

STICHTING
MATHEMATISCH CENTRUM
2e BOERHAAVESTRAAT 49
AMSTERDAM

SP 23

D. van Dantzig

Voorspelling en profetie.

Overdruk uit:
Statistica Neerlandica, 6(1952), p.195-203.



Voorspelling en profetie

door prof. dr D. van Dantzig

Een oud spreekwoord luidt: Een profeet wordt niet geëerd in zijn eigen land.

Hoe echter kan men nog waarheid toekennen aan deze spreuk, als men ziet, hoevelen hier tezamen gestroomd zijn om te horen naar de woorden van hen, gekozen uit de meest gezaghebbende voorspellers van dit land — weerprofeten, oogstprofeten, getijdeprofeten, conjunctuur- en andere profeten — die zich zo bereidwillig beschikbaar gesteld hebben, ons voor te lichten over de aard van hun kunst en hun wetenschap? Neen, hier, en nu, en ten aanzien van déze Zeven Profeten althans weerlegt Uw aller belangstelling het oude woord.

Natuurlijk de huidige prognost¹⁾ verschilt in hoge mate, naar doelstelling en methode, en in menig ander opzicht, van den oud-testamentischen profeet, die niet in de eerste plaats voorspeller was, maar veeleer *vermaner*; vermaner tot behoud van zedelijke, religieuze en nationale verworvenheden. Hij baseert zijn voorspellingen niet op dromen, openbaringen en vizioenen, waarvan geen ander de realiteit of de juistheid van interpretatie kan controleren, maar op waarnemingen, die een ieder kan verifiëren, herhalen, en waar nodig, verbeteren. Ook kleedt hij zijn voorspellingen niet in metaforen en gelijkenissen, die voor veelzinnige uitleg vatbaar zijn, maar tracht hij die juist in zo duidelijk en ondubbelzinnig mogelijke vorm te brengen, ook al moge voor den oningewijde de wiskundige symboliek soms al een even esoterisch karakter schijnen te hebben als de apokalyptische. Maar toch is de *behoefte*, die de moderne, dat is de wetenschappelijke, inzonderheid de statistische, voorspeller tracht te vervullen niet zózeer verschillend als men zou kunnen menen van die waarvoor zijn voorzaten stonden: de oningewijden te wijzen op de gevaren en baten, of althans nadelige en voordelige gevolgen, waartoe hun handelingen zullen of kunnen leiden, en hen, die van plan zijn, iets te ondernemen — en dat zijn heus niet alleen zij die gemeenlijk „ondernemers” genoemd worden —, bij de keuze van een weg ter bereiking van hun doel raad te geven.

Aan welke eisen moet een moderne predictie voldoen? Genoemd is reeds de eis van ondubbelzinnigheid. Toen Kroisos (of Croesus), koning van Lydië, voor zijn strijd tegen koning Kyros (Cyrus) van het machtige Per-

¹⁾ In deze, populair bedoelde, voordracht zal ik de woorden „voorspelling”, „prognose” en „predictie” ondanks enig verschil in betekenis als synoniemen gebruiken.

zische rijk het orakel van Delphi raadpleegde, antwoordde dit: Als Kroisos de grensrivier Halys over trekt, zal een groot rijk ten onder gaan. Dit was precies wat Kroisos wenste, dus stak hij de rivier over. Hij werd echter verslagen en zijn land werd bij Perzië ingelijfd: het Delphische orakel had namelijk niet Perzië, maar Kroisos' eigen rijk bedoeld.

Het is duidelijk, dat men met deze methode der dubbel- of veelzinnige interpreteerbaarheid iedere uitslag als een rechtvaardiging der voorspelling kan beschouwen. Daarom wordt zij nog steeds toegepast door waarzeggers en anderen, die zich niet aan de strikte discipline der wetenschap onderwerpen.

De eerste eis, aan de moderne statisticus gesteld, luidt dus, wat men zou kunnen noemen „de Kroisos-valstrik” te vermijden: de voorspelling mag niet dubbelzinnig zijn, d.w.z. zij moet zodanig zijn, dat zoveel mogelijk on-dubbelzinnig vaststaat, onder welke waarneembare omstandigheden zij als vervuld, en onder welke zij als weerlegd moet worden beschouwd. Anders gezegd: de voorspelling moet niet slechts empirisch verifieerbaar, maar ook empirisch „falsifieerbaar”, d.w.z. weerlegbaar zijn.

Dit houdt mede in dat men geen voorspellingen zal verbinden aan voorwaarden die in geen geval vervuld zullen zijn, voorspellingen dus van het type van: „Als de hemel op de aarde valt zullen wij alle leeuweriken kunnen vangen”. Mathematisch betekent dit, dat men, althans in de uiteindelijke voorspelling, voorwaardelijke waarschijnlijkheden onder voorwaarden die zelf een waarschijnlijkheid nul hebben dient te vermijden. Slechts indien kleine wijzigingen in de voorwaarden (of in de gebruikte hypothese) de voorspelling niet noemenswaard beïnvloeden is aan onze voorwaarde voldaan. Maar ook vereist de empirische controleerbaarheid, dat de statisticus zijn voorspellingen aan een eindige tijdslimiet behoort te binden waarop het al dan niet geverifieerd zijn kan worden vastgesteld. „Und einmal wird kommen der Tag” is zeker geen voorspelling in deze zin, evenmin als „Uiteindelijk zal alles zich ten goede wenden”, of, korter en kernachtiger „Alles sal reg kom”. Ook verschillende religieuze verwachtingen, b.v. die van de komst van den messias, of van het duizendjarig rijk, ontleen aan hun eschatologisch karakter, met name aan het ontbreken van een tijdsbeperking, hun onweerlegbaarheid. Hetzelfde is het geval met vele politieke prognosen b.v. „Ook in een socialistische maatschappij zal het menselijk egoïsme *op de duur* weer tot ongelijkheid voeren”. Of „Het kapitalisme is ten ondergang gedoemd”. Of „In een socialistische maatschappij zal de staat *op de duur* afsterven”. Maar wel spreekt een zekere bewustheid van de vorengenoemde eis uit de aan Solon in zijn legendarische ontmoeting met Kroisos toege-

schreven woorden: „Niemand is gelukkig te noemen voor zijn dood”. Of ook in het daarmee overeenstemmende bijbelse: „Gij zult den dag niet voor den avond prijzen”.

Toegegeven moet echter worden, dat de moderne statisticus, strikt genomen, zich niet steeds aan deze eis houdt. Niet alleen gebruikt hij bewerkingen waarin het wiskundig oneindigheidsbegrip voorkomt, als integraties, differentiaties en limietovergangen, maar, erger nog, ook in zijn uiteindelijke uitspraken komt dit begrip soms voor. Met name is dit het geval, wanneer hij voorspellingen baseert op schattingen van parameters, of ook wanneer hij een hypothese toetst. Indien men echter de nodige voorzichtigheid in acht neemt bij de statistische bewerking, kan aan dit bezwaar wel tegemoet gekomen worden, al stuit men soms ook op te grote mathematische moeilijkheden.

De tweede eis, waaraan we een wetenschappelijke voorspelling onderwerpen is reeds eerder genoemd. Zij houdt in, dat de voorspelling volledig gebaseerd zal zijn op informatie, bestaande uit controleerbare voorafgaande ervaringen. We verbinden daaraan de eis, dat de voorspelling daaruit afgeleid kan worden volgens een logische redenering, die aan strenge eisen van exactheid en consistentie voldoet. Apokalyptische, kabbalistische, „pyramidale”, en andere op getallenmystiek e.d. gebaseerde redeneringen, hoe vernuftig deze wellicht ook mogen zijn, worden derhalve bij het vormen van een wetenschappelijke voorspelling niet toegelaten.

In de derde plaats verlangen we, dat de wetenschappelijke prognost zich vooraf zo volledig mogelijk rekenschap zal geven van de *nauwkeurigheid*, en de *betrouwbaarheid* van zijn voorspellingen. Daarbij wordt de nauwkeurigheid (of liever de onnauwkeurigheid) van de voorspelling aangegeven door een of andere maat voor de grootte van het zogenaamde „voorspellingsinterval” of „voorspellingsgebied”, dat is het geheel van alle toestanden of gebeurtenissen die de voorspelling „waar maken”. De betrouwbaarheid daarentegen wordt aangegeven door de kans dat de voorspelling uitkomt.

Het is wellicht van nut er op te wijzen, dat deze beide eigenschappen in alle combinaties kunnen voorkomen. In de astronomie, b.v. bij het voorspellen van eclipsen, culminaties van sterren e.d., kan men een uiterst grote nauwkeurigheid bereiken, tezamen met een volgens alle praktische maatstaven volmaakte betrouwbaarheid. Voorbeelden van hoogst onnauwkeurige, d.w.z. vage en tevens onbetrouwbare voorspellingen zijn zo gemakkelijk te verkrijgen dat ik ze wel kan overslaan; men kan ze bij iedere waarzegger of astroloog vinden. Het is heel gemakkelijk, voorspellingen van volmaakte

betrouwbaarheid te geven, als men ze maar vaag genoeg maakt: „Ik voel, dat er vandaag iets gebeuren gaat” is een voorspelling, die zonder twijfel uitkomt. Om tenslotte een voorbeeld te geven van een zeer nauwkeurige voorspelling van zeer dubieuze betrouwbaarheid, vermeld ik een onlangs gepubliceerd artikel van de Parijse correspondent van een groot blad, die in vele details wist te voorspellen, hoe de politieke ontwikkeling in Rusland zich zou voltrekken: eerst zou Molotof, vervolgens Beria door Malenkof geëlimineerd worden, enz., enz. Hij wist het precies! Argumentatie ontbrak natuurlijk. Deze was klaarblijkelijk op analogiebeschouwingen van enkele vroegere gevallen gebaseerd.

Een interessant voorbeeld van een vrij nauwkeurige voorspelling van beperkte betrouwbaarheid is aan de biologie te ontleen. Van een bevruchte, b.v. menselijke eicel kan men de verdere ontwikkeling met grote nauwkeurigheid voorspellen: de grootte van het embryo op een willekeurig tijdstip, de relatieve grootten der verschillende lichaamsdelen, het tijdstip der geboorte, van het verschijnen der eerste tanden, van het uitvallen van het melkgebit, van de ontwikkeling der inwendige en uitwendige geslachtskenmerken, ja zelfs van het optreden van myopie en seniliteitsverschijnselen en nog vele andere kunnen in talloze details voorspeld worden. Echter met het voorbehoud, dat de ontwikkeling niet door de dood of op andere wijze voortijdig onderbroken wordt. Noch in de anorganische natuur, noch in de menselijke samenleving kan men gemakkelijk voorbeelden van verschijnselenreeksen vinden die over een periode van vele tientallen jaren zo nauwkeurig voorspelbaar zijn, tenzij ze beheerst worden door een klein aantal als constant te beschouwen parameters, hetgeen hier allerminst het geval is: het aantal onafhankelijke voorspelbare parameters is hier juist zeer groot.

Dit brengt ons tot het probleem van de voorspelbaarheid van verschijnselen in het algemeen. Slechts sinds vrij korte tijd realiseert men zich duidelijk, dat de voorspelbaarheid van een verschijnsel ten nauwste samenhangt met de *informatie* die men er over verkrijgen kan. Om een voorbeeld te noemen: gedurende de achttiende en negentiende eeuw werd als een karakteristiek voorbeeld van een volmaakt onvoorspelbaar verschijnsel, dat slechts waarschijnlijkheidstheoretisch behandeld kon worden, het weer van de volgende dag genoemd. Thans weet een ieder, dat het weer tot de in principe zeer goed voorspelbare verschijnselen behoort. Het is afhankelijk van de verplaatsing van enorme luchtmassa's, die dus een grote traagheid bezitten. Het voorspellen van het weer is dus, in principe althans, met vrij grote nauwkeurigheid en betrouwbaarheid mogelijk, indien men slechts voldoende informatie over de voorafgaande verdeling in ruimte en tijd van de meteorologische

grootheden kan krijgen. Weliswaar is de wèrkelijke voorspelling op grond van deze gegevens in de meeste gevallen nog slechts met vrij beperkte nauwkeurigheid en betrouwbaarheid uitvoerbaar, vooral ook tengevolge van de exorbitante mathematische moeilijkheden, in het bijzonder met betrekking tot weervoorspelling op lange termijn, maar het laat zich toch aanzien, dat de statistische meteorologie slechts een overgangsfase naar de dynamische meteorologie zal vormen. Ik vermag niet te beoordelen, in hoeverre de moderne psychologie dat àndere klassieke voorbeeld van onvoorspelbaarheid, de grillen ener vrouw, heeft leren beheersen. Met het derde voorbeeld, de gedragingen ener mensenmenigte, is men ongetwijfeld door opiniepeiling en massapsychologie een eindje op de goede weg. Maar ik waag toch te betwijfelen, of men er ooit in zal slagen, „de grillen ener ¹⁾ man” tot een werkelijk voorspelbaar verschijnsel te maken.

Tegelijk met de betekenis voor een voorspelling van het verkrijgen van de daarvoor benodigde informatie, en reeds vóór de quantitative uitwerking daarvan in de zogenaamde „Informatietheorie” heeft men leren inzien, dat deze informatie niet steeds in onbeperkte mate verkrijgbaar is. Met name ontstaan moeilijkheden zodra het verkrijgen der informatie zèlf het te voorspellen verschijnsel verandert. Bij het zoëven genoemde voorbeeld van de verplaatsing van grote luchtmassa's doet deze moeilijkheid zich nog niet voor: de invloed die de beweging van een depressie ondervindt van de aanwezigheid van meteorologische stations, waarnemingsballonnen, e.d. is ongetwijfeld wel te verwaarlozen. Dit verandert echter wanneer men de beweging van zeer *kleine* massa's wil voorspellen. Bij de kleinst bekende massa's, afzonderlijke electronen bijvoorbeeld, is de hoeveelheid informatie, benodigd om de beweging te voorspellen (in de zin zoals men zich die vroeger voorstelde) zó groot, dat een poging tot het verkrijgen daarvan het deeltje volkomen „uit het lood slaat” daarop een zó grote terugslag heeft, dat de bewegingstoestand totaal verandert, en daarmee de voorspelling volkomen illusoir wordt. Deze beperkte voorspelbaarheid tengevolge van de ingreep die het verkrijgen van de benodigde informatie betekent, vindt haar uitdrukking in de quantumfysika, met name in de „onnauwkeurighedsrelaties” van Heisenberg.

Ook sommige massale, met name sociale en politieke verschijnselen zijn geenszins onafhankelijk van voorspellingen die daaromtrent gedaan worden, of van het verkrijgen der daartoe benodigde informatie. Indien b.v. heden op de „juiste” wijze b.v. door middel van een fluistercampagne, de voor-

¹⁾ Dit is géén verschrijving. Als men — m.i. terecht — het verband tussen sexe en grammaticaal geslacht laat verbreken, zie ik niet recht in, op grond waarvan men uitdrukkingen als „de middellijn *der* cirkel”, „de hoed *der* grootvader” e.d. op de duur zal kunnen verbieden.

spelling gepubliceerd zou worden, dat een bepaalde grote bank op springen staat, dan ware de kans groot, dat dit tengevolge van een bank-run na enkele dagen inderdaad het geval zou zijn.

Tegenover dit voorbeeld, waar het doen ener voorspelling het voorspelde verschijnsel bevordert, staan de gevallen waarbij een voorspelling alléén kan uitkomen, zo zij *niet* geloofd wordt. Dit is het bekende „Kassandra-verschijnsel”. Kassandra immers, een dochter van Priamos van Troje, had van Apollo de gave der voorspelling ontvangen nadat zij hem haar liefde beloofd had. Zij hield haar belofte echter niet, en daarom voegde Apollo het amendement toe, dat niemand haar zou geloven. Haar waarschuwingen, het paard van Troje niet binnen te halen, werden dan ook in de wind geslagen, en dit veroorzaakte de ondergang der stad.

De tegenhanger van het Kassandra-verschijnsel zou men het „Jona-verschijnsel” kunnen noemen, naar de profeet Jona, die na een vergeefse vlucht per schip over stormachtige zee, na door de schepelingen in zee „gejonast” te zijn en na drie dagen in het ingewand van een grote vis verbleven te hebben, eindelijk zijn tegenstribbelen opgaf en zijn opdracht ging vervullen om tot de bewoners van Ninevé te prediken, die tot zonde waren vervallen. Hij voorspelde hen in opdracht van zijn god, dat de stad binnen veertig dagen zou worden „omgekeerd”. Hij werd echter geloofd, de bewoners kwamen tot inkeer, en de straf werd hun kwijtgescholden. Dit echter „verdroot Jona met groot verdriet, en zijn toorn ontstak”.

Behalve in gevallen van paniecreacties, waarin de menigte door ongecoördineerd handelen de ramp bevordert, is dit het dilemma waarvoor de onheilsprofeet staat: of wel hij wordt niet geloofd, als Kassandra en moet dus het onheil zich zien voltrekken, of hij wordt wél geloofd, als Jona, en riskeert dan zijn reputatie als profeet. Want Jona had zich op Deuteronomium 19 kunnen beroepen, waarin het kenmerkende verschil tussen valse en ware profeten wordt aangegeven. Het criterium luidt: „wanneer die Profeet in den naam des Heeren zal hebben gesproken, en dat woord geschiedt niet en komt niet, dat is het woord dat de Heere niet gesproken heeft”. Of, vertaald in de nuchtere taal van onze dagen: Kijk of de profetie uitkomt.

Nu had Jona wel zijn reputatie als profeet kunnen sparen — temeer wanneer hij inderdaad, naar hij volgens het verhaal gezegd zou hebben, de afloop voorzien had — door zijn voorspelling minder nauwkeurig te maken, door de tijdbeperkende „veertig dagen” weg te laten, of de ondergangsprofetie aan een „Als gij niet, dan . . .” te binden. Maar daarmee zou het succes van zijn *prediking*, dat toch het *eigenlijke* doel van zijn taaldaad was — al besepte

hij dat zelf aanvankelijk niet — in de waagschaal gesteld hebben. Want zijn falen als voorspeller was zijn slagen als boetprediker.

Daarmede zien we dus, dat de keuze tussen de min of meer complementaire begrippen nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van een voorspelling alleen beslist kan worden met betrekking tot het *doel* waarmede de voorspelling gedaan wordt.

In de gevallen, waarin het doel van economische aard is en de schade, die uit een zij het vage, zij het te onbetrouwbare voorspelling voortvloeit, geschat kan worden, is het, in principe althans, mogelijk langs mathematische weg een zo gunstig mogelijke keuze te doen. Men maakt daartoe gebruik van de theorie der „Beslissingsfuncties”¹⁾. Het is wellicht niet overbodig om, zoals ik ook bij een vroegere gelegenheid wel eens gedaan heb, nogmaals te wijzen op de onjuiste opvattingen ten aanzien van de toepasbaarheid der wiskunde die somtijds bij leken voorkomen. Sommigen onderschatten de mogelijkheden daarvan aanzienlijk doordat zij menen dat menselijke gedragingen te onregelmatig, te weinig voorspelbaar dus, zijn om er wiskundige methoden op te kunnen toepassen. Deze onderschatting berust op een overschatting die bij leken veel meer dan bij de wiskundigen zelf voorkomt, t.w. op de mening dat alles wat met wiskundige methoden gevonden is, dan ook onomstotelijk vaststaat. Dit nu is ten enenmale onjuist. Empirisch toetsbare conclusies, ook al zijn zij met wiskundige hulpmiddelen verkregen, bezitten in het algemeen geen grotere graad van zekerheid dan het geheel der waarnemingen waaruit zij zijn voortgekomen. Daarentegen kunnen wiskundige methoden, ook bij maatschappelijke problemen, bij uitstek dienstig zijn om zich van de *grenzen* der gerechtvaardigde zekerheden rekenschap te geven, die bij meer intuïtieve methoden gemakkelijk uit het oog verloren worden.

Ook op andere wijze kan een meer wiskundige beschouwing vaak van nut zijn. Ik denk daarbij aan het verschil tussen een *maximaal* (zo groot mogelijk) en een *optimaal* (zo gunstig mogelijk) effect van een maatregel of gebeurtenis, of ook aan dat tussen de uitwerking van maatregelen op korte en op lange termijn. Veelvuldig zijn de voorbeelden van politieke of economische beslissingen die op korte zicht het belang van een land of bevolkingsgroep schenen te dienen, maar juist daardoor zo sterke tegenkrachten opriepen, dat zij op langere duur juist deze zelfde belangen gingen schaden. Wis-

¹⁾ Dit onderwerp werd door mij op de vorige Statistische Dag besproken.

kundig komt dit neer op het onderscheiden van het positief zijn van de eerste of de tweede afgeleide van een functie van de tijd. Ook zonder wiskunde is dit natuurlijk wel in te zien, en met betrekking tot sommige problemen, zoals b.v. de grootte der bevolking heeft het zelfs sterk de aandacht getrokken: het verschil tussen toeneming der bevolking en verlangzaming dezer toeneming is welbekend, al is de wiskundige behandeling van dit probleem nog niet ver gevorderd. Men is nog steeds te sterk gebiologeerd door het „netto-reproductiecijfer” en heeft nog te weinig aandacht besteed aan de invloed van mogelijke veranderingen in de leeftijdsverdeling der moeders.

Op een bepaald moment kan het wellicht in het belang op korte zicht van een land zijn, zijn bevolking zo hoog mogelijk op te voeren, of zijn grondstoffen en energiebronnen zo volledig mogelijk te exploiteren. Maar beide maatregelen hebben op lange zicht een tegengesteld effect. In grote delen van de wereld wordt dit nog niet ingezien, hetgeen inhoudt dat de mensheid op het ogenblik eigenlijk leeft ten koste van haar nageslacht. Ook op het zoveel beperktere terrein van de wetenschapsbeoefening en de wetenschapsbevordering kunnen we hetzelfde verschijnsel waarnemen. Weliswaar is de belangstelling voor toepassing van wetenschap voor concrete maatschappelijke of industriële doeleinden aanzienlijk toegenomen, zoals o.a. de huidige bijeenkomst bewijst. Weliswaar is daarnaast ook langzamerhand het inzicht gegroeid, dat deze toepassing in de toekomst alleen dan mogelijk zal blijven, als thans reeds het wetenschappelijk speurwerk in hoge mate bevorderd wordt, zodat het toegepast wetenschappelijk onderzoek althans in een nabije toekomst wel ten naastenbij de steun zal verkrijgen, die het reeds sinds lange tijd behoefde. Maar veel te weinige nog zijn zij, die begrijpen dat voortzetting van toegepast wetenschappelijk speurwerk in de toekomst alléén mogelijk zal zijn als reeds thans daarvoor de grondslagen worden gelegd door zuiver wetenschappelijk werk in de basiswetenschappen. Dit heeft tengevolge dat aan *zuiver* wetenschappelijk onderzoek slechts een kleine fractie ten koste wordt gelegd van wat daarvoor nodig zou zijn. Hoewel ook hier gezegd moet worden dat *maximale* beoefening der wetenschap zeker wel niet met de *optimale* toestand overeenstemt, is het toch wel zeker dat wij ons nog verre beneden het optimum bevinden. Als hierin niet spoedig verandering komt, zal een nabij nageslacht door zijn omvang onvoldoende voedsel op aarde aantreffen; alle redelijk gemakkelijk toegankelijke grondstoffen- en energiebronnen uitgeput vinden, en door het ontbreken van voldoende zuiver wetenschappelijk vóóronderzoek zullen de grenzen aan zijn kennis gesteld zo star getrokken zijn, dat het onmogelijk nog aan de dan onnoemelijk toegenomen moeilijkheden zal kunnen tegemoetkomen.

Maar ik vrees dat ik mijzelf tenslotte in de naar wij zagen ondankbare positie van „vermaner” ben gaan plaatsen. Het zal U ongetwijfeld een opluchting zijn, uit profetieën van verleden en toekomst terug te keren naar de concrete werkelijkheid van heden, en ik twijfel er niet aan, of de eisen die ik voor een voorspelling geformuleerd heb, zullen, zoal niet volmaakt, dan toch in véél hogere mate dan ik zèlf heb kunnen doen, in de hier volgende bijdragen van ànderen in acht worden genomen.

S u m m a r y

Prediction and prophecy.

With the help of a number of mythological and scriptural examples the requirements are sketched, which a scientific prediction should meet. These requirements are:

(A) *u n a m b i g u i t y, that is to say it must be as clear as possible under which observable circumstances the prediction is fulfilled and under which it is disproved;*

(B) *the prediction must rest on i n f o r m a t i o n consisting of preliminary observations;*

(C) *the a c c u r a c y of the prediction must be stated by the magnitude of the so-called prediction interval and*

(D) *the r e l i a b i l i t y, i.e. the probability that the prediction will be fulfilled, must be mentioned.*