



KONINKLIJKE
HOLLANDSCHE MAATSCHAPPIJ
DER WETENSCHAPPEN

PRIJSVRAAG 2014



“Wat is de beste uitvinding van de
laatste honderd jaar en waarom?”

Bekroonde essays

nrc >

PRIJSVRAAG 2014

“Wat is de beste uitvinding van de laatste honderd jaar en waarom?”

Bekroonde essays



KONINKLIJKE
HOLLANDSCHE MAATSCHAPPIJ
DER WETENSCHAPPEN

PRIJSVRAAG 2014



“Wat is de beste uitvinding van de
laatste honderd jaar en waarom?”

Bekroonde essays

nrc>

COLOFON

Uitgave: Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen

Redactie: Saskia van Manen

Drukkerij: StyleMathôt, Haarlem

ISBN: 978-90-78396-15-4

ISSN: 2212-5949

Oktober 2014

Exemplaren van deze uitgave kunnen zolang de voorraad strekt worden besteld bij de Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen. Ze zijn ook in PDF formaat te downloaden van de website van de Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen.

Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen
Postbus 9698
2003 LR Haarlem
secretaris@khmw.nl
www.khmw.nl

INHOUD

Voorwoord	7
Bart Kuipers De container is de beste uitvinding van de laatste 100 jaar	11
Ruben van Praagh Grensverleggend	21
Bernet Meijer A giant “laser”	31

VOORWOORD

Van 1753 tot 1917 schreef de Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen met grote regelmaat een Prijsvraag uit over uiteenlopende onderwerpen die vaak een spiegel van de tijdsgeest waren. Prijsvragen waren destijds de voornaamste bezigheid waarmee geleerde genootschappen hun doel, bevordering van de wetenschap, nastreefden.

In totaal zijn meer dan 1200 prijsvragen uitgeschreven in bovengenoemde periode. J.G. de Bruijn, oud-bibliothecaris-archivaris van de Maatschappij, heeft deze prijsvragen geïnventariseerd in een prachtig naslagwerk dat te verkrijgen is via het secretariaat van de Hollandsche Maatschappij.

Deze oude traditie is in 2010 in samenwerking met de NRC met succes in ere hersteld. In 2014 luidde de vraagstelling als volgt:

“Wat is de beste uitvinding van de laatste honderd jaar en waarom?”

Deze vraagstelling werd, na een oproep hiertoe in de NRC, opgesteld door Mevr. Prof. dr. C.L. Mummery. Zij ontvangt hiervoor een zilveren medaille.

De jurering was in handen van de Hollandsche Maatschappij. Maarten Huygen, Chef Opinie NRC Handelsblad, trad op als adviseur van de jury.

De vraagstelling leverde een groot aantal inzendingen op. De keuzes van de deelnemers varieerden van verwachte favorieten als de transistor en de pil tot de wasmachine, en weerspiegelen zo ook veel van de tevredenheden en ontevredenheden die wij voelen over ons

huidige leven en de verworvenheden daarachter.

Uit de 91 essays koos de jury, bestaande uit Dr. T. Goldschmidt, Mevr. Prof. dr. ir. T. van der Lippe en Prof. dr. ir. S. van der Zwaag, Bart Kuipers als winnaar van de gouden medaille. Hij werd op de voet gevolgd door de zilveren medaille winnaar Ruben van Praagh. Grote waardering was er ook voor de inzending van Bernet Meijer, die voor haar essay een eervolle vermelding ontvangt.

De drie bekroonde essays zijn gebundeld in dit boekje. Het winnende essay wordt tevens in een bewerkte versie gepubliceerd in de NRC.

De winnaars ontvangen de originele Prijsvraagmedaille uit 1753, met aan een zijde de Waarheid met palmtak en laurierkrans en Haarlem op de achtergrond, en aan de andere zijde Godsdienst en een gehelmde Nederlandse maagd bij het altaar. Beide zijden van de medaille zijn afgebeeld op de omslag van dit boekje.

Prof. dr. A.H.G. Rinnooy Kan
voorzitter
Koninklijke Hollandsche Maatschappij der Wetenschappen

oktober 2014

BART KUIPERS

Dr. B. Kuipers (1959) is in Spijkenisse geboren, onder de rook van de Rotterdamse haven. Na een studie economische geografie aan de Rijksuniversiteit Groningen werkte hij voor Rijkswaterstaat, de TU Delft en TNO. Tevens schreef hij een proefschrift over de chemische industrie in de Rotterdamse haven. Sinds 2008 werkt hij aan de Erasmus Universiteit Rotterdam en is verbonden aan het havenkenniscentrum 'Smart Port' alsmede aan de onderzoeks-bv 'RHV'.

DE CONTAINER IS DE BESTE UITVINDING VAN DE LAATSTE 100 JAAR

Amsterdammers die primair met de fiets naar een cultureel evenement of beroemd etablissement in de stad fietsen zien zelden een container of nemen hem hoogstens onbewust vanuit de ooghoeken waar. Net zoals lantarenpalen of stoplichten is de container een neutraal object. Op de snelwegen in ons land zijn containers opvallender. De gemiddelde bestuurder beoordeelt deze kleurige boxen met onbegrijpelijke lettercodes op de achterdeuren minder neutraal. Op sommige trajecten in ons land leidt de muur van rijdende containers op de rechterbaan of het rijgedrag van sommige chauffeurs - tergend langzaam inhalen of de truck 'er even tussengooien' - tot gevoelens van intimidatie. Ook distributiecentra, de bestemming van een groot deel van de containers, waardeert men vaak negatief: de veelal lelijk vormgegeven eenvormige witte 'dozen in ons landschap' ziet men als een vorm van horizonvervuiling en verrommeling. En evenmin als duidelijk is wat de inhoud van al deze containers is, is bekend wat in die dozen in het landschap nu eigenlijk gebeurt. Het is daarom niet verwonderlijk dat zelfs mensen 'tegen' containers zijn, zoals PvdA-dinosauriër Adri Duivesteijn die daarom moeilijk te overtuigen was als wethouder van Almere om een bedrijvenpark vol met dergelijke dozen in zijn gemeente te ontwikkelen.

De container is uitgevonden door de Amerikaan Malcolm McLean in het midden van de vorige eeuw en de eerste standaardcontainer kwam in 1965 in Rotterdam aan. De kracht van de container is de standaardisering: iedere container heeft wereldwijd dezelfde eigenschappen, waardoor hij overal kan worden opgetild aan zijn hoeken. De kracht van de uitvinding is ook de eenvoud: een box met deuren aan de achterkant, van staal, goedkoop te produceren. De container is niet los te zien van een infrastructuur die op zijn

standaardeisen is afgestemd: schepen, kranen, aangepaste treinen, vrachtwagens, binnenvaartschepen en informatie- en communicatietechnologie.

De container was een oplossing voor de dramatische congestie in zeehavens in de periode van mondiale groei na de Tweede Wereldoorlog. Het handmatig sjouwen met lading tussen kade en zeeschip betekende dat schepen soms dagen aan de kade lagen en andere schepen langdurig moesten wachten op een plek. Dit vormde een ernstige blokkade voor de groei van de internationale handel. De belangrijkste directe bijdrage van de container is een sterke verbetering van het functioneren van het maritieme handelssysteem. Zeehavens vormden niet langer barrières. Dit gaf een grote impuls aan de overzeese handel, leidend tot een aantal belangrijke wereldwijde verschuivingen.

Het huidige globaliseringsmodel is gebaseerd op de container. De container heeft volgens het blad *The Economist* meer voor de groei van de wereldhandel gedaan dan alle handelsakkoorden in de afgelopen vijftig jaar. Door de container is een wereldwijde arbeidsdeling mogelijk geworden waardoor producten op de optimale locatie worden geproduceerd. Arbeidsintensieve producten op locaties met lage lonen, zoals textiel in Bangladesh of elektronica in China. Agrarische producten op locaties met de juiste mix aan klimatologische omstandigheden. Het *Worldwatch* Institute verrichtte enige jaren geleden een onderzoek naar de herkomst van de ingrediënten van een gemiddelde Engelse maaltijd en nam een dramatische toename van de herkomstafstand van deze ingrediënten waar. En ook wij hebben in de gemiddelde supermarkt keuze uit bijvoorbeeld rundvlees uit Argentinië, bonen uit Vietnam, groene asperges uit Peru en wijn uit Nieuw-Zeeland - veel verder weg is niet mogelijk. De container heeft deze globalisering mogelijk gemaakt doordat het op de container gebaseerde maritieme systeem

dermate efficiënt werd dat transport over de wereld nauwelijks iets kost - vaak minder dan een procent van de waarde van het product.

Reken maar uit. In een container met wijn gaan ruim achttienduizend flessen. Per fles betaalt de consument 6,99 euro. Het transporttarief voor een dergelijke container is ongeveer 2.500 euro, per fles minder dan twee procent van de omzetwaarde - iets meer dan tien cent. Doordat men steeds meer wijn in bulk in grote zakken in containers vervoert, in plaats van in een fles, is het ook mogelijk om heel goedkope wijn uit Nieuw-Zeeland te exporteren. Door de container is transport over de wereld vrijwel gratis geworden, leidend tot de bekende stelling van de Amerikaanse goeroe Thomas Friedman: 'de wereld is plat'.

Deze globalisering heeft twee belangrijke effecten. Ten eerste zijn zo'n vijf- tot zeshonderd miljoen mensen in Azië onderdeel geworden van het internationale productiesysteem en daardoor welvarend geworden. De opkomst van een stabiele, nieuwe, welvarende middenklasse van vele honderden miljoenen burgers in de wereld is een van de belangrijke economische wonderen van de afgelopen honderd jaar en is in belangrijke mate mede mogelijk gemaakt door de container. Ten tweede profiteert de westerse consument sterk van de grote hoeveelheid goedkope producten die vanuit de hele wereld op hem of haar af komt. Overhemden van tien euro, grootbeeld televisies van nog geen vierhonderd euro, een winkelwagen vol met lollige designproducten van IKEA voor een habbekrats. De gemiddelde consument heeft een veel grotere keuze aan producten van over de hele wereld voor een steeds lagere prijs - een fles Nieuw-Zeelandse pinot noir voor 2,99 euro....

Daarnaast profiteert de Nederlandse economie van de container. Allereerst door de directe activiteiten die met de container samenhangen; de overslag in onze zeehavens en binnenlandse

terminals, het voor- en natransport van de containers naar het achterland, het management van de containers, het ketenmanagement gerelateerd aan de inhoud van de container en een hoeveelheid hoogwaardige dienstverlening gerelateerd aan de container, zoals juridische dienstverlening als een container tussen de wal en het schip is gevallen of het verzekeren van de inhoud van de container. Daarnaast is de container een belangrijke bron van verdergaande innovatie; ondernemers zijn bezig met de ontwikkeling van een container uit nieuwe hoogwaardige composietmaterialen, met de vouwbare container, met de vouwbare container uit composieten of met nieuwe software voor het plannen van containerterminals. Hoogwaardig wetenschappelijk onderzoek vindt plaats naar het efficiënter stapelen van containers (waarom staat de container die nodig is altijd onderop?) of het ontwikkelen van mogelijkheden om de groei van agrarische producten te laten stoppen zodat ze enkele weken in een container vervoerd kunnen worden. Met de bouw van een nieuwe generatie revolutionaire containerterminals op de Tweede Maasvlakte staat Nederland wereldwijd in de aandacht. Op deze terminals zit de kraanmachinist niet meer op de containerkraan, maar zit hij - of steeds meer: zij - op afstand in een operating room, vergelijkbaar met de vluchtleiding op Schiphol.

Nederland is de vijfde exporteur in de wereld gemeten naar de handel van goederen, vóór landen als Frankrijk, Zuid-Korea of het Verenigd Koninkrijk. Veel van die handel gaat in containers. De aanwezigheid in ons land van een van de meest efficiënte containerhavens ter wereld is erg belangrijk voor deze handel en betekent een strategisch voordeel. Maar de container heeft onze exportpositie structureel veranderd door het fenomeen 'wederuitvoer'. Wederuitvoer betekent dat een container, bijvoorbeeld met een lading elektronica uit China, in Nederland wordt geïmporteerd en de lading vervolgens in een distributiecentrum

wordt opgeslagen. Deze producten zijn nog generiek, maar kunnen in dat distributiecentrum snel worden toegesneden op de eisen van bijvoorbeeld de Oostenrijkse markt: men laadt Duitstalige software, voegt handleidingen en marketingmateriaal in de Duitse taal toe en exporteert het aangepaste product naar Oostenrijk. Dit exportmodel is inmiddels een pijler onder de Nederlandse economie. De helft van de Nederlandse uitvoer in 2011 is wederuitvoer: van de totale goederenuitvoer van 397 miljard euro is 192 miljard euro wederuitvoer. Het gaat bij de wederuitvoer vooral om machines en vervoermaterieel en industriële producten, terwijl de twee belangrijkste categorieën van de uitvoer van 'Nederlands product' uit grondstoffen en minerale brandstoffen en chemicaliën bestaan. Dit groeiende belang van de wederuitvoer naar vooral de overige landen van de EU heeft Nederland in de afgelopen decennia een succesvolle transformatie laten doorlopen richting distributieland, gebaseerd op de container.

De container is van groot belang geweest voor de globalisering van de wereldeconomie en de Nederlandse economie profiteerde daar krachtig van. Het bijzondere is dat de dominante rol van de container verder lijkt toe te nemen, ondanks een aantal nadelen. Het belangrijkste nadeel is de productie van CO₂ en andere emissies die samenhangt met het gesjouw van al die containers over de wereld met gigantische containerschepen. De kosten die samenhangen met deze uitstoot zitten niet in de prijs van het transport en de producten verwerkt. Het tweede nadeel is de congestie die onmiskenbaar een eigenschap is die samenhangt met containers: congestie op containerterminals en congestie op de infrastructuur naar de terminals in en rond de zeehavens. Het derde nadeel hangt samen met het systeem zelf: de belangrijkste ladingcategorie die wereldwijd wordt versleept is lucht. Een groot deel van de containers gaat leeg terug vanuit Europa en de VS naar Azië - naar schatting een derde van de vele miljoenen containers

die op de wereld worden vervoerd is leeg, maar de standaardcontainer zelf weegt wel twee ton. Omdat het vervoer van die lege containers goedkoper is dan volle containers worden ze volgepropt met marginale lading. Zo is oud papier, naast lucht, een van de belangrijkste ladingcategorieën van het transport tussen Rotterdam en China. Daarnaast zijn containers traag. Containertransport is een onderdeel van een keten van een kledingatelier in China tot de winkel in de straat die soms wel een doorlooptijd van twee maanden heeft. De mode verandert razendsnel en eenmaal in de winkel aangekomen kan net een andere kleur in de mode zijn, waardoor de kleding moeilijk verkoopbaar is. Ook kleven er culturele nadelen aan het op de container gebaseerde model van globalisering zoals maar weer eens zichtbaar werd bij de ramp in Bangladesh of door het feit dat groene asperges het hele jaar door op het schap liggen tegen een vergelijkbare kwaliteit, de ene keer uit Peru, dan uit Italië en vervolgens uit Limburg afkomstig.

Deze nadelen zijn een uitgangspunt voor vele verbeteringen van het containersysteem. Langzamer varen met steeds grotere schepen beperkt de CO₂-uitstoot, net als het gebruik van schone motoren en brandstoffen. Congestie pakt men aan door steeds meer in te zetten op de binnenvaart en door nieuwe logistieke innovaties, zoals het door ECT ontwikkelde logistieke concept synchromodaliteit, ook resulterend in meer binnenvaart. Voorts produceert men steeds meer lokaal, in plaats van in China als werkplaats van de wereld. Kledingproducent Zara produceert de helft van haar productie voor de Europese markt 'lokaal' in Spanje en Portugal om snel op markttrends te kunnen reageren. Deze lokale productie krijgt wellicht een impuls door de toepassing van de 3D-printer, waarbij gymschoenen niet meer in China, maar op maat en met de gewenste prints 'om de hoek' worden gemaakt. Ook de komst van inklapbare en lichtgewicht containers van composietmateriaal neemt belangrijke nadelen weg.

De container is daarmee nog volop in ontwikkeling en blijft succesvol. Op dit moment is bijvoorbeeld een verschuiving waarneembaar van producten die men traditioneel via de lucht vervoert naar vervoer per zeecontainer, zoals bloemen. Ook goederen die men normaliter in gespecialiseerde schepen vervoert, zoals bananen, gaan steeds meer in containers. Er zijn wel wetenschappers die, naar analogie met olie, spreken van de huidige tijd als 'peak container': wij bevinden ons nu op het hoogtepunt van de globalisering rondom de container en de nadelen van de container, alsmede de nieuwe kansen die 3D-technologie gaan bieden, zullen zorgen voor negatieve groei. Dit betekent een impliciete bedreiging voor ons land, inmiddels in belangrijke mate gestructureerd rond de container en is een relevante boodschap gerelateerd aan het toekomstige verdienvermogen van ons land. Naast verslaafd aan olie en gas lijkt de Nederlandse economie in toenemende mate verslaafd geraakt te zijn aan het goedkope transport door containers.

Echter, het primaire belang van de uitvinding van de container ligt in de impact op zowel de wereldeconomie als de Nederlandse economie. En in de beschikbaarheid van dat geurige en betaalbare glas sauvignon blanc uit Nieuw-Zeeland, dat u wellicht drinkt bij het lezen van dit stuk.

RUBEN VAN PRAAGH

Drs. R.E. van Praagh MA (1978) is schrijver. Hij schrijft journalistieke en commerciële teksten in het Nederlands en Engels, van website tot achtergrondartikel, tot zakelijk voorstel. Hij is organisatiekundige en bedrijfseconoom en publiceert ook op diverse websites.

GRENSVERLEGGEND

“Space. The final frontier.” Met deze epische betiteling beginnen afleveringen van Star Trek. Het universum en de menselijke verkenning daarvan worden neergezet als een groots avontuur - en als een menselijke prestatie. Van groots formaat. Want de ruimtevaart, die wij in 1957 zijn begonnen, is een uitvinding van enorm belang.

Bepalen wat de beste uitvinding is van de afgelopen honderd jaar, is een leuke test voor mij. Het gaat dus om een uitvinding sinds 1914, het jaar dat oorlogvoeren opnieuw werd uitgevonden. Is dat een ding? Een concept? Een organisatie? Kies ik voor een heel onopvallend klein voorwerp, waarvan de impact afgeleid heel groot is - iets dat het vlindereffect heeft? Eerlijk gezegd wist ik het niet meteen. Een concept als de Volkerenbond is een voorloper van de VN, de EU en was in veel opzichten een goed idee, dat uitgevoerd werd met veel inefficiëntie. Of dan toch de mobiele telefoon? Een uitvinding die ons straatbeeld en ons gedrag de afgelopen twintig jaar danig veranderd heeft. Maar wacht, daarbij was het touchscreen ook heel belangrijk. Of de microprocessor.

Ik kom uit op de uitvinding van een concept, dat de technologie die er was benut heeft en die heeft aangejaagd tot een veel hoger niveau. Daarbij valt te denken aan de microchip, aan Formule 1 autoracen, aan het computerprogramma, en aan de ruimtevaart. Het computerprogramma valt al snel af: het is een 19e-eeuwse uitvinding van Ada Augusta, die op een toen nog mechanische rekenmachine moest worden toegepast. De microchip heeft dat een stuk makkelijker gemaakt, een technologische vooruitgang die als aanjager heeft gewerkt voor computers, mobiele technologie en meer. Maar Formule 1 heeft meer te bieden dan dat: net als de microchip is dit sportcircuit een aanjager van technologie, waarvan

een deel ons dagelijks leven raakt, met efficiëntere motoren, betere remmen, gewichtsbesparing en veilige brandwerende kleding, maar daarnaast spreekt het miljoenen mensen overal ter wereld aan. Er is een emotionele lading, een bewondering voor de coureurs en de teams. Daarom heb ik serieus Formule 1 en ruimtevaart bekeken. De verering van de coureurs en teams is nog groter dan die van ruimtevaarders, maar de ruimtevaart - ook en vooral de onbemande - draagt nog meer bij aan onze kennis en ontwikkeling.

Ruimtevaart is het verlaten van onze atmosfeer met door de mens gebouwde apparatuur, al dan niet met mensen aan boord. Afhankelijk van je manier van meten, 'begint' ruimtevaart op een hoogte van zo'n tachtig tot honderd kilometer. Het begon met een Nazi-raket van het type V2, die in 1944 hoog genoeg kwam om de ruimte te bereiken. Daarna werden nog meer raketbommen tot grote hoogten gestuwd, soms zelfs met een fotocamera aan boord. Na het bommentuig duurde het nog zo'n dertien jaar tot er met Spoetnik een echt apparaat in de ruimte gebracht werd. En toen begon het tijdperk van de ruimtevaart, *the Space Age* volgens de Amerikanen. Een tijdperk waarin wij steeds, over allerlei eraan gerelateerde onderwerpen, kunnen zeggen: wauw!

Is ruimtevaart wel een uitvinding van de afgelopen honderd jaar? Om dat te bepalen is een extra criterium nodig. Daarom stel ik het volgende: iets is pas een goede uitvinding, als het gerealiseerd is. Tot die tijd is het een idee, of zelfs een fantasie. De (geostationaire) communicatiesatelliet was in 1945 een idee van Arthur C. Clarke. Maar het was een uitvinding van het team van Sovjet-wetenschappers onder Sergei Korolev die Spoetnik lanceerden in 1957, of anders van de Amerikaanse wetenschappers van Hughes Aircraft Company, die Syncom 3 bouwden, de eerste satelliet die daadwerkelijk geostationair was. De reis naar de maan mag, bijvoorbeeld, door Jules Verne gefantaseerd zijn, maar het schijnen

toch de Amerikanen te zijn die de uitvindingen combineerden om deze reis te realiseren. En de bemande vlucht naar Mars is, volgens dit strakkere criterium, nog niet uitgevonden - maar natuurlijk al wel bedacht.

Wring ik mij nu in allerlei bochten? Welnee, ik toon respect voor De Uitvinder, door deze te waarderen omdat die de kunst verstaat fantasie, idee en realiteit te kunnen combineren. Een uitvinding is een hele prestatie, en de ruimtevaart is daarvan in de afgelopen eeuw zonder meer de *primus inter pares*.

Het pad van vooruitgang van de ruimtevaart is wonderbaarlijk. Van vliegende bommen naar een bol met sprietjes en een radiootje. Maar dan wel een bol die rondjes om de aarde vloog. Wauw! En het eerstvolgende ruimtevaartuig van de Sovjets had zelfs al een hondje aan boord. In die tijd maakte niemand zich er druk om, dat de arme Laika een enkelkje had naar de ruimte en de aarde niet levend zou terugzien. Daarna kwamen de Amerikanen erbij en werd de *space race* verder uitgevochten.

Wacht eventjes. Een race? Dus die bloedserieuze en o zo belangrijke ruimtevaart was net zo zeer een wedstrijdje als die Formule 1 autootjes?

Ja. De ruimterace was een wedstrijdje. Een wedstrijd die meer om prestige ging dan welke ook in de hele twintigste eeuw. Niks mooiste Olympische Spelen, niks beste schakers, niks 'onze ideologie wint het in dit Aziatische land'. De prestigestrijd om de ruimte werd op staatshoofdenniveau gestreden. De partijleider en de president waren jongetjes die met hun raketjes mochten spelen, en de wetenschappers waren hun vriendjes die zeiden: "Weet je wat ook spannend is?"

En zo komt het dat de jaartallen 1957, 1961, 1969 en, in mindere mate, 1965, 1971 en 1981, als mijlpalen van de ruimtevaart en van de Koude Oorlog worden gezien. Na Spoetnik in 1957 haalde de Sovjetunie ook de tweede mijlpaal door Joeri Gagarin als eerste mens in 1961 te lanceren (en heelhuids terug te laten komen). In 1969 kwam president Kennedy's belofte uit, toen de Amerikanen de eerste mensen op de maan brachten - iets dat zo ongelooflijk is, dat er nog steeds veel mensen geloven dat het allemaal geënceneerd was. In 1965 maakte Aleksej Leonov een ruimtewandeling en in 1971 werd met Saljoet 1 het eerste ruimtestation een feit. In 1981 werd de Space Shuttle gelanceerd, waarschijnlijk het eerste ruimteschip dat ook esthetisch aanspreekt. Toen in de jaren tachtig de Koude Oorlog uit de lucht ging, was het met de ruimte race ook voorbij. Hoewel Europa, Japan en China ook ruimteonderzoek blijven doen, is de NASA leidend in de ruimtewereld geworden, met de Russen nog steeds als goede tweede, die niet langer ambiëren om eerste te zijn.

Hoe is dit langlopende prestige project in hemelsnaam de belangrijkste uitvinding te noemen? Er zijn miljarden Roebels en Dollars opgegaan aan prestaties die meer show waren, dan wetenschap. Ja, wauw, wat een geld. Maar is dat geld echt verspild? Nee, hoewel het waarschijnlijk beter besteed had kunnen worden, zijn de miljarden van de ruimte race aangewend om grote en kleine wetenschappelijke doorbraken te bereiken. Zo was het natuurlijk nodig om voor ruimtewandelingen een geschikt ruimtepak te ontwikkelen. De kennis die daarbij is opgedaan, heeft ons veel geleerd over straling, het tegenhouden ervan en de reacties van het menselijk lichaam op straling in de ruimte.

Het militaire aspect is zowel de grootste belemmering als de grootste aarde-gerichte aanjager van vooruitgang in de ruimtevaart. Het was het beste excuus dat de leider-jongetjes en hun enthousiaste

wetenschapsvriendjes hadden om geld in de ruimte te gooien. De vliegende bommen van de Duitsers werden steeds geavanceerdere intercontinentale kernraketten, waarvan sommige in de atmosfeer bleven, maar andere wel degelijk via de ruimte op hun doel afgingen. Er was ook een militair monopolie op de ruimte, een monopolie dat overigens in de vrije markt van de Verenigde Staten al in de vroege jaren zestig doorbroken werd. Onder militaire supervisie mochten commerciële bedrijven hun communicatiesatellieten ontwikkelen en lanceren. De militairen bleven wel sturen: raketten werden ontwikkeld in een waas van staatsgeheimen, wetenschappers mochten lang niet al hun vindingen publiceren.

Aan de andere kant: onze prachtige foto toestellen en videocamera's komen voort uit spionagetechnologie die voor vliegtuigen en spionagesatellieten ontwikkeld werd. Ons GPS-netwerk, waarmee we allemaal onze routeplanners kunnen laten werken, bestaat uit een van oorsprong militair netwerk van geostationaire satellieten. Talloze bedrijven hebben met enorme creativiteit van deze technologie gebruik gemaakt om nieuwe technologie te ontwikkelen, waardoor wij beter weten waar wij zijn en waar wij zo dringend heen moeten.

Na de ruimterace blijft de ruimtevaart ons ontwikkelingen opleveren. Voor het doen van natuurkundig ruimteonderzoek is weinig of geen militaire reden nodig. De hang naar kennis en, om een voornaam voorbeeld te noemen, de zoektocht naar alternatieve energiebronnen zijn inmiddels dusdanig sterk in de mensheid verankerd, dat wij hierin onszelf opstuwen om meer en meer uit onze ruimtevaart te halen. En zo komen wij aan de motivatie om onderzoek te doen, dat niet op de aarde, maar naar buiten toe gericht is. De in 1977 gelanceerde Voyager ruimtesondes zijn nog steeds aan het meten, zij het heel beperkt, en daardoor begrijpen wij nu beter hoever de verschillende invloedssferen van de zon reiken

en aan wat voor krachten onze technologie in de interstellaire ruimte wordt blootgesteld. Onze kennis over het universum is enorm toegenomen door satellieten en sondes als SOHO (observeert de zon en kometen), NEAR (geland op een planetoïde), Cassini (Saturnus), en de wereldberoemde Hubble Space Telescope.

Onbelangrijke kennis? Nee, wij kunnen een eventuele inslag op onze planeet nu eerder zien aankomen, en, afhankelijk van het object en onze eensgezindheid, zou dat zelfs op tijd kunnen zijn. Wij kunnen mogelijk andere levensvormen ontdekken. Wij kunnen mijnbouw ontwikkelen op andere werelden. Wij kunnen een zonestorm zien aankomen en tijdig allerlei apparatuur uitschakelen. Wij hebben ontzettend toegenomen kennis van evenwicht, omloopbanen, gyroscopen, katapulteffecten en andere dynamica. Wij kunnen meer en meer zonne-energie opvangen en benutten in plaats van fossiele brandstoffen. Wij zijn dichterbij een theorie die alle energie en massa verklaart - een Grand Unification Theory of GUT - en die bewijst en uitlegt waarom Einstein gelijk had dat massa en energie twee verschillende uitingen van hetzelfde zijn. En, oh ja, bijna vergeten, wij hebben een steeds wetenschappelijker verklaring voor de vraag "Waar komen wij vandaan?". Als wij niet in de ruimte hadden kunnen experimenteren en observeren, was dit allemaal nu nog onbereikbaar geweest.

Ruimtevaart heeft onze wetenschap grote stappen vooruit laten zetten. Ook de manier waarop dat is gegaan, maakt de ruimtevaart tot een zo ontzettend belangrijke uitvinding. Ruimtevaart was en is een grote inspanning van vele duizenden mensen, niet alleen van een of twee briljante mensen, maar van heel veel briljante of in ieder geval slimme mensen die samenwerken. Dit heeft zich geuit in min of meer tijdelijke dorpen van twintig- tot vijftigduizend mensen rond lanceerbases als Baikonoer (toen Sovjetunie, nu Kazachstan), mensen die in een lege woestijn woonden om te werken aan een

grootse menselijke prestatie. Tegenwoordig, in het International Space Station, werken talloze landen, waaronder de oude Koude Oorlog-vijanden, samen om hoogwaardige wetenschap te bedrijven. Waar veel theoretische natuurkundigen aan hun GUT bouwen met in de astronomie en de ruimtevaart opgedane kennis, is de ruimtevaart zelf ook een Grote Unificator; ondanks gezonde rivaliteit en competitie, zien de mensen die bij de ruimtevaart betrokken zijn steeds weer, dat samenwerken hen het verst brengt.

Astronauten die de aarde vanuit de ruimte gezien hebben, maken vaak een verandering door. In het stille vacuüm van de ruimte zien ze in, hoe kwetsbaar de aarde is, en hoe de mensheid onze planeet verandert, ten goede en ten kwade. Wubbo Ockels streed, zoals vele astronauten, tot zijn laatste snik voor een groter milieubewustzijn en voor de toekomst van onze planeet. Wij gaan ons door ruimtevaart om onze toekomst bekommeren. Dan is het wel een aardige uitvinding, nietwaar?

BERNET MEIJER

Bernet Meijer (1994) is tweedejaars bachelorstudente Natuur- en Sterrenkunde aan de Universiteit van Amsterdam. Daarnaast is ze bestuurslid van het Europees Jeugdparlement Nederland.

A GIANT “LASER”

Macht. Dat is wat de laser uitstraalt. Deze uitvinding uit de 20e eeuw is behalve in zijn enorme en vernietigende vorm ook bekend als Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation: een precisiewerktuig en een van de meest elegante technieken waarmee wij als mensen de natuur hebben weten te manipuleren. De laser heeft inmiddels een onmisbare positie ingenomen achter de schermen van ons dagelijks leven. Achter dit fantastisch instrument schuilt een stevig staaltje natuurkundig denkwerk, waardoor tot op de dag van vandaag onderzoekers geïnspireerd raken tot het aangaan van grootse uitdagingen die de wetenschap verder helpen, of onze mondiale dromen kunnen verwezenlijken.

De laser vindt zijn oorsprong in de ontdekkingen die zijn gedaan door de befaamde Albert Einstein. In 1905 beschreef Einstein de wet voor het foto-elektrische effect: een wet die de ontwikkeling van de kwantummechanica initieerde en waarvoor Einstein in 1921 de Nobelprijs ontving. Met de wet die Einstein opstelde werd tevens de ontwikkeling van de laser ingeluid.

Het foto-elektrische effect is een natuurkundig verschijnsel waarin de afstand van een elektron tot haar atoomkern wordt veranderd door het absorberen of het uitzenden van licht. Laten we een kijkje nemen naar het model van een atoom om dit effect te verduidelijken. Een atoom bestaat uit een kern waaromheen elektronen draaien in cirkelvormige banen. Elektronen beschrijven banen die een verschillende grootte kunnen hebben. Hierbij geldt dat hoe groter de baan (dus hoe groter de afstand van het atoom tot de kern), hoe groter de energie die het elektron heeft. Einsteins genialiteit berustte erop dat hij voorstelde dat de energieën van het elektron niet continu zijn, maar discrete niveaus aannemen. Dit betekent dat een elektron een discreet pakketje energie moet opnemen of

afstaan om van energieniveau te veranderen. Dit pakketje wordt in de kwantummechanica een golfpakketje genoemd en is in het foto-elektrische effect een pakketje van licht: het foton.

In een laser wordt het foto-elektrische effect gebruikt voor het creëren van de laserstraal. Eerst wordt er door een bron (bijvoorbeeld een lamp) energie toegevoegd aan het lasermateriaal. In dit materiaal zullen sommige elektronen zich dan naar een hoger energieniveau verplaatsen. In de meeste materialen vervallen de elektronen meteen spontaan terug in hun oorspronkelijke niveau, onder het uitzenden van een foton. In bepaalde materialen (die dan ook voor de laser uitgezocht worden) blijven de elektronen voor een heel korte tijd op het onstabiele hogere niveau. Op het moment dat meer dan de helft van de elektronen zich op dat niveau bevinden, zal een foton dat wordt uitgezonden door één elektron dat spontaan vervalt een ander elektron raken, dat dan wordt gestimuleerd wordt om te vervallen. Deze zendt opnieuw een foton uit dat precies dezelfde energie zal hebben als het vorige foton en zo ontstaat een kettingreactie die gestimuleerde emissie wordt genoemd, te vergelijken met een reeks dominoblokjes die aangestoten wordt. Doordat de fotonen dezelfde energie hebben zal het lasermateriaal licht uitzenden dat uit één kleur bestaat. Door de verdere constructie van de laser wordt de intensiteit verhoogd, wordt het licht gebundeld en zal er een evenwijdige, monochrome laserstraal ontstaan.

De eerste werkende laser werd gebouwd op 16 mei 1960 door Theodore Maiman, een ingenieur aan de Hughes Research Laboratory in California, door een staaf robijn met een krachtige lamp te beschijnen. Sindsdien wordt niet alleen robijn als lasermateriaal gebruikt, maar ook materialen zoals glas, halfgeleiders en gas. Het belangrijkste beginsel van ons waarnemingsleven, licht, hebben we weten te vangen en te concentreren tot een intense

superstraal. Dit is op zichzelf een wonderschone natuurkundige prestatie, maar zelfs buiten de esthetiek van de fysica heeft de laser velen geïnspireerd en een nieuw tijdperk ingeluid: het tijdperk van precisiewerk.

Kleine deeltjes en structuren zijn niet langer theoretische objecten, maar zijn tastbaar en maakbaar geworden voor de mens. Waar de evolutie haar limiet bereikte in het verfijnen van onze lompe zoogdierenmotoriek, heeft het brein ons de mogelijkheid gegeven onze vingers uit te strekken over lange afstanden en tot op de millimeter precies. Lasers spelen een grote rol in het waarnemen van minuscule structuren en kennen vele toepassingen in de wetenschap en technologie waar werken op microniveau vereist is. Door de concentratie van extreme hitte op een minuscuul oppervlak kent de laser toepassingen in de industrie en de medische wereld en kan je lasers vinden in de cd-brander van je computer, in glasvezelkabels voor telecommunicatie met Amerika, in het navigatiesysteem van een vliegtuig en in die coole pennen waarmee je je buurman tijdelijk kunt verblinden. De laser is een verlengstuk van onze zintuigen en mentale en fysieke capaciteiten dat onmisbaar is geworden in ons hedendaags bestaan.

Wat maakt iets onmisbaar? Natuurlijk zouden we ook zonder de laser kunnen voortleven en is muziek ook prima te luisteren via een lp. Onmisbaarheid is een kenmerk wat wij als mens zelf creëren. Iets is niet onmisbaar van oorsprong, maar iets is onmisbaar wanneer het in onze cultuur verweven raakt en uitgroeit tot een element waar wij waarde aan hechten. De unieke positie die de laser inneemt, is dat ze perspectief biedt tot toekomstig onmisbare toepassingen. Men is zo geïnspireerd geraakt door de laser, dat nieuwe toepassingen als loten aan de tak verschijnen. Slechts dertig jaar geleden is het eerste trans-Atlantische glasvezelnetwerk aangelegd; tegenwoordig is een wereldwijde telecommunicatie niet

meer weg te denken. Vorig jaar ontdekten wetenschappers van de Nanyang Technological University een manier om huidige koelsystemen, die een stof gebruiken die schadelijk is voor de ozonlaag, te vervangen door een revolutionair koelsysteem dat gebruikt maakt van lasers; wellicht lopen we over 30 jaar allen met een zelfkoelende chip in onze telefoon - onmisbaar, toch? De uitvinding van de laser leek niet direct een oplossing van een probleem te zijn, maar was een oplossing die tot op de dag van vandaag zijn toepassingen zoekt: de meest pure vorm van innovatie.

Het type ideeën dat de laser heeft voortgebracht, is van een zeker paradoxale aard. Iets wat vooral bestemd is voor precisiewerk, het knutselen met onderdelen ter grootte van je nagel en het feilloos afsnijden van fragiel materiaal, heeft geïnspireerd tot juist ideeën op zeer grote schaal. Er wordt gestreefd naar mondiale impact door de laser in te zetten voor *global challenges* zoals watertekorten en klimaatverandering. Juliet Gopiath, een jonge wetenschapster aan de University of Colorado Boulder, is bezig met onderzoek naar het gebruik van ultraviolette lasers in een waterzuiveringsinstallatie. De eerste van deze soort is opgezet in Rwanda en past perfect in de context van ontwikkelingshulp. Ook de Europese Unie heeft de innovatie in de laserwereld niet over het hoofd gezien en steunt sinds 2009 een grootschalig zonne-energie project waarbij lasers de productie van zonnepanelen efficiënter en goedkoper maken. We praten hier over reusachtige technologische ontwikkelingen die een goede kans hebben op het verwezenlijken van onze dromen van een betere wereld.

Terug naar een wat vertrouwdere context. Waar lasers natuurlijk echt voor staan, is macht, *destruction* en oorlogsgadgets. Lasers worden bij de krijgsmacht veelvuldig gebruikt als doelzoekers en het neerhalen van kleine projectielen, maar dat is niet van het soort dat we met het krachtige woord 'laser' associëren. Een laser is dat

ding waarmee Gustav Graves in *Die Another Day* de wereld bedreigde totdat James Bond zijn snode plannen wist te verhinderen. Een *Giant "Laser"* is dat ding dat Dr. Evil op de maan plaatste om zo Washington D.C. te vernietigen. Een laser is dat ding waarmee de *lightsaber* moeiteloos door *stormtroopers* heen snijdt (hoewel de vorige voorbeelden ook een redelijke ongeloofwaardigheid met zich mee dragen, is de *lightsaber* voor een natuurkundige al helemaal een hilarische fantasie. Het is ondenkbaar dat een straal licht zomaar stopt aan het einde van het zwaard.). Een laser heeft zich in de maatschappelijk gedeelde geest gemanifesteerd tot een groots instrument dat een hoofdrol inneemt in utopieën en dystopieën waar we ons graag - al is het maar voor de duur van een bioscoopfilm - in onderdompelen.

De laser is een grootse uitvinding die nog steeds aan het groeien is. De gedachte-experimenten van de theoretisch fysicus Einstein hebben zich ontwikkeld tot een techniek die de meest brede variatie aan toepassingsmogelijkheden heeft. Een staaltje denkwerk, vakmanschap en elegante natuurkunde is het, dat in het creatieve brein wordt vertaald naar grootse ideeën. Wat Dr. Evil niet is gelukt, heeft de laser met kleine moeite voor elkaar gekregen: de laser heeft onze wereld veroverd.

EERDERE UITGAVEN:

Prijsvraag 2010 “Is het geoorloofd in ons doen en laten met de onkunde van anderen ons voordeel te doen? Zo ja, in welke gevallen en welke mate?”

Prijsvraag 2011 “Hoe ver mogen we gaan met het behoud van individueel menselijk leven?”

Prijsvraag 2012 “Van wie is de stad?”

Prijsvraag 2013 “Wat is luxe?”

