Rondreis door de wereld van de muziek* (Londen 1978) 90-95.
- 190 Elizabeth Wayland Barber, *Women's work. The first 20,000 years. Women, cloth and society in early times* (New York/Londen 1994) 236-238.
- 191 Elmer G. Suhr, *Venus de Milo. The spinner* (New York 1958).
- 192 Harold Koda, *Goddess: the classical mode* (New York 2003) 16, 135, 219.
- 193 Georges Losfeld, *L'art grec et le vêtement* (Parijs 1994) 348.
- 194 Jean W. Sedlar, *India and the Greek world. A Study in the transmission of culture* (Totowa 1980) 61-67.
- 195 A.J. Bernet Kempers, *Gandhara en de Graeco-Boeddhistische kunst* (Amsterdam 1933).
- 196 Bernard Blistène, 'De heliotroop' in: *Fontana*, Tent.cat. Stedelijk Museum 29.4 – 12.6 1988 (Amsterdam 1988) 11.