

Appendix B. De innovatievergelijking

We kunnen het simpele modelbedrijf dat wordt beschreven in hoofdstuk 7 gebruiken als illustratie voor het idee van een faseovergang binnen organisaties en om de in de tekst getoonde vergelijking af te leiden.

Het organisatieontwerp is de boom in de afbeelding in het segment ‘Touwtrekken’ in hoofdstuk 7. De spanwijdte van management (S) is constant. Op het onderste niveau van de structuur ($\lambda = 1$) bevinden zich de doeners, medewerkers die aan projecten werken. Het volgende niveau ($\lambda = 2$) is de laag van de projectmanagers. Op de hogere niveaus bevinden zich de professionele managers (managers van managers, regionale chefs, functionele supervisors, etc.). Het totale aantal medewerkers binnen de organisatie is dan $N = (S^L - 1) / (S - 1)$ waarin L staat voor het aantal niveaus (levels). Als $L = 2$, zijn er twee niveaus. Er is maar een project, en het aantal medewerkers is $S + 1$.

We schrijven de compensatie van iedere medewerker als $C = C_S + C_E$, waarbij de eerste component het basissalaris is en de tweede het vermogensaandeel in de vorm van vermogensenheden, zoals aandelen of aandelenopties. (We zouden ook met gemak een jaarlijkse bonus in cash kunnen toevoegen, maar het is beter om te beginnen met het simpelste model). We nemen aan dat het salaris met elk niveau toeneemt met een constante fractie, g . Het basissalaris is dan $C_S = C_{S0} (1 + g)^{\lambda-1}$. We schrijven de waarde van het vermogensaandeel als een percentage van de nominale waarde: $C_E = a N_{VU}(\lambda) P_{sh}$, waarin N_{VU} staat voor het gemiddelde aantal vermogensunits dat wordt bezeten op niveau λ ; P_{sh} staat voor de aandelenprijs van het bedrijf en a (een variabele die irrelevant is voor de conclusies) geeft voor alle medewerkers hetzelfde percentage aan. Schattingen van de waarde van aandelenbelangen als een simpele veelvoud van de nominale waarde worden vaak in bedrijven gebruikt als er geen behoefte is aan de details van meer verfijnde modellen zoals Black-Scholes. (Zowel het veelgebruikte salarisonderzoek van Radford als publieke richtlijnen doen het zo.) We nemen vervolgens aan dat het vermogensbelang toeneemt met dezelfde fractie als het salaris, zodat $N_{VU}(\lambda) = N_{VE} (1 + g)^{\lambda-1}$. Als dus $g = 15\%$, nemen het basissalaris en het vermogensaandeel van een medewerker bij elke promotie toe met 15 procent.

Laten we om de inspanningen van de medewerkers te koppelen aan de bedrijfswaarde aannemen dat de ondernemingswaarde van het bedrijf W_{ond} de som is van de verwachte waarde van individuele projecten (en dat die waarde amper wordt beïnvloed door niet aan projecten gerelateerde factoren). Om het eenvoudig te houden nemen we ook aan dat elk project dezelfde verwachte waarde W_0 heeft. Om gedrag te koppelen aan prikkels schrijven we x als het gedeelte van hun werktijd dat medewerkers op niveau λ besteden aan maximalisatie van de verwachte waarde van hun projecten binnen de spanwijdte van hun controle (W_{sp}) en y voor het gedeelte dat ze besteden aan politieke manoeuvres (maximalisatie van de kans op promotie naar het volgende niveau, los van werk aan projecten). Als we aannemen dat de totale werktijd een gegeven is, is $x + y = 1$.

We kunnen makkelijk aantonen dat voor een medewerker op niveau λ met een spanwijdte van projecten W_{sp} de verandering in compensatieprikkel door een verhoging van de aan politiek bestede tijd y

(FORMULE) is

Hier is g (MET TILDE!) = $\ln(1 + g)$; het rendement van politiek, $R_P = (d\lambda/dy)$, is de waarschijnlijkheid dat meer politiek zal leiden tot een promotie; en het rendement van technische vaardigheden R_S is het verbeteringspercentage in de waarde van de toegewezen projecten als gevolg van de toename van de tijd die wordt besteed aan werk (wat ik in de tekst projectvaardigheid heb genoemd). In dit model zal een bedrijf met medewerkers die volledig zijn gefocust op hun projecten ($x = 1, y = 0$) politiek buiten de deur weten te houden zolang de bovenstaande grootheid negatief blijft. Met andere woorden: als de politieke term (de eerste term aan de rechterkant) kleiner is dan de projectterm (tweede term aan de rechterkant), zodat een toename van de tijd die wordt besteed aan politiek (y) de prikkel van compensatie doet afnemen. De daaruit voortvloeiende ongelijkheid noemen we de toestand zonder politiek.

Aangezien de spanwijdte met een hogere hiërarchische positie toeneemt, zullen politieke spelletjes zich binnen de groep professionele managers eerst voordoen op het laagste niveau ($\lambda = 3$). Elke manager heeft een spanwijdte van S projecten. Het totale aantal projecten in de organisatie is S^{L-2} (ongeveer gelijk aan N/S (bij een hoge S)). vandaar dat (W_{sp}/W_{ond}) voor dit niveau gelijk is aan S^2/N . De vergelijking die waarborgt dat er tussen de managers van de organisatie geen politieke spelletjes worden gespeeld wordt dan:

(FORMULE)

Hier is het vermogensaandeel $N = C_N/C$; de fitheid F van de organisatie (zie de tekst) = R_S/R_P ; en g (MET TILDE!) = $\ln(1 + g)$ (ongeveer gelijk aan) g (voor een kleine g). Dit leidt tot de vergelijking in de tekst.

Het zal kenners niet ontgaan dat het begrip faseovergang alleen wordt gedefinieerd in de strikt wiskundige betekenis, in de thermodynamische limiet van een oneindig aantal lichamen met onderlinge interactie. Niettemin passen wetenschappers deze ideeën ook toe op niet-oneindige systemen, zoals auto's op snelwegen of toeschouwers bij rockconcerten.

In het in mei 2013 verschenen nummer van *Physical Review Letters*, het vooraanstaande tijdschrift in dit vakgebied, stond een analyse van faseovergangen bij heavymetalconcerten. De analyse bracht een 'ongeordende, gasachtige toestand, een zogeheten *mosh pit*, en een geordende vortexachtige toestand, de *circle pit*' aan het licht. De auteurs hadden bij de concerten fasescheiding waargenomen en hadden een fasediagram met twee parameters bijgevoegd zodat de lezer zich een voorstelling kon maken van de dynamiek (zoals wij met bosbranden en snelwegen hebben gedaan in hoofdstuk 6).*

Hoewel het soms wel zo lijkt, is het aantal mensen bij heavy metalconcerten niet oneindig. De wetenschap van faseovergangen wordt gebruikt omdat die ons helpt begrijpen

* De auteurs hadden op YouTube filmpjes bekeken van meer dan honderd concerten en hadden vastgesteld dat de mosh pits en circle pits 'robuust en reproduceerbaar zijn en grotendeels onafhankelijk van factoren zoals muzikale subgenres, de timing van het optreden, de omvang van het publiek of de zaal, suggesties van de band, de tijd van het jaar en de socio-economische status van de moshgangers.' (Silverberg et al., 'Collective Motion of Humans in Mosh and Circle Pits at Heavy Metal Concerts,' *PRL* 110 [2013].)

waarom en hoe systemen plotseling omslaan. We gebruiken dat begrip om die systemen te beheren; als een bron van ideeën om veiligere bossen of betere snelwegen te ontwerpen, of – en dat doen we hier voor het eerst – innovatievere bedrijven.

De kleine effecten op $1/N$ van een eindige in plaats van een oneindige N zijn voor deze doeleinden grotendeels irrelevant (voor systemen met meer dan honderd componenten zijn die effecten minder dan 1 procent).

Het zou kunnen dat puristen de wens koesteren dat er een grote N -limiet wordt gedefinieerd waarin in de strikte betekenis sprake is van een faseovergang. Dat gebeurt in het bovenstaande model. We kunnen ons een groei van het salaris van niveau tot niveau voorstellen die afneemt naarmate N toeneemt, zodat $gN \rightarrow g_0$, waarbij g_0 een van N onafhankelijke constante is. In dat geval ondergaat het systeem een overgang, in de hoge- N -bij een kritische spanwijdte van management (steilheid van de organisatiestructuur) die wordt gedefinieerd door $S^2_{kritisch} = g_0/EF$. Een ander, maar gerelateerd model, zonder de aanname van een verdwijnend groeitempo van compensatie, laat ook een goed gedefinieerde overgang zien in de hoge- N limiet. Als we uitgaan van een constante cashbonusfactor (en dus niet vermogen), vinden we dezelfde voorwaarde van geen politiek als hierboven waarin dan ES^2/N wordt vervangen door de bonusfractie B . Ook dat model geeft een goed gedefinieerde overgang te zien in de hoge- N limiet.

Inleiding

1 het was een piranha Permanente liganden worden vaak bij laboratoriumexperimenten gebruikt om de functie van verschillende proteïnen te onderzoeken. Als de proteïnen gebonden zijn, is het makkelijker om de rol vast te stellen die ze spelen bij de normale celfunctie.

2 dat succes te herhalen De wereldwijde verkoop van de erythropoëse stimulerende middelen van Amgen en J&J (Epogen, Aranesp, Procrit, Eprex) bereikte in 2006 een hoogtepunt met 9,8 miljard dollar. Tussen 1989 (toen Epogen werd gelanceerd) en 2004 (toen Sensipar werd gelanceerd) lanceerde Amgen twee vervolgmiddelen – derivaten – en een in het Sloan-Kettering Cancer Center ontdekt middel (G-CSF) dat de aanmaak van witte bloedcellen stimuleerde. Bronnen: productrevenue: aangiften bij de SEC. Geschiedenis G-CSF: Welte. De rol van Goldwasser: Goozner, Goldwasser. Amgen in het begin: Binder; gesprekken met vooraanstaande betrokkenen van Amgen en J&J.

3 terwijl ik dit schrijf nog altijd We zullen nooit zeker weten welke rol ons middel speelde bij Alex' herstel; dat is in individuele gevallen nooit te bepalen. Zijn kanker reageerde op de behandeling (de tumoren krompen significant), maar een latere grote trial van ons middel bij melanoom was geen succes en er zijn geen latere trials geweest waarin het werd gebruikt om kaposissarcoom te behandelen.

4 in straalmotoren en kernreactoren De sterkste staalsoorten zijn gemaakt van ijzer, gemengd met verschillende overgangsmetalen (titanium, chroom, mangaan, kobalt, nikkel) en verwaarloosbare hoeveelheden andere elementen. De werenschap om de treksterkte aan te passen met kleine structuuraanpassingen is veel complexer dan de wetenschap van het aanpassen van de smelttemperatuur. Het smeltpunt van een materiaal wordt hoofdzakelijk bepaald door bindingskrachten tussen de moleculen. Die zijn in ijzer veel sterker dan in water; daarom smelt ijzer bij 1530 graden Celsius en water bij nul graden. De treksterkte van een materiaal – de hoeveelheid stress die het kan verdragen voordat het breekt – is bijzonder gevoelig voor een andere aspect van structuur: de atoomschikking van de atomen. Die schikkingen en hoe ze van invloed zijn op breuken zijn moeilijk voorspelbaar; dat maakt treksterkte zo'n ingewikkeld onderwerp.

Deel I – Hoofdstuk 1

1 radar voor oorlogsvoering De term 'radar' ontstond pas later, in 1939, en heeft doorgaans betrekking op apparaten die een pulssignaal gebruiken, geen continu signaal. Hoewel beide systemen afhankelijk zijn van de weerkaatsing van radiogolven, is het nauwkeuriger om de ontdekking van Young en Taylor te beschrijven als detectie door radiogolfinterferentie.

2 weinig belangstelling In zijn tweede inauguratierede waarschuwde Roosevelt dat 'egoïstische mensen, blind voor de belangen van anderen' de wetenschap hadden veranderd in

de ‘genadeloze heerser van de mensheid’. Volgens veel mensen waren arbeidsbesparende technologieën verantwoordelijk voor de hoge werkloosheidscijfers van de Depressie (Roosevelt, 20 januari 1937.)

3 gedurfde ideeën Bush, die zeven presidenten als adviseur bijstond, beschreef Hopkins later als de beste stafofficier die een president ooit had gehad: ‘Wat me vooral in hem aansprak was zijn ultieme loyaliteit aan zijn baas en de manier waarop hij al zijn persoonlijke ambities onderdrukte.’ Toen ze elkaar ontmoetten, had Hopkins al pogingen gedaan om een adviesraad van uitvinders bij elkaar te halen; hun ideeën kwamen dus met elkaar overeen. Zie Kenny; Sherwood, 154; Bush, *Action*, 35.

4 op de MIT-campus Uiteindelijk bestond de groep uit bijna 2000 mensen, onder wie negen latere Nobelprijswinnaars.

5 niet in je keuken Radar is een variant van sonar, een technologie die al tijdens de Eerste Wereldoorlog was ontwikkeld. Sonarapparaten geven een pulssignaal af en luisteren naar de echo. Ze kunnen onder water nuttig zijn over relatief korte afstanden, als er weinig achtergrondgeluid is, of door de lucht op donkere, stille avonden (walvissen, dolfijnen en vleermuizen maken gebruik van sonar.) Radarapparaten zenden lichtpulsen uit en meten het weerkaatste licht. Aangezien lichtgolven door de lucht veel verder reizen dan geluid (vliegtuigen in de verte kun je wel zien, maar niet horen) is radar beter voor grote afstanden.

Voor radar wordt licht gebruikt van verschillende golflengten, net zoals er verschillende geluidsfrequenties zijn. Elektrische stroom in grote antennes genereert licht met een hoge golflengte (radiospectrum); stroom in kleine antennes genereert een lagere golflengte (microgolfspectrum). Vandaar dat radiatoren tientallen meters hoog zijn terwijl je microgolfantennes in je hand kunt houden.

Het kan verwarrend zijn dat de term ‘radio’ ook wordt gebruikt voor het apparaat dat radiogolven omzet in geluid uit een speaker. Maar de term radiogolf refereert in tegenstelling tot een radioapparaat alleen aan licht met een golflengte van ongeveer een meter tot honderd kilometer.

6 Britse ontdekking van de radar In juli 1934 deed Nicola Tesla, 78 jaar oud, in Hotel New Yorker in Manhattan een aankondiging over wat hij de belangrijkste uitvinding van zijn carrière noemde: een methode om deeltjesbundels door lucht te versturen die 10.000 vijandelijke vliegtuigen konden vernietigen die 400 kilometer verderop vlogen. De straal zou ‘legers van miljoenen dood laten neervallen’ zonder een spoor na te laten. De dreiging van complete vernietiging zou een einde maken aan alle oorlogen. De kop van *The New York Times* sprak uiteraard van een ‘dodenstraal’. Niemand in de VS nam Tesla serieus.

In dezelfde periode had Churchill, die wilde waarschuwen voor de opkomst van Duitsland, Londen beschreven als ‘het grootste doelwit van de wereld... een enorme, vette koe die is vastgebonden om roofdieren te lokken’. Churchill was in die tijd niet in overheidsdienst en werd vaak weggezet als een krankzinnige. Hij had op de een of andere manier een bij het ministerie van Luchtmacht circulerende memo onder ogen gekregen waarin de fysicus Albert Rowe stelde dat ‘we de volgende oorlog, als die binnen tien jaar begint,

zullen verliezen tenzij de wetenschap een nieuwe methode ontwikkelt om onze verdediging te steunen’.

Volgens de fysicus David Fisher, die veel heeft geschreven over de geschiedenis van radar, had Churchill het hoofd onderzoek van het ministerie, H.E. Wimperis, gevraagd de mogelijkheden van de dodenstraal te verkennen. Toen Wimperis tegenstribbelde, herinnerde Churchill hem er luidruchtig aan dat de tank, het wapen dat de Britten in de Eerste Wereldoorlog een cruciaal voordeel had verschaft, aan het begin van die oorlog door militaire planners was afgewezen totdat Churchill zelf het plan had gered. Niet lang na Churchills telefoontje nam Wimperis contact op met de radio-ingenieur Robert Watson-Watt om zijn advies te vragen ‘over de praktische uitvoerbaarheid van voorstellen van het type dat in de volksmond “de dodenstraal” worden genoemd’. Watson-Watt en zijn assistent stelden vast dat de dodenstraal onmogelijk was, maar dat elektromagnetische straling – lichtgolven – kon worden gebruikt voor detectie. In februari 1935 installeerde een commissie van het ministerie een klein team om onderzoek te doen naar dat idee. Dat leidde vier jaar later tot het radarsysteem Chain Home.

En zo redde de dodenstraal Engeland.

(Zie Fisher, *Summer*, 54-68, en de referenties in de bibliografie over radar in Engeland. Vette koe: Churchill, 1934.)

7 gericht konden bestrijden Cruciaal waren ook de ontwikkeling van nieuwe wiskundige technieken en een verfijnd systeem van datamanagement *in real time* (het Dowding-systeem) om radardata te verwerken. Wat we tegenwoordig ‘operationeel onderzoek’ noemen, is een uitvloeisel van die technieken (Budiansky; Hartcup, 100-121).

8 een vlotte start maken Op 28 september 1940 voorzagen de Britten Loomis van een generator van handpalmgrootte die nodig was voor de creatie van een draagbare microgolfradar. Dat apparaat, een zogeheten *cavity magnetron*, werd door een Amerikaanse militair historicus beschreven als ‘de waardevolste lading die ooit naar ons land is gebracht’ (Baxter, 142; Conant 179-208, Phelps).

9 aan de laatste restjes toe Churchill schreef later dat ‘de Slag om de Atlantische Oceaan de hele oorlog lang bepalend is geweest. We mochten nooit uit het oog verliezen dat alles wat zich elders voltrok, op het land, op zee of in de lucht, afhankelijk was van de uitkomst van die slag... Het enige waarvoor ik tijdens de oorlog bang ben geweest, was de crisis met de U-boten’ (*Ring*, 6; *Finest Hour*, 529). Roosevelt was het met hem eens. Hij schreef in een in mei 1941 aan Churchill verzonden telegram dat de oorlog gewonnen of verloren zou worden in de Atlantische Oceaan.

10 Duitse codebrekers Er is veel en goed geschreven over het Ultraprogramma waarmee Britse wetenschappers de Duitse Enigmacodes braken. Maar Ultra had weinig impact op de Slag om de Atlantische Oceaan. Dat lag vooral aan het feit dat de Duitsers nog succesvoller waren bij het breken van de Britse codes (een verhaal dat veel minder aandacht heeft gekregen): de Duitse inlichtingendiensten ontcijferden van de zomer van 1938 tot aan het einde van 1943 een groot gedeelte van de belangrijkste marineberichten van de geallieerden.

In een vertrouwelijke naoorlogse analyse die lang onder de pet is gehouden, schreef het hoofd van de Britse dienst vertwijfeld: ‘De betreuenswaardige lijst vijandelijke prestaties is pijnlijk duidelijk geworden dankzij a) ondervraging van hoge Duitse marineofficieren... en b) onderzoek van de Duitse logboeken die onze ontcijferde berichten bevatten.’ Zie Tighe voor de analyse en Syrett, 96-180, voor een levendige tijdlijn van de geschiedenis van deze tak van spionage. Samenvattingen van Britse versus Duitse inlichtingen: Erskine; Gardner; 210-218; P. Kennedy, 23, 35, 61-63.

11 zonder dat de vijand het merkte De geallieerden legden antennestations aan langs de Amerikaanse en Canadese kust, en ook langs de kusten van Groenland en IJsland om de hele oceaan in kaart te brengen. Het systeem heette aanvankelijk LRN (Loomis Radio Navigation), maar die naam werd op Loomis’ verzoek veranderd in LORAN oftewel Long Range Navigation. Dankzij LORAN konden vliegtuigen en schepen als ze zich op minder dan 2000 kilometer van een station bevonden hun locatie bepalen met een afwijking van niet meer dan 1 procent. LORAN werd veel gebruikt tot aan de jaren negentig, toen het werd vervangen door GPS. Zie Baxter, 150-52; Conant, 231-34, 265-67.

12 geen enkele succesvolle aanval ondernemen De Duitse codebrekers, die het radioverkeer onderschepten, ontdekten tot hun verbijstering dat het konvooi door slechts een of twee geallieerde vliegtuigen werd beschermd. Doenitz schreef in zijn oorlogsdagboek: ‘De vijandelijke radar miste bijna geen enkel schip’ (Syrett, 134).

13 overwinning in de Ardennen Artilleriegranaten waren altijd uitgerust met ontstekingsmechanismen met een timer. De schutter maakte een schatting van de vluchttijd naar een doelwit, vuurde en moest maar hopen dat het ontstekingsmechanisme ergens in de buurt van het doelwit zijn werk zou doen. Dat was vooral bij bewegende doelen erg lastig. De mechanismen met radartiming maakten een einde aan dat nattevingerwerk. Dat leidde tot een dramatische verbetering van de efficiëntie. De nieuwe mechanismen hadden een enorme invloed op het vermogen van schepen en bases om zich te verdedigen tegen inkomende vliegtuigen en zorgden er op land voor dat de vuurkracht drastisch werd verbeterd. Niet lang na de Slag om de Ardennen noteerde een Amerikaanse officier: ‘Zonder uitzondering kenschetsen krijgsgevangenen ons artilleriegeschut als het meest demoraliserende en verwoestende dat ze ooit hebben gezien’ (Baldwin, 280).

14 Einstein waarschuwde Op 11 oktober 1939 bezorgde de econoom Alexander Sachs een brief van Albert Einstein bij Roosevelt. Deze brief, die bekendstaat als de brief van Einstein en Szilárd, waarschuwde voor recent werk dat de indruk wekte dat ‘het element uranium kan worden gebruikt als een nieuwe, belangrijke bron van energie’ en dat ‘daarmee extreem krachtige bommen van een nieuw type’ konden worden gemaakt.

15 nog altijd omstreden Zie Goldberg, ‘Bush and the Decision’, voor een gedetailleerde beschrijving van de rol die Bush speelde bij de lancering van het atoomprogramma.

Het Manhattan Project bracht op 16 juli 1945, twee maanden na de Duitse overgave, de eerste gecontroleerde nucleaire explosie tot stand. De eerste bom werd op 6 augustus

uitgegooid boven Hiroshima, de tweede twee dagen later boven Nagasaki. Niet lang daarna gaf Japan zich over.

Kort na de oorlog gepubliceerde essays van Stimson en anderen stelden dat het gebruik van kernwapens de oorlog sneller had beëindigd en misschien wel een miljoen Amerikaanse levens had gered. Die essays werden door veel mensen gelezen en geloofd. Veel prominente militairen waren het echter niet eens met de officiële lezing. Zo zei generaal Curtis LeMay, die de leiding had over de bombardementen op Japan: ‘De atoombom had niets te maken met het einde van de oorlog.’ Alle grote Japanse steden waren al platgelegd door geallieerde bommenwerpers; het land leed zwaar onder embargo’s; van de marine was niets meer over; de olie- en voedselvoorraden waren bijna op; en Japans enige bondgenoot had de strijd al gestaakt.

De historicus Sam Walker heeft onlangs gezegd dat het besluit om de bom in te zetten tegen Japan ‘in termen van duur en bitterheid het meest controversiële vraagstuk in de Amerikaanse geschiedenis’ heeft opgeleverd. De controverse heeft betrekking op de redenen achter de Japanse overgave (gebruik van de bom versus de Russische oorlogsverklaring aan Japan op 8 augustus, die de laatste hoop op een onderhandelde overgave de kop indrukte); de juistheid van de naoorlogse rechtvaardigingen (waarvan historici van beide kanten hebben geconcludeerd dat ze verzonnen waren); en Trumans beweegredenen. Zie voor een voortreffelijke recente studie, die gebruikmaakt van bronnen die pas beschikbaar zijn sinds de dood in 1989 van de Japanse keizer in oorlogstijd en het uiteenvallen van de Sovjet-Unie in 1991, Hasegawa, *Racing the Enemy*. Zie voor evenwichtige recente discussies over deze kwestie Walker, *Destruction*; en de essays in Kelly, 319-422, en in Hasegawa, *Pacific*. Lemay: Bernstein, ‘Conservatives’.

Bijna alle historici zijn het erover eens dat de beschikbare documenten aantonen dat Truman en zijn kleine kring adviseurs niet uitvoerig hebben gesproken over de voor- en nadelen van het gebruik van de bom toen die eenmaal beschikbaar was. De beslissing om dichtbevolkte steden te bombarderen was jaren eerder al genomen, door zowel de geallieerden als de asmogendheden. (Er vielen meer burgerslachtoffers bij de bombardementen van Tokio in maart dan bij die van Hiroshima en Nagasaki in augustus.)

De helderste formulering van de destijds heersende opinie is misschien wel afkomstig van Churchill, die tegen de angstige Niels Bohr zei dat hij zich geen zorgen hoefde te maken over een naoorlogse nucleaire wereld: ‘Bedenk dat deze bom alleen maar groter is dan onze huidige bommen en niets zal veranderen aan de principes van oorlogsvoering.’ (Jones, ‘Churchill’, 88). Pas later ging men er anders over denken.

16 aan technologische verbeteringen Tijdens een conferentie ter gelegenheid van vijftig jaar *Endless Frontier* merkte een historicus op dat het verslag in kringen van wetenschappelijke beleidsvormers een nagenoeg ‘Bijbelse status’ heeft verworven; het wordt door velen bestudeerd en geïnterpreteerd, vaak met tegenstrijdige conclusies. De National Science Foundation, de National Institutes of Health en talloze andere researchinstituten zijn gebaseerd op de principes die Bush in het rapport uiteenzette. Zie voor meer over de onmiddellijke gevolgen hoofdstuk 8. Zie voor de impact van *Endless Frontier* op de lange termijn CSPOK, 1-35; England, 3-110; Greenberg, 68-148; Kevles, 267-321; Zachary, 240-60.

Zie voor recente overzichten van de economische impact van federaal wetenschapsbeleid Lane; Jarboe; PCAST; en NAS.

17 bijproduct van goede planning Deze uitspraak wordt toegeschreven aan Branch Rickey, de in de Hall of Fame opgenomen bestuurder uit de honkbalwereld, die het systeem van opleidingsteams (Major en minor leagues) bedacht, acht teams opbouwde die de World Series wonnen, en Jackie Robinson, de eerste honkballer van Afrikaans-Amerikaanse origine, vond, een contract aanbood, en opstelde.

18 Avastin... James Bond en Star Wars Zie voor meer over films en medicijnen, waaronder de loonshot met James Bond en Sean Connery, hoofdstuk 5. De volledige titel van de vierde versie van het scenario voor *Star Wars*, dat nog werd gebruikt toen in 1976 de opnamen begonnen, was *The Adventures of Luke Starkiller as taken from the "Journal of the Whills"*. De eerste, afgewezen treatment uit 1973 heette *The Star Wars* (Rinzler). Zie hoofdstuk 9 voor meer over kweekvijvers van loonshots binnen industrieën (en niet bedrijven). In dat hoofdstuk wordt ook nog een extra principe beschreven dat noodzakelijk is voor succesvolle kweekvijvers van loonshots – kritische massa –, maar we zouden te ver afdwalen als ik daar nu op zou ingaan.

19 contacten met militairen Bush vervolgde: ‘Militairen leren de kunst van de bevelvoering; die centraal staat in hun carrière. Ook leren ze zich goed te gedragen in hechte groepen... een officier moet wel heel onverbetterlijk zijn als hij zich niet ontpopt als iemand met een uitzonderlijk aantrekkelijke houding van hoffelijkheid op momenten waarop om hoffelijkheid wordt gevraagd’ (Bush, *Action*, 298).

20 gelijkelijk respecteren In de biotechnologische wereld is de creatie van nieuwe medicijnen zo complex dat er enorme teams nodig zijn van zowel artiesten als soldaten: biologen, chemici, fysici, marketeers, experts op het gebied van regelgeving. Vaak bestaat er onderling wantrouwen tussen die groepen. Biologen zeggen bijvoorbeeld dat chemie meer magie is dan wetenschap, of dat de geneeskunde helemaal geen wetenschap is; zakenlieden zien ze als wezens van een lafhartige planeet. Chemici zien zichzelf vaak als de enige echte ontwikkelaars van medicijnen. Medici denken dat alleen zij er uiteindelijk toe doen; verdere discussie overbodig. Zakenlieden zien zichzelf als de kalme huisbewaarders in een gekkenhuis. Maar al deze groepen moeten nauw samenwerken voordat een medicijn kan worden goedgekeurd en aan patiënten verstrekt. Om dat proces te managen moet je de argwaan tussen de groepen zien te overwinnen. Dat begint ermee dat ze hun voorkeuren voor hun vakbroeders overwinnen. Wie succes wil hebben in de biotechnologische industrie moet iedereen in gelijke mate respecteren, zoals Bush deed met het leger en Vail en Jobs binnen techbedrijven.

21 geen enkele technische bijdrage Bush’ Britse tegenhanger pakte het anders aan. Frederick Lindemann, Churchills adviseur op wetenschappelijk gebied, was een hartstochtelijk voorvechter van zijn eigen idee om mijnen door de lucht te laten zweven als verdedigingslinie tegen vijandelijke vliegtuigen. Zijn politieke activiteiten vormden een

bedreiging voor de voortgang van het Britse radarprogramma. Churchill kon de verleiding van loonshots vaak slecht weerstaan. Hij drong onder meer aan op een geheim programma om een drijvend ijseiland van twee miljoen ton te bouwen waarop vliegtuigen konden landen. Hij gaf specifieke instructies, onder meer over het type ijs dat moest worden gebruikt en hoe het moest worden opgespoten. Het idee kwam bij Roosevelt terecht, die Bush ernaar liet kijken. Hij oordeelde dat je voor hetzelfde bedrag ook een vliegdekschip kon bouwen dat niet zou smelten. Roosevelt maakte er verder geen werk van. (Snow, 10-38; Bush, *Action*, 1213-25; Perutz.)

Hoofdstuk 2

1 geen goed idee waren De aanbevelingen zorgden destijds voor enige ophef. Er waren geen gecontroleerde studies die aantoonde dat een vermindering van vet in het dieet goed was voor de gezondheid. De voorzitter van de National Academy of Science zei tijdens een congres: ‘Welk recht heeft de federale overheid om voor te stellen dat het Amerikaanse volk zich op basis van zo weinig bewijs als proefpersonen laat gebruiken in een grootschalig voedingsexperiment?’ In latere grote klinische studies konden de voordelen van diëten met weinig vet herhaaldelijk niet worden aangetoond. De richtlijnen die weinig vet aanraadden zijn echter pas zeer recent teruggedraaid. Zie Taubes, 3-88. NRC, 10.

2 gevaarlijk hoge cholesterolwaarden In een recente mailwisseling merkte dr. Yamamoto op dat patiënt S.S. uiteindelijk op 23-jarige leeftijd genas dankzij een combinatie van behandeling met statinen, twee bypassoperaties, en plasma-afereze, wat haar zwangerschap drie jaar later mogelijk maakte. Het consistente effect van behandeling met lage doseringen van Endo’s statine bij latere patiënten met een mildere vorm van FH overtuigde Yamamoto, Endo en andere onderzoekers van de effectiviteit van het medicijn.

3 slechts vier atomen De stof van Merck (MK-803) en die van Endo (ML-236B of mevastatine) zijn identiek, afgezien van een waterstofatoom aan een zijring van mevastatine, dat bij Merck is vervangen door een methylgroep (een koolstofatoom en drie waterstofatomen). Zie bijvoorbeeld Alberts, ‘Lovastatin’.

4 hebben beantwoord Andere verslagen van wetenschappers van Merck: Alberts; Cordes; Tobert; Vagelos. De tussen april 1976 en oktober 1978 geschreven brieven tussen Merck en Sankyo werden ter beschikking gesteld door Akira Endo en zijn hoofdzakelijk van de hand van H. Boyd Woodruff (Executive Administrator, Merck Research Lab) en dr. Issei Iwai (Director, Product Planning Dept., Sankyo), hoewel een van de brieven rechtstreeks is geadresseerd aan Endo en een aan dr. Ko Arima (Endo’s directe chef, de baas van Sankyo’s onderzoekslaboratoria). Op 16 april 1976 schreef Woodruff aan Iwai: ‘De eigenschappen van de stof [ML-236B] zijn bijzonder interessant en de biochemici in ons laboratorium zouden de stof graag willen evalueren... We hopen dat deze uitwisseling zal leiden tot een product dat geschikt is voor een licentie en rendement qua royalty’s.’ Een brief van Merck van 23 september 1977 vatte het gezamenlijke werk samen: ‘Uw stof ML-236B heeft buitengewone

eigenschappen... Het lijkt evident dat uit het researchprogramma van dr. Endo een praktische therapeutische toepassing zal voortvloeien.'

In zijn memoires (137) schrijft Vagelos, die sinds 1975 voor Merck werkte, dat Sankyo 'ons op de voet volgde'. Endo ontdekte de eerste statine in 1973; deed in juni 1974 namens Sankyo een patentaanvraag; toonde begin 1976 de activiteit van statinen aan met dierenmodellen; voorzag Merck van 1976 tot 1978 van data; en begon in 1978 met de eerste trials bij mensen, die aantoonde dat patiënten baat hadden bij statinen. Dit vond dus allemaal plaats voordat Merck begon met zijn statinenprogramma; dat gebeurde volgens Merck pas in oktober 1978.

5 beëindigde het programma van Merck Vagelos schrijft dat hij Sankyo in 1980 herhaaldelijk verzocht om hun resultaten van studies met honden en dat zijn verzoeken tot zijn verbazing werden afgewezen: 'Ik had verwacht dat directe verzoeken succesvol zouden zijn omdat Merck & Co, Inc. sterke banden onderhield met de Japanse farmaceutische industrie,' schrijft hij. Vagelos beschrijft het uitblijven van een reactie door Sankyo als 'kwestie van ethiek'. (Vagelos, 149-50).

6 zo'n dramatisch effect Zie voor voortreffelijke geschiedenissen van de controverse rond cholesterol Steinberg; Goldstein. Zie voor recente beschouwingen over de voordelen, risico's en impact van statinen Goldfine; Collins.

7 boven de 300 miljard dollar Tot de franchise van Merck behoren de verkoop van Mevacor (gelanceerd in 1987); de verbeterde versie, Zocor (gelanceerd in 1990); en Vytorin (een combinatieproduct; Zocor gecombineerd met Schering-Ploughs Zetia, gelanceerd in 2004). De netto-inkomsten van Zetia werden gedeeld met Schering-Plough. De cijfers zijn afkomstig uit bedrijfsverslagen. De twee andere toonaangevende statinen zijn Lipitor en Crestor. De totale verkoopcijfers van Lipitor (dat werd ontwikkeld door wetenschappers van Warner-Lambert en nu wordt verkocht door Pfizer) zijn hoger dan 140 miljard dollar. De totale verkoop van Crestor (ontwikkeld door wetenschappers van Shionogi, nu verkocht door Astra-Zeneca) ligt boven de 50 miljard dollar.

8 nam toe met 38 miljard dollar De stijging van de marktwaarde van Genentech tussen de eerste bekendmaking van positieve resultaten bij de behandeling van darmkanker op 19 mei 2003 en goedkeuring door de FDA op 26 februari 2004 was 38 miljard dollar. De stijging in één dag na de bekendmaking op 19 mei was 9 miljard.

In 2006 toonde een groot klinisch trial van Lucentis, een derivaat van Avastin, aan dat het een vorm van blindheid kan genezen. (Soortgelijke resultaten zijn waargenomen na injecties met Avastin.) Het redactioneel in *The New England Journal of Medicine* beschreef de resultaten als 'miraculeus', een term die de *NEJM* de afgelopen twintig jaar slechts een andere keer heeft gebruikt voor resultaten van trials (voor maagomleiding). Zie Stone; Rosenfeld.

9 aandeel in 300 miljard dollar Vanwege overlappings tussen de patenten die Merck had ingediend in de VS en de patenten die Endo en Sankyo hadden ingediend in Japan moest Merck uiteindelijk bepaalde territoriale rechten voor Mevacor van Sankyo in licentie nemen.

Hoofdstuk 3

1 bij elkaar Het aandeel van AT&T in de waarde van de gehele Amerikaanse markt bereikte zijn hoogtepunt in 1932 (13 procent); de piek van Apple, Microsoft en GE lag op minder dan 4 procent. Data: U. Chicago Center for Research in Security Prices, US Stock Database (november 2017).

2 Crando Voor lezers die te jong zijn om zich dit hoogtepunt uit het oeuvre van Sylvester Stallone te herinneren: dit refereert aan *Rambo*.

3 nauwelijks worden geïmiteerd Sabre werd uiteindelijk uitgebouwd tot een onafhankelijk bedrijf en hoort niet meer bij American.

4 zoals beloofd af bij Truman Truman stuurde generaal Albert Wedemeyer naar China om de zaak verder te onderzoeken. De generaal rapporteerde dat het verhaal klopte en stelde voor meer steun te geven aan Chiang Kai-shek. Truman wees dat af op advies van zijn minister van Buitenlandse Zaken George Marshall. In 1949 versloeg Mao Chiang, waarna hij de macht greep. Chiang en de nationalistenvluchtten naar Taiwan. Die uitkomst leidde in de jaren vijftig tot bittere debatten over de vraag 'wie China had verspeeld'.

5 de eerste ballistische raket De Me 262 heette *Schwalbe*, Duits voor 'zwaluw'. Omdat die naam Hitler niet beviel, werd voor *Sturmvogel* ('stormvogel') gekozen.

In normale motoren laat kokend water of exploderend gas zuigers heen en weer bewegen in een cilinder, waardoor een as of propeller in beweging wordt gebracht. Alle vliegtuigen voor de Tweede Wereldoorlog vlogen met zuigermotoren en propellers. In een straalmotor creëert het uitlaatgas van een gecontroleerde brandstofexplosie een voorwaartse beweging.

6 startten een programma Goddard stierf in augustus 1945 aan kanker. Hij leefde te kort om nog mee te maken dat de VS zijn ideeën in de praktijk bracht, maar lang genoeg om in beslag genomen Duitse technologie te zien en te herkennen als zijn eigen werk.

Na de Tweede Wereldoorlog rekruteerde de VS de Duitse raketwetenschappers die Goddards werk hadden bestudeerd om te helpen bij de opbouw van het Amerikaanse ruimtevaartprogramma. In 1959 vernoemde NASA zijn grootste onderzoekscentrum naar Goddard. In 1960 erkende de Amerikaanse overheid dat haar programma Goddards originele patenten schond; er werd 1 miljoen dollar uitbetaald aan zijn erfgenamen.

Vannevar Bush had de mogelijkheden van straalmotoren over het hoofd gezien; het was de grootste vergissing die hij in de oorlog maakte. De V-2 had een snelheid van ruim 3000 kilometer per uur, kon niet worden onderschept door luchtafweergeschut en was veel te

snel voor interceptie door vliegtuigen. De geallieerden mochten zich gelukkig prijzen dat de Duitse straalmotoren en raketten te laat kwamen om de uitkomst van de oorlog nog een draai te geven. Ze werden geneutraliseerd door de overweldigende superioriteit die de geallieerden in 1944 in de lucht hadden, die hen in staat stelde om de landingsbanen van de straalvliegtuigen en de lanceerplaatsen van de raketten te vinden en te bombarderen. (Boyne; Bush, *Arms*, 71-89; Clary; Pavlec; King).

7 van Jezus in Judas Verschillende recente biografen gaan uitvoerig in op de controverserend beeld dat van Lindbergh is ontstaan als nazisymphisant en antisemiet. Zijn verdedigers merken op dat Lindbergh Duitsland in de jaren dertig bezocht op verzoek van het Amerikaanse ministerie van Buitenlandse Zaken en het leger; dat hij aan Amerikaanse en Britse politieke en militaire leiders verslag uitbracht, opnieuw op hun verzoek, van de kracht van de Duitse luchtmacht; en dat zijn oordeel over de kracht van de *Luftwaffe* een cruciale rol speelde bij de mobilisatie van Amerikaanse en Britse strijdkrachten. Ze merken ook op dat Lindberghs standpunten (hij was een fel tegenstander van Amerikaanse betrokkenheid bij de oorlog) door de meerderheid van de Amerikanen werden gedeeld; dat die standpunten voortkwamen uit zijn mening dat Stalin een groter kwaad was dan Hitler; en dat zijn denkbeelden over het naziregime, zoals die van veel anderen, veranderden toen duidelijk werd dat de nazi's eind 1938 een grootscheepse pogrom (de *Kristallnacht*) hadden ondernomen tegen de joden. (Lindbergh zette zijn plannen om naar Duitsland te emigreren opzij en zei dat hij 'niets wilde doen dat de indruk kon wekken dat hij de Duitse maatregelen tegen de joden steunde'.) Anderen wijzen erop dat Lindbergh voor de oorlog welgevallig stond tegenover de extreme denkbeelden over ras en eugenetica van een aantal van zijn vrienden en mentoren (Alex Carrel, Truman Smith, Henry Ford) en stellen dat zijn onjuiste beoordeling van de kracht van de Duitse luchtmacht een bepalende rol speelde bij het in 1938 gesloten Verdrag van München.

Bijna alle biografen zijn het erover eens dat Lindbergh politiek naïef was en dat hij toeliet dat politieke leiders uit alle kampen zijn roem misbruikten voor hun eigen belangen. (Zelfs de hooggeplaatste nazi Albert Speer beschreef hem na de oorlog als naïef.) Lindberghs goede reputatie werd nog verder aangetast door zijn besluit om zich niet uit te spreken over de campagne die, vaak met feitelijk onjuiste aanvallen, tegen hem werd gevoerd. Na Pearl Harbor werd hij een sterk voorstander van de oorlog, maar de geleden imagoschade was onherstelbaar. (Zie Berg, 355-458; Olson; Wallace. Speer geciteerd in Wallace, 193; Lindbergh geciteerd in Berg, 380.)

8 geen banden met Lindbergh Lindbergh vond uiteindelijk werk als consultant voor twee vliegtuigproducenten en gebruikte al zijn overredingskracht om een baantje als industrieconsultant te krijgen bij een luchteskader van de marine dat in 1944 in de Stille Oceaan was gestationeerd. Hij beoordeelde daar naar het schijnt het functioneren van de luchtvloot. Lindbergh voerde als burger vijftig gevechtsmissies uit tegen de Japanners, wat in feite illegaal was. Een piloot herinnerde zich: 'Lindbergh was onvermoeibaar. Hij vloog meer missies dan je normaal gesproken van echte gevechtspiloten mocht verwachten. Hij bombardeerde de vijandelijke posities met duikvluchten, bracht vrachtschepen tot zinken en voerde patrouillevluchten uit voor onze landingseenheden op het eiland Noemfoor. Hij moet

door zo ongeveer elk luchtafweergeschut in westelijk Nieuw-Guinea zijn beschoten.’ Lindbergh doceerde piloten de technieken die hem hielpen lange afstanden af te leggen: door het aantal omwentelingen van hun motoren te minimaliseren en meer *boost* te gebruiken konden ze brandstof sparen en hun vluchttijd en bereik met wel 50 procent vergroten. Dat extra bereik maakte de toestellen veiliger en gaf het eskader de kans om de vijand aan te vallen tot veel dieper in vijandelijk terrein. Generaal MacArthur ontbood Lindbergh om hem te vertellen dat zijn techniek een ‘godsgeschenk’ was. Hij vroeg Lindbergh het ook aan andere eskaders te leren en gaf hem toestemming om te vliegen in elk vliegtuig dat hij maar wilde. (Een piloot herinnerde zich: MacDonald; MacArthur geciteerd in Berg, 452.)

Hoofdstuk 4

1 zien we het niet Stel je om je een beeld te vormen van polarisatie voor dat je een uiteinde van een touw (lichtstraal) op heuphoogte aan een muur bevestigt en bij de muur wegloopt totdat het touw strak staat. Door het touw op en neer te laten gaan creëer je een verticaal gepolariseerde golf. Als je het van links naar rechts laat gaan, creëer je een horizontaal gepolariseerde golf. Lichtstralen verspreiden vibraties van elektrische en magnetische velden. De beweging van het touw komt overeen met de oscillaties van het elektrische veld.

2 Horizontaal lukt dat niet De analogie met een drone is niet perfect omdat licht als een golf opereert. Op 45 graden gepolariseerd licht is een evenwichtige mix van horizontaal en verticaal gepolariseerde golven. Beter gezegd: een horizontaal gepolariseerd filter haalt alleen het horizontale gedeelte eruit.

3 zijn idee wilden overnemen In veel discussies krijgen de autoproducenten de schuld omdat ze niet voor dit idee in de buidel willen tasten. Maar door voorruitte uit te rusten met een polariserend filter reduceer je het zicht met wel 50 procent. Dat roept serieuze veiligheidsvraagstukken op, zeker bij slecht licht.

4 meer dan twee miljoen pixels Omdat het licht van LCD-schermen is gepolariseerd, kan het worden geblokkeerd door polarisatiefilters. (Je kunt dit testen door een gepolariseerde zonnebril voor een scherm te houden en de bril negentig graden te laten roteren.) Deze brillen worden minder gebruikt omdat het lezen van LCD-displays door zo’n bril moeilijk is.

5 opnieuw moest worden uitgevonden Film voor foto’s maakt gebruik van subtractieve kleurmenging; chemicaliën in de film slaan de complementaire kleur van kleuren op (cyaan voor rood; magenta voor groen; geel voor blauw). Transparantie maakt gebruik van additieve kleurmenging en slaat de oorspronkelijke kleur op.

6 halverwege de jaren tachtig CCD-chips zijn niet digitaal, maar analoog. De sensoren produceren geen discreet (digitaal), maar een continu (analoog) voltage dat overeenkomt met de intensiteit van het licht dat de pixel raakt, zoals een emmer waarin zich water verzamelt een continu en niet een discreet waterniveau meet. Er werden uiteindelijk analoog-

digitaalozzetters aan CCD's toegevoegd zodat hun output kon worden opgeslagen op digitale geheugenchips. Hoewel andere destijds voor CCD's gebruikte termen (*electro-optical imaging* of *solid-state devices*) nauwkeuriger zijn, wordt de term 'digitale fotografie' gebruikt om het onderscheid te maken tussen een foto-elektrisch en een fotochemisch proces. Ik gebruik de term in de gebruikelijke, huidige betekenis.

7 werd al snel aangesteld Killian, een vriend en collega van Land, trad uiteindelijk toe tot de raad van commissarissen van Polaroid. Het panel waarvan Land de voorzitter was, heette aanvankelijk het Intelligence Panel en heeft in de twintig jaar daarna ook Land Panel en Land Reconnaissance Panel geheten. Killian en Land werkten nauw samen en hadden regelmatig ontmoetingen met Eisenhower, en later met Kennedy, Johnson en Nixon. (Killian was voorzitter van een overkoepelende groep, het Technological Capabilities Panel.)

8 tweede ambtstermijn De officiële geschiedschrijver van de NRO merkte in 2012 op dat de dienst noch daarvoor noch daarna ooit een richtlijn had gekregen waarin werd gerefereerd aan de verkiezingscyclus (Perry, 526).

9 In het andere kamp Het conflict voltrok zich in feite tussen de Luchtmacht (film scanners) versus de CIA en Land (digitaal). Land ontwikkelde het voorstel voor het gebruik van digitale sensoren. Hij was betrokken bij de oprichting van en adviseerde het Directorate of Science and Technology (DST), een dienst binnen de CIA die de digitale aanpak formeel steunde; hij legde het idee ook voor aan de president. De directeur van de NRO merkte in een vertrouwelijke memo op: 'Als electro-optical imaging door technologie wordt voortgestuwd, is dr. Land de belangrijkste stuwende kracht' (Perry, 527). Zie Richelson, 67-72, voor Lands rol bij de ontwikkeling van de DST binnen de CIA en de manier waarop hij de dienst beschermde toen Kennedy na de Varkensbaai de CIA wilde uithollen.

10 Pacific Southwest Airlines PSA, dat in 1949 werd opgericht en in 1986 werd overgenomen door USAir, was de eerste belangrijkste prijsvechter. Aanvankelijk vloog de maatschappij alleen routes in Californië. Op de neuzen van de toestellen was een glimlachend gezichtje geschilderd en de slogan van het bedrijf was Catch our smile. Het was het model voor het tot op de dag van vandaag bestaande Southwest Airlines, dat in 1971 begon te opereren. Lamar Muse, de oprichter en president van Southwest, zei: 'We hebben er geen enkele moeite mee om zo'n organisatie na te apen' (*BusinessWeek*, 'Love').

11 als het wiel ophoudt met draaien Fysici noemen een toestand waarin een faseovergang tijdelijk wordt voorkomen, zoals supergekoeld water, 'metastabiel'.

Hoofdstuk 5

1 demoraliserende aanvallen In een verhaal op de voorpagina van *The Wall Street Journal* zei Wozniak dat Apple II 'was genegeerd in de hoop dat het een zachte dood zou sterven' (Bellew; 7 februari 1985).

2 zetten Newton op het pad Newton had zijn eerste gedachten over zwaartekracht en planetaire beweging al een decennium eerder, in 1666-68, in zijn notitieboeken opgetekend, maar in de context van Descartes' vortextheorie. Hij had de mechanica en zwaartekracht achter zich gelaten en zich aan de alchemie gewijd toen Hooke in 1679 contact met hem opnam. Hooke opperde het essentiële idee dat de planetaire beweging kon worden ontleed in een lineaire component van inertie en een middelpuntzoekende, op de zon gerichte aantrekkingskracht. Die gedachte is het uitgangspunt, Propositie 1, van Newtons *Principia*. (Een geschiedschrijver noemt Newtons pogingen om de datum van zijn theorie en Hooke's bijdrage te ontkennen 'geschiedvervalsing'; een ander noemt het een 'sprookje'.) Toen Newton later voorzitter van de Royal Society was, probeerde hij Hooke uit de geschiedenis te schrijven. Dat is hem nog bijna gelukt ook. Hooke's rol is pas de afgelopen decennia herontdekt en op waarde geschat.

Zie hoofdstuk 9 voor meer over Kepler. Zie voor goede samenvattingen van de controverse tussen Newton en Hooke: Cohen, 223-79; Gal, 161-230; Jardine, 1-19; Nauenberg. Zie voor Newton en differentiaalrekening: 'Voorlopers op de principes en zelfs de taal van de differentiaalrekening kunnen worden gevonden in de geschriften van Napier, Kepler, Cavalieri, Pascal, Fermat, Wallis en Barrow. Newton had het geluk dat hij verscheen op een moment dat alles rijp was voor ontdekking; zijn talent stelde hem in staat om vrijwel onmiddellijk een complete theorie op te stellen' (Ball, 347). Zie voor Newtons andere voorgangers Hall; Whiteside. Hooke's vleugels, stuiterende schoenen, en experimenten met marihuana: Inwood, 21, 334, 398. Geschiedvervalsing: Cohen, 248. Sprookje: Whiteside, 14. Hoewel besprekingen over de controverse tussen Newton en Hooke zich vaak primair richten op de vraag wie de inmiddels vertrouwde vorm van zwaartekracht ontwikkelde, hadden veel anderen Keplers wet al gecombineerd met Huygens' middelpuntzoekende kracht om dezelfde uitkomst te bereiken.

3 is bijzonder vrolijk Uit *An Account of the Plant call'd Bangué [Gange by the Moors], before the Royal Society, Dec. 18. 1689* (Hooke, 210): 'Het is een plant die in India zeer frequent voorkomt... Als dit poeder wordt gekauwd of doorgeslikt of weggespoeld met een bekertje water ontnemt het de gebruiker al snel zijn geheugen en begrip. De patiënt begrijpt in die extase niets en herinnert zich niets van wat hij ziet, hoort of doet, maar wordt als het ware een debiel die geen zinnig woord kan uitbrengen. Hij is bijzonder vrolijk, en zingt en spreekt woorden zonder enige coherentie en weet niet wat hij zegt of doet. Hij is niet in een roes, of dronken, maar hij loopt en danst en haalt allerhande vreemde capriolen uit. Na enige tijd valt hij in slaap, en dan slaapt hij grondig en diep. Als hij ontwaakt, voelt hij zich heerlijk verfrist en heeft hij enorme trek.'

4 godheden vermenselijken Edmund Halley schreef het voorwoord van de *Principia*:

O gij die zich erin verheugt zich te voeden aan de nectar van de hemelgoden
Zing met mij een lofzang op NEWTON...
Tot dichter bij de goden kan geen sterveling rijzen.

5 **een vijftal PIC's** Disney liet zich onder meer overtuigen door het werk van Catmull en Smith als animatoren van Schure's *Tubby the Tuba*.

6 **met een groot farmaceutisch bedrijf** De partnerschap was met Eli Lilly. Het doel was een synthetische versie van menselijke insuline voor de behandeling van diabetes. Lilly en de andere leveranciers moesten al een halve eeuw lang alvleesklieren van varkens of koeien vermalen om insuline te extraheren. Dankzij gentechnologie kon insuline worden gekweekt in het lab. Zie Hughes, 75-106.

7 **tien miljard dollar** Deze inkomsten hebben uitsluitend betrekking op verkoop in de VS (exclusief royalty's over verkoop buiten de VS) in het laatste hele jaar voordat Genentech werd overgenomen door Roche (jaarverslag Genentech 2008).

Deel II – Intermezzo: Emergentie

1 **emergente eigenschappen** In *The Self-Organizing Economy*, waarin hij de connecties beschrijft tussen economie en de wetenschap van emergentie, merkte de Nobelprijswinnaar Paul Krugman op: 'Toen Adam Smith schreef over de manier waarop markten hun deelnemers "als door een onzichtbare hand" leiden naar uitkomsten die niemand voor ogen had, beschreef hij toch zeker een emergente eigenschap?'

Als reactie op de opmerking van Greenspan schreef diezelfde Krugman in *The New York Times* dat hij 'sprakeloos' was over het feit dat Greenspan zich niet bewust leek te zijn van de bijdrage die hij had geleverd aan het ontstaan van de crisis. 'Alan Greenspan blijft zijn best doen om zijn reputatie als slechtste voorzitter uit de geschiedenis van de Fed waar te maken.' (30 maart 2011).

2 **als het maar hard genoeg waait** De reden waarom markten altijd zullen crashen is iets ingewikkelder, maar heeft te maken met hetzelfde onderliggende principe van twee met elkaar strijdende krachten.

3 **aan zijn werk over ethica** Smith schreef: 'Alles voor onszelf en niets voor anderen is een veil motto' (geciteerd in McLean, xi). Zie voor meer over de verkeerde interpretatie van Smith: Kennedy, 251-59; McLean, viii-ix, 82-98; Rothschild, 2-5, 116-56; Wight.

Over Smiths voorkeur, van een tijdgenoot: 'We zouden misschien niet al te verbaasd moeten zijn dat veel mensen het werk van Smith niet op waarde schatten, aangezien hij het zelf niet op waarde schatte, maar altijd zijn *Theory of Moral Sentiments* een veel beter werk vond dan zijn *Wealth of Nations*' (Sir Samuel Romilly, brief aan Madam G-, 20 augustus 1790). Romilly beklagde zich erover 'hoe weinig indruk de dood van Smith hier heeft gemaakt. Er is nauwelijks kennis van genomen, terwijl men na de dood van dr. Johnson ruim een jaar niets hoorde dan loftuitingen aan zijn adres.'

4 **toeschreef aan Smith** Ovidius, Shakespeare, Voltaire, Defoe en veel andere schrijvers uit Smiths tijd gebruikten de term. Smith onderwees retorica voordat hij filosofie ging doceren en

gaf onder meer college over Shakespeare's gebruik van metaforen. Hij moet zich bewust zijn geweest van deze term, die voorkwam in talloze werken in zijn bibliotheek. De econoom Gavin Kennedy schrijft: 'Als Samuelson [de schrijver van het handboek] een van de vele herdrukken en vertalingen van *Moral Sentiments* en *Wealth of Nations* had gelezen die tot ver in de jaren zeventig van de twintigste eeuw verschenen, en niet de verkeerde lezing die hem in Chicago was geleerd had opgelepeld voor honderden duizenden lezers, die in veel gevallen later zelf ook weer docenten werden, was de huidige epidemie van misleidende ideeën over onzichtbare handen misschien beheersbaar geweest.' Zie ook Rothschild, 2-5, 115-56; Wight, 'Smith'.

5 over de toonbank gaan Smith' talent voor alliteratie gaat vaak verloren in discussies over zijn economische inzichten: 'We danken ons brood en bier niet aan de welwillendheid van bakkers en brouwers, maar aan hun bewustzijn van hun belangen' (Smith, *Wealth*, 26).

6 afkomstig van Nobelprijswinnaars Zie voor een geschiedenis van de interactie tussen fysici en economen Mirowski, met name hoofdstuk 7: 'De ironie van natuurkundenijd'. Voor Newton en Smith: Montes; Hetherington. Newton was veel minder dogmatisch over fundamentele wetten dan veel van zijn navolgers. Hij beschouwde zijn wet van de zwaartekracht als een benadering die dienst moest doen totdat er iets beters zou komen (Montes, 41-42; Schofield, 177: 'Newton was geen newtoniaan').

7 krachten van de geschiedenis Het volledige citaat: 'Dat de essentiële rol die hogere organiserende principes spelen bij het bepalen van emergent gedrag nog altijd door veel natuurkundigen wordt afgewezen is een wrang commentaar op de aard van de moderne wetenschap. Voor solid state-fysici en chemici, die zijn geschoold in kwantummechanica en er dagelijks mee werken, is het bestaan van deze principes zo evident dat het een cliché is dat we in keurig gezelschap liever verzwijgen. Wetenschappers uit andere vakgebieden zien die principes echter als gevaarlijk en belachelijk omdat ze haaks staan op de reductionistische overtuigingen die in een groot gedeelte van de natuurkundige theorie centraal staan. Het gevoel van veiligheid dat mensen krijgen door alleen feiten te erkennen die hun bevallen, is onverenigbaar met wetenschap en moet vroeg of laat worden weggevaagd door de krachten van de geschiedenis.

Hoofdstuk 6

1 Meer dan tien Nobelprijzen Bij sommige metalen verdwijnt onder een bepaalde, zeer lage temperatuur alle elektrische weerstand; van de alledaagse wrijving van metalen is geen sprake meer. Die plotselinge verandering markeert de overgang van een gewoon metaal naar een supergeleider. Albert Einstein, Niels Bohr, Werner Heisenberg en Richard Feynman waren verantwoordelijk voor de relativiteitstheorie, de kwantummechanica en de deeltjesfysica zoals die vandaag de dag worden beoefend. Ze hebben allemaal geprobeerd supergeleiding te verklaren, maar slaagden er niet in. Het mysterie bleef 46 jaar lang onopgelost, totdat in 1959 een drietal natuurkundigen aantoonde dat de elektronen in een metaal onder een bepaalde

temperatuur koppeltjes vormen, als eenzame mensen die rond de dansvloer lopen en zich opeens haasten om een partner te vinden als de muziek begint. De eerdergenoemde Phil Anderson liet zien dat symmetriebreuk in combinatie met die elektronenparen verklaart waarom de elektrische weerstand daalt tot exact nul.

Enkele deeltjesfysici gebruikten Andersons ideeën om een ander oud mysterie uit de wereld te helpen: hoe we moeten denken over de oorspong van massa in het universum. Ze bedachten gezamenlijk het idee van wat we nu het Higgsboson noemen. Murray Gell-Mann, die de term ‘quark’ bedacht en meewerkte aan het standaardmodel van de deeltjesfysica (wat hem in 1969 de Nobelprijs opleverde), vindt dat we moeten spreken van het Anderson-Higgsboson.

Geschiedenissen van supergeleiding: Schmalian; Cooper. Populairwetenschappelijke verhandelingen van de zoektocht naar Higgs: Carroll, 135-162; Gell-Mann, 193-94; Lederman. Technische verhandelingen over het mechanisme van Anderson en Higgs: Brown; Hoddeson, 478-522; Anderson 4-49, 115-19; Witten.

2 faseovergang van epidemieën In de late jaren zeventig en vroege jaren tachtig bewezen wiskundigen de equivalentie tussen percolatormodellen en modellen van de verspreiding van ziekten.

3 boven de stippellijn in het diagram Nauwkeuriger gezegd draait het om de verhouding tussen de sparking rate en het aantal terug groeiende bomen. Als de sparking rate laag is ten opzichte van het aantal terug groeiende bomen neemt de boomedichtheid in het bos geleidelijk toe totdat de besmettingsdrempel wordt overschreden. Voor liefhebbers van feitjes over bosbranden: in de VS worden de meeste bosbranden veroorzaakt door mensen. Een studie uit 2002 naar 538.809 bosbranden in de VS in de periode 1970-2000 toonde aan dat 57 procent van alle branden werd veroorzaakt door mensen, terwijl 43 procent het gevolg was van natuurlijke oorzaken, hoofdzakelijk blikseminslag (Brown, 15).

4 een tiende maal zo vaak Deze verhoudingen zijn het simpelste voorbeeld van een machtsfunctieverdeling, waarin de frequentie exact omgekeerd evenredig is aan de afmetingen. Verfijnde modellen voorspellen een ratio die dichterbij 1,15 ligt dan bij 1,0. Zie Hantson; Zinck.

5 verwijderd zijn van Kevin Bacon Volgens de site Oracle of Bacon hadden in oktober 2,3 miljoen van de 2,9 acteurs in hun database een connectie met Bacon. Daarvan waren er 3.452 (0,1 procent) één stap verwijderd; 403.920 acteurs (17 procent) zaten op twee stappen en 1.504.560 (64 procent) op drie.

6 vaker dan Einsteins paper De paper van Watts en Strogatz uit 1998 wordt op de voet gevolgd door de paper van Barabási uit 1999 die een soortgelijk concept voorstelde en er het concept van ‘voorkeurshechting’ aan toevoegde: knopen met meer links worden vaker bevriend. Met andere woorden: populaire kinderen vallen beter in de smaak. (Hetzelfde principe ligt ten grondslag aan PageRank, het zoekalgoritme van Google.) Volgens de lijst van de natuurkundige database INSPIRE zijn de twee vaakst geciteerde papers op het gebied

van de ‘fundamentele’ fysica (waarvan materiaalkunde en rekentechnieken zijn uitgezonderd) Steven Weinbergs paper (1967) over het standaardmodel van deeltjesfysica (5.905 keer geciteerd) en Juan Maldacena’s paper (1999) over snaartheorie (4.651 keer geciteerd). Citaties zijn niet altijd een weerspiegeling van het belang van papers. De papers van Einstein worden tegenwoordig nauwelijks nog geciteerd omdat de erin vervatte ideeën volledig zijn geïntegreerd. Alle cijfers over citaties zijn afkomstig van de Web of Science Core Collection.

7 grootte van de kliek 4 tot de macht 2,5 is 32. Aangezien bomen in een bos alleen bomen kunnen besmetten die dichtbij staan, maar mensen informatie snel kunnen overdragen aan grote groepen, zijn in deze gevallen verschillende machtsfuncties actief. Voor experts: een exponent van 2,5 is wat je uit de percolatortheorie krijgt bij een groot aantal burens (een netwerk met oneindig veel dimensies).

8 andere gewelddadige conflicten Zie voor meer over de toepassing van de technieken uit de statistische fysica op netwerkwetenschap en menselijke conflicten de referenties in de aantekeningen bij de bronnen.

Hoofdstuk 7

1 kennismaken met de Godheid ‘Het was volgens Emerson nooit de bedoeling dat Jezus’ bewering dat hij de Christus of de Messias was, exclusief zou zijn,’ schreef Richard Brodhead in 2003. ‘De boodschap van de levende Jezus was juist het tegenovergestelde... Hij nodigt zijn volgelingen uit om niet de rol van dominee op zich te nemen, de bekleeder van een officiële positie in een institutionele kerk, maar de rol van de dominee-profeet die zich koestert in toegang tot het goddelijke en anderen attent maakt op hun vergelijkbare vermogens.’ (Brodhead, 56-57).

2 ongeveer 1 op 10 Talloze onderzoeken hebben consistent aangetoond dat de waarschijnlijkheid dat een medicijn dat aan klinische trials begint uiteindelijk zal worden goedgekeurd door de FDA rond de 10 procent ligt. (Het varieert afhankelijk van de ziekte waarvoor het medicijn is bedoeld van 1 op 5 tot 1 op 20.)

In de filmindustrie wordt vaak gezegd dat minder dan 1 op de 5 uitgebrachte films winst oplevert. Maar in tegenstelling tot medicijnontwikkeling is de filmindustrie niet zwaar gereguleerd; het is dan ook nagenoeg onmogelijk om data bevestigd te krijgen. Latere inkomsten door bijvoorbeeld streamingdiensten kunnen tot een hoger slagingspercentage leiden. Daar staat tegenover dat het percentage van 20 alleen betrekking heeft op films die worden uitgebracht, terwijl ook veel geproduceerde films nooit in première gaan. Er worden jaarlijks duizenden films geproduceerd, waarvan slechts enkele honderden de bioscoop bereiken.

3 belang neemt toe Deze voorbeelden hebben betrekking op vermogen in de vertrouwde betekenis van een algemeen belang in het succes van het bedrijf (aandelen, opties,

winstaandeel). Vermogen kan ook, los van het succes van het bedrijf, rechtstreeks worden verbonden met het succes van projecten. Hierover later meer.

4 vaardigheden en politiek gelijk zijn Als de verhouding tussen projectvaardigheid en het rendement van politiek de spuigaten uitloopt, proberen organisaties die verhouding vaak dichter bij 1 te brengen. Zo kunnen medewerkers die hun projecten snel en succesvol afronden – en dus een hoge projectvaardigheid hebben – worden gepromoveerd totdat hun projecten uitdagender zijn.

Hoofdstuk 8

1 sinds Nikola Tesla Zie de noot bij hoofdstuk 1 die begint met ‘Britse ontdekking van de radar’.

2 uitmonden in aanbiedingen Sommige bedrijven verstoppen hun beste medewerkers omdat ze bang zijn dat hun sterren zullen worden weggeplukt. Die bedrijven zullen nooit de beste mensen aantrekken en behouden. De sterren zullen belanden bij een concurrent die niet bang is om hen ten overstaan van hun collega’s te laten stralen.

3 patiëntengroepen De succesvolle partnerschappen van onder meer de Leukemia en Lymphoma Society, de Multiple Myeloma Foundation en de Cystic Fibrosis Foundation – belangengroeperingen die door patiënten worden gerund – met biotechbedrijven hebben geleid tot belangrijke nieuwe medicijnen. Zo werden de twee baanbrekende medicijnen van Vertex Pharmaceuticals voor de behandeling van CF ontwikkeld met steun van de CF Foundation.

4 is foute boel Bloom; Wade. (Citatie: Wade, 528.) De economische ‘toernooitheorie’, waarbij de salariëring van medewerkers is gebaseerd op hun onderlinge rangschikking, zou een aardig idee zijn in een gefingeerde wereld waarin iedereen werkt aan projecten die exclusief van hem of haar zijn. In de echte wereld zou zo’n aanpak het in dit hoofdstuk beschreven probleem alleen maar verergeren en conflicten aanwakkeren die de cohesie aantasten en politieke spelletjes stimuleren. Voor het koesteren van broze loonshots is het noodzakelijk dat individuen zich gezamenlijk rond een opwindend gezamenlijk doel scharen en elkaar niet bestrijden.

5 minder mislukkingen Zie voor een analyse van deze twee keuzen door economen Sah en Stiglitz; Csaszar.

6 dan na een lage Zie voor meer over gedragseconomie *Ons feilbare denken* van Daniel Kahnemann (waaraan het voorbeeld met gevangenisstraffen is ontleend, p. 125-26); de reeks *Predictably Irrational* van Dan Ariely; of de verzameling *Freakonomics* en de bijbehorende blog van Steven Levitt en Stehen Dubner. Zie voor een recente samenvatting en een

onderhoudend historisch overzicht *Misbehaving: The Making of Behavioral Economics* van Richard Thaler.

7 twee soorten bevallingen: Zie Allin voor een recente economische analyse en NPW voor een overzicht van mogelijke redenen en vaak vertelde mythes over de toename van het aantal keizersneden. Hoewel vaak is gezegd dat juridische drukfactoren bijdragen aan de toename, tonen recente onderzoeken aan dat ze nauwelijks een rol spelen (Sakala).

8 van de gedragseconomie Thaler merkt op dat het vakgebied weliswaar gedragseconomie wordt genoemd, maar dat het ‘niet een andere discipline is; het is gewoon economie, maar economie met een flinke scheut goede psychologie en andere sociale wetenschappen’ (Thaler, 9).

Deel III – Hoofdstuk 9

1 permanent veranderd Needhams eerste boek groeide uit tot een reeks met coauteurs, die uitmondde in een onderzoeksinstituut in Cambridge dat nog altijd publiceert. De reeks beslaat inmiddels 27 boeken. Needham is van 14 van die werken de auteur of coauteur.

2 het vraagstuk van Needham Jaren later schreef Needham over het bezoek van Lu en haar twee collega's, die samen met haar arriveerden: ‘Het feit dat ze als wetenschappelijke breinen zoveel met me gemeen hadden, riep voor mij heel urgent de vraag op waarom de moderne wetenschap zijn herkomst uitsluitend in Europa vindt, en niet in China of India.’ Zie voor een bibliografie over Needham en zijn vraagstuk de bijdrage van Nathan Sivin in Oxford Bibliographies; zie voor overzichten Finlay, ‘China’; Sivin, ‘Revolution’.

3 heliocentrische ideeën Slechts vijf academici: Westman, 309. In ongeveer dezelfde periode als Magini verwierp ook Tycho Brahe, de belangrijkste Europese sterrenkundige van zijn tijd, in het openbaar de heliocentrische ideeën van Copernicus. Hij introduceerde zijn eigen theorie van planetaire beweging onder de titel ‘Een nieuwe schets van een wereldsysteem, recentelijk bedacht door de schrijver, waaruit het gebrek aan elegantie van Ptolemaeus en de nieuwe, Copernicaanse natuurkundige absurditeit van de beweging van de aarde zijn verwijderd’ (Gingerich en Westman, 19).

4 ver weg staan bij de zon Mercurius, 2,9 maanden; Venus, 7,4 maanden; de aarde, 1 jaar; Mars, 1,9 jaar; Jupiter, 12 jaar; Saturnus, 30 jaar; Uranus, Neptunus en Pluto waren destijds nog niet ontdekt.

5 een twintigste deel van een procent Er zitten 60 minuten in een graad en 360 graden in de hemelboog. Gingerich laat in ‘The Great Martian Catastrophe and How Kepler Fixed It’ zien dat Kepler eerst een aantal kritische tekortkomingen in het model van Copernicus moest oplossen voordat de discrepantie van acht minuten aan het licht kon worden gebracht.

6 mystiek gedachtegoed had overwonnen Persoonlijke tragedies: Kepler was op jonge leeftijd verlaten door zijn vader; was in katholieke streken vervolgd voor zijn protestantse geloofsopvattingen; overleefde zijn eerste vrouw en drie van hun kinderen; en moest toezien hoe zijn 74-jarige moeder, die mensen genas met kruiden en drankjes, werd aangeklaagd voor hekserij, in de gevangenis werd gezet en met marteling werd bedreigd. (Kepler verdedigde haar in de rechtszaal en pleitte haar uiteindelijk vrij.)

7 uitkomst van experimenten De wetenschapshistoricus Bernard Cohen, de vooraanstaande biograaf van de wetenschappelijke revolutie, schreef: ‘De meest significante wetenschappelijke ontwikkeling van de zeventiende eeuw was misschien wel de erkenning dat de natuurwetten niet zomaar zijn geschreven in de taal van de wiskunde, maar in die van de hogere wiskunde, en dat die wiskundige relaties natuurkundige oorzaken moeten uitdrukken waarvan de aard en gedragswijze niet kan worden verhelderd door de studie van verschijnselen in relatie met die oorzaken. We vinden inmiddels dat dit “newtoniaanse” aspect van de moderne wetenschap in eerste instantie “kepleriaans” was (Cohen, ‘Kepler’, 25). De Franse filosoof Voltaire was beknopter: ‘Voor Kepler waren alle mensen blind. Kepler had één oog, Newton had er twee.’

In zijn uitmuntende recente geschiedenis van de wetenschappelijke revolutie schreef de fysicus en Nobelprijswinnaar Steven Weinberg: ‘De twee personen die het bekendste zijn geworden om hun pogingen om een nieuwe wetenschappelijke methode te bedenken, zijn Francis Bacon en René Descartes. Zij zijn naar mijn mening de twee mensen wier bijdrage aan de wetenschappelijke revolutie het meeste wordt overschat.’ Praktijkwetenschappers houden meer van doeners dan van praters en meer van werkende theorieën dan van verkondigde meningen. Kepler was een doener wiens ideeën werkten. Bacon en Descartes waren filosofen (Weinberg, 201).

8 nooit is geëvenaard Zie voor uitvoerige discussies over de connectie tussen de wetenschappelijke en de industriële revolutie H.F. Cohen; Jacob; Mokyr; Goldstone, 136-62; Lin, 22-54; Xu; en de bibliografieën die ze opnemen.

9 logischere verklaringen Zie voor een recente kijk op de opkomst van het Westen Acemoglu, 45-69; beide boeken van Daly; en Mokyr. Acemoglu vat argumenten samen voor de rol die politieke en economische instituties speelden om de moderne discrepanties te verklaren. Zie voor het natuurlijke experiment van Haïti en de Dominicaanse Republiek Jaramillo; en Diamond, 120-41, die nog veel meer voorbeelden geeft.

Deze debatten gaan op zijn minst terug tot de achttiende eeuw, toen er allerlei verklaringen werden bedacht voor de recente opkomst van het Westen. Zo was er het Goudlokje-principe – de gedachte dat mensen in warme landen te heetgebakerd en lui zijn en die in koude landen te stijf en apathisch –, die in 1748 werd gepropageerd door de filosoof Montesquieu. Zijn collega David Hume vond Montesquieus denkbeelden absurd en meende dat de werkelijke oorzaak was gelegen in het feit dat het westelijke ras inherent superieur was (Golinski, 175-78). Beide ideeën en allerlei variaties (superieure cultuur, religie, arbeidsethos) gaan al 200 jaar mee.

10 neemt toe tot 92 procent Een gediversifieerde portfolio van tien loonshots die allemaal een kans van 1 op 10 hebben op succes heeft een kans van 65 procent om minimaal een succes op te leveren omdat de kans dat ze alle tien zullen mislukken gelijk is aan 0,9 tot de tiende macht: 35 procent. Een portfolio van 24 loonshots heeft een kans van 92 procent om op zijn minst een succes voort te brengen omdat de kans dat ze alle 24 zullen mislukken 8 procent bedraagt. Zie voor de vuistregel van 1 op 10 (bij films en medicijnontwikkeling) de noot bij hoofdstuk 7 die begint met ‘ongeveer 1 op 10’.

11 stoelendans Paramount werd gekocht door Gulf + Western, een bedrijf in auto-onderdelen; Columbia Pictures werd gekocht door Coca-Cola, dat het filmbedrijf vijf jaar later afsplitste; MGM werd gekocht door de hotelmagnaat Kirk Kerkorian en vervolgens door Giancarlo Parretti met steun van de Franse bank Credit Lyonnais. Daarna ging het failliet. Parretti, die weleens is beschreven als ‘een verbluffend vulgaire, listige en charmante Italiaanse magnaat’, werd veroordeeld voor fraude; Universal werd gekocht door een impresariaat, dat het uiteindelijk doorverkocht aan het Japanse conglomeraat Matsushita, dat het vijf jaar later verkocht aan Seagram, dat sterkedrank produceert en het weer vijf jaar later verkocht aan Vivendi, dat het vier jaar later doorgaf aan GE, dat het liet fuseren met NBC en beide bedrijven vervolgens doorspeelde aan Comcast, de huidige eigenaar. (Parretti: zie McClintick.)

12 eindresultaat te marketen Eenmalige deals: zo namen bijvoorbeeld twee kleine productiehuisen een optie op het boek *Q&A* van Vikras Swarup. Ze haalden regisseur Danny Boyle erbij, regelden de financiering, en maakten *Slumdog Millionaire*. (Boyle liet zich visueel inspireren door *Maximum City* van Suketu Mehta.) Vlak voor de première tijdens een filmfestival kwam Fox aan boord met geld voor marketing en distributie in ruil voor de helft van de winst. Twee dagen nadat de deal was ondertekend – twee jaar nadat bijna alle studio’s het project hadden afgewezen – kreeg de film bij zijn première een staande ovatie. Zes maanden later won hij de Oscar voor beste film. Deze structuur is typerend voor eenmalige deals, al is de timing zelden zo goed. (Roston; N. Mankad, persoonlijke communicatie).

13 van een hele industrie Niet iedere industrie heeft een florerende kweekvijver van loonshots zoals de filmindustrie of de farmaceutische industrie. In industrieën waar dat wel het geval is, hebben de grote bedrijven – de Majors – een keuze: ze kunnen investeren in een interne loonshotgroep of samenwerkingsverbanden aangaan met een externe kweekvijver, of ze kunnen allebei doen. Er is veel dat voor die laatste optie pleit, aangezien de eerste twee elkaar complementeren. Maar dat is een onderwerp voor een uitgebreidere discussie en een dikker boek.

14 Leonards leven Banting kreeg een jaar later de Nobelprijs voor zijn ontdekking.

15 voorbehouden aan keizers ‘Een keizerlijk edict uit 1004 verbood sterrenkundig privéonderzoek en alle vormen van astrologische waarzeggerij.’ Voor blinden werd een uitzondering gemaakt (Sun, 61).

16 de ideeën van Shen Kuo Een voorbeeld: de sterrenkundige Taqi al-Din bouwde in de hoofdstad van het Ottomaanse Rijk een hypermodern observatorium dat vier jaar later op last van de sultan werd gesloten omdat een komeet die goed nieuws had moeten brengen dat niet deed (Lunde).

17 eerste industriële wonder Hobson, 50-59; Brandt, 49-50. De historicus Marshall Hodgson beschreef de Europese wetenschappelijke revolutie als ‘de onbewuste erfgenaam van de vruchteloze industriële revolutie van het China van de Song-dynastie’ (Hodgson, 197).

18 niet hebben bestaan Copernicus en alle andere geleerden die in het vroegmoderne Europa hoogwaardige wiskunde gebruikten, leunden op de algebra, trigonometrie en het moderne getallenstelsel zoals die waren ontwikkeld in India en de islamitische wereld voordat ze (net als de vorderingen die Avicenna had geboekt op medisch terrein) in heel Europa werden overgenomen. Recenter had het gekoesterde eurocentrische verhaal over eenzame genieën te lijden onder de ontdekking (vanaf de late jaren vijftig van de vorige eeuw) van opvallende gelijkenissen tussen cruciale stellingen die Copernicus gebruikte en het werk van de islamitische sterrenkundigen al-Din al-‘Urdu (overleden in 1266), Nasir al-Din al-Tusi (1274), Ibn al-Shatir (1375) en AlQushji (1474). Noel Swerdlow en Otto Neugebauer, vooraanstaande historici van de vroege astronomie, beschreven Copernicus als ‘de laatste Maragha-astronoom’, een verwijzing naar de traditie van islamitische sterrenkunde in het Maragha-observatorium (Saliba, 209). Zie ook Al-Khalili; Lindberg, 27-167; Ragep, ‘Predecessors’ en ‘Tusi’.

19 antikartelwetgeving Dat was het arrest *Federal Baseball Club v. National League* (1922), dat in 1972 werd bekrachtigd in *Flood v. Kuhn*. Beide uitspraken zijn en blijven controversieel; zie Alito.

20 andere naam of namen ‘Het is bijna zeker dat Newton zijn *Principia* niet zou hebben geschreven als er niet een discussie had plaatsgevonden tussen de virtuoze wetenschappers van de Royal Society over de mogelijke kracht die verantwoordelijk was voor de geobserveerde kepleriaanse planetaire beweging. Ten gevolge van dat debat (dat gevoerd werd door Hooke, Wren en Halley) ging Halley naar Cambridge om Newton te ontmoeten en met hem van gedachten te wisselen over het onderwerp. Halley’s latere steun aan Newton en de goedkeuring van de Royal Society droegen er in significante mate toe bij dat Newton zijn onderzoek voltooide en erover schreef voor publicatie onder auspiciën van de Royal Society. Het is twijfelachtig of de *Principia* er zonder de Society ooit was gekomen’ (I.B. Cohen, *Puritanism*, 72).

Nawoord

1 bij de behandeling van kanker We weten inmiddels dat de overgrote meerderheid van de kankergevallen wordt veroorzaakt door de accumulatie van genetische mutaties die niet zijn gerelateerd aan virale infecties (de toxinen in sigarettenrook beschadigen bijvoorbeeld het

DNA in de cellen die de longen bedekken, wat kan leiden tot longkanker.) Tot de goed onderzochte uitzonderingen behoren besmetting met humaan papillomavirus, wat tot een verhoogd risico op baarmoederhalskanker kan leiden, en hepatitisvirussen (HBV, HCV), die het risico op leverkanker kunnen verhogen.

2 met de nieuwe medicijnen De TNF-alfa-remmers zoals Enbrel, Remicade, Humira en Cimzia.

3 als een incrementele innovatie Christensen; King; Lepore.