

Citation:

A.D. Fokker, Levensbericht A. Einstein, in:
Jaarboek, 1954-1955, Amsterdam, pp. 253-261

LEVENSBERICHT
VAN
ALBERT EINSTEIN
(14 Maart 1879 — 18 April 1955)

Niet alleen de Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen betreurt het verlies van haar buitenlands lid *Albert Einstein*. Alle geleerde genootschappen van de gehele wereld rouwen om het overlijden van dezen enen man. Deze rouw is niet het verdriet om het voor den sterveling niet-ontkoombare einde, maar een herdenking van het uitzonderlijke licht, dat van hem uitgestraald is over onbegrepen, eeuwenoude vragen. Bij die eeuwige betekenis van zijn nalatenschap valt het belang van het stoffelijk bestaan weg. Zolang als er mensen zullen zijn die denken langs de weg die hij gebaad heeft, zolang zal zijn geest duren en leven.

Hij werd te Ulm uit Joodse ouders geboren. Na zijn gymnasium-tijd te München verhuisden zij naar Zwitserland. Zij werden daar genaturaliseerd. Albert zakte voor het toelatingsexamen van de Polytechnische School te Zürich. Na nog een jaar gymnasium te Aarau slaagde hij voor het eindexamen hier en daarmee mocht hij zich in 1896 te Zürich laten inschrijven. Hij was toen zeventien jaar oud.

Het is opmerkelijk, dat zijn genie, nu door de ganse wereld nagestaard, in zijn school- en studietijd door niemand is ontdekt. Einstein was zo wars van alle dwang, dat een schools regime hem verlamde. Onder de hoogleraren te Zürich waren veel briljante wiskundigen. Hij had meer dan voorbeeldige wiskundige vorming deelachtig kunnen worden, ware het niet dat collegezalen en -banken hem tegen de borst stuitten. Hij vermeed die. Daarom bleef hij onopgemerkt. Na zijn diploma behaald te hebben, viel hij voor zes

maanden in als waarnemende leraar aan een school. Daarna kreeg hij een betrekking op het octrooibureau in Bern.

Snel klaar met het ambtelijk werk, kon hij, met een muur van hoog opgestapelde technische boeken om zich heen, onderduiken in de grote problemen van de theoretische natuurkunde: de grondslagen van de thermodynamica enerzijds, de electrodynamica anderzijds. Uit dat octrooibureau kwam hij in 1905 voor den dag met drie schitterende uitvindingen: de theorie van de brownbeweging, de theorie der lichtkwanta, en de relativiteitstheorie voor eenparige translaties.

In de eerstgenoemde verhandeling beschouwde Einstein in een vloeistof gesuspendeerde deeltjes als bijzonder grote moleculen, die enerzijds delen in de ongeregelde warmtebeweging, maar anderzijds zo groot zijn, dat zij door de viscositeit der vloeistof gedurig geremd worden. Met zijn theorie was het mogelijk uit de waarneming van de ongeregelde verplaatsingen bij de brownbeweging het aantal atomen per gramatoom te bepalen. Dat verschafte een overtuigende empirische bevestiging van de hypothese der afzonderlijke atomen.

De tweede verhandeling, en wat daarop volgde, werd in 1921 met de prijs van Nobel bekroond. Einstein vergelijkt de toeneming van de entropie van een ideaal gas, dat zich in een vacuüm stort, met de verandering van entropie indien een ijle, monochromatische straling datzelfde doet. De formules komen overeen, indien men de benadering van Wien gebruikt, die voor de hoge frequenties in de formule van Planck begrepen is. Verzekerd van Boltzmann's stelling over de entropie als maat voor waarschijnlijkheid dorst Einstein stoutmoedig te profeteren dat de stralingsenergie zich, zij het ten dele, zou voordoen als een verzameling afzonderlijke energieballen, niet anders dan een gas zich gedraagt als een verzameling moleculen. Dit verschafte aanstonds een verklaring voor het door Lenard ontdekte foto-elektrische effect. Later verbond Einstein de vraag naar de gesteldheid van de straling met de brownbeweging (1909,

1910). Kleine voorwerpen, spiegeltjes en resonatoren ondervinden in het stralingsveld geregelde en ongeregelde krachten. Alleen dan kan hun gemiddelde energie van de voortgaande beweging beantwoorden aan de door Maxwell's equipartitie vereiste waarde, indien de ongeregelde fluctuaties der energie in het veld wegens de klassieke interferenties nog worden versterkt door toevallige aanwezigheid van niet-klassieke energiekwanta.

De warmtebeweging in een vast lichaam kan worden beschouwd als superpositie van elastische trillingen. Elk van deze kan gezien worden als resonator in het stralingsveld, die slechts bepaalde energiekwanta kan opnemen. Deze inval leidde tot een nieuwe theorie van de soortelijke warmte voor vaste lichamen (1907, 1911), die door Debye werd uitgewerkt. De kwanteuze begrippen deden daarmee hun intree in de beschouwing der stoffelijke materie. In 1913 zag Bohr de mogelijkheid om ook in het atoommodel van Rutherford, met de zware geladen kern, de energie der elektronen te kwantiseren.

Dat denkbeeld van de diskrete inwendige energieniveaus van molekulen neemt Einstein over. Los van bijzondere gissingen onderstelt hij slechts, dat twee energieniveaus door een of andere frequentie van straling gekoppeld zijn, dat een molekuul met een zekere kans spontaan van het hoge naar het lage niveau kan vallen en daarbij energie in die bepaalde frequentie kan uitstralen, dat het dit eveneens kan doen, gestimuleerd door straling van buiten die dezelfde frequentie heeft, en dat tenslotte een molekuul door die straling van buiten ook van het lage op het hoge energieniveau kan worden getild. Hieruit volgt, met kansrekening, zekere verhouding van de gemiddelde verblijftijden der molekulen op die niveaus. Die verhouding gelijkstellende aan wat de formule van Boltzmann voor het betrokken energieverschil bij de heersende temperatuur bepaalt, vindt Einstein de formule van Planck terug, en hij vindt dat het verschil der energieniveaus $h\nu$ moet zijn (met de frequentie ν en de konstante van Planck h). Tenslotte, de brownbeweging der molekulen in het stralingsveld analyserende, concludeert Einstein dat de stralingskwanta niet slechts een energie $h\nu$ hebben, maar dat

men ze ook, in een scherp bepaalde richting, een hoeveelheid beweging $h\nu/c$ moet toekennen (c is de snelheid van het licht). Daarmee was de conceptie van wat wij nu fotonen noemen voltooid (1917).

Bose, de fotonen als deeltjes behandelende, vond in 1924 welke kansregels leiden tot de stralingsformule van Planck. Terstond keerde Einstein de zaak om. Hij merkte op dat dezelfde kansregels als voor fotonen toepasselijk moesten zijn op gassen met één-atomige molekulen. De fotonen zouden niet ten dele, maar volledig met deeltjes overeenstemmen. Gasmolekulen, gezien als fotonen, betekende reeds golftheorie van deeltjes, kwantummechanica.

De derde verhandeling bevatte een herziening van de begrippen over ruimte en tijd. De titel geeft daarvan geen aanduiding: Elektrodynamik bewegter Körper. De naam relativiteitstheorie is in feite misleidend. Het gaat om iets absoluuts, om de invariantie van de natuurwetten, onafhankelijk van de gekozen coördinaten.

Het centrale punt is de voortplantingssnelheid van het licht. Wat zou men te zien krijgen, indien men het licht zou kunnen nalopen, of zelfs bijhouden? Dan zou men zich in een stilstaand gegolfd elektromagnetisch veld bevinden, hetgeen volgens de vergelijkingen van Maxwell een onmogelijkheid is. Einstein kwam los uit deze valstrik toen hij zag dat, evengoed als zulk een nalopen van het licht noodzaakt tot het aanpassen van de ruimtecoördinaten, ook de tijdcoördinaat moet worden aangepast. Het fenomeen van de lichtstraling is invariant, maar onze ruimte en tijd, waarmede wij beschrijven, niet. Ieder is vertrouwd met de verandering van de horizon bij verplaatsing over de aarde. Evenzo staat gedurende bewegingen her- of derwaarts de gelijktijdigheidshorizont, het „*nu*”, anders. Twee mensen, die niet bij elkaar blijven, beleven verschillende nu's. Voorts: een tijdsverloop en een verschil van plaats bepalen samen een „*interval*”. De lichtsignalen (intervallen nul) scheiden de tijdsduren van de afstanden, absoluut. De ongedeelde verknochtheid van ruimtelijke en tijdelijke betrekkingen in de stroom der voorvallen heeft Minkowski tot uiting gebracht door te

zeggen, dat men de imaginaire tijd als ruimtecoördinaat op één lijn kon stellen met de andere drie. Deze kunstgreep geeft echter een verkeerde suggestie. In de chronogeometrie van ruimte en tijd als één geheel gelden andere fundamentele stellingen. In de meetkunde kan men twee lijnen hebben tussen dezelfde eindpunten, de ene recht, de andere gebroken of gekromd. De rechte lijn is dan de *kortste*. In de chronogeometrie kan men twee tijdsduren hebben, twee mensen die op één tijdstip uit elkaar gaan, en op een later tijdstip elkaar weer ontmoeten. Indien de ene zich zonder versnelling bewogen heeft, en de andere met schokken of met continue versnellingen, dan zal de „eenparige” („rechte”) tijdsduur *langer* zijn dan de „versnelde” en niet korter. Het fundamentele verschil tussen de intervallen die een duur betekenen en de intervallen, die een afstand betekenen, vervliegt niet door een kunstgreep.

In deze beschouwing past ook het verband tussen energie en hoeveelheid beweging (impulsie), die namelijk tezamen een chronogeometrische vector vormen. De grootte van die vector is de scalaire massa. Sedert de ontdekking van de kernbreking bij uranium is deze samenhang uit de speculatie in de rauwe feitelijkheid getrokken.

Een nieuwe ontwikkeling volgt op de vraag, waarom alle lichamen even snel vallen? Ook zonder gravitatie zou, in een versnelde lift, dat zich voordoen. De versnelling van een lift kan dus een zwaarteveld voortoveren? Op dezelfde manier als in een draaimolen voor de massaas een veld van middelpuntvliedende kracht zich doet gevoelen? Einstein gelooft: ja, en werpt zich op de studie der versnelde coördinaten. Gewicht en middelpuntvliedende kracht komen gelijkwaardig op één lijn te staan. Tenslotte ziet hij, in een flits van inspiratie, dat de vrije beweging is en blijft die waaraan de langste tijdsduur kleeft, ook indien ze gezien wordt in een versneld systeem. De tien coëfficiënten echter, die nodig zijn om uit de vier differentiaal van een stukje der beweging de tijdsduur te vinden, worden in versnelde systemen afhankelijk van de coördinaten. Die tien maatcoëfficiënten zijn het, die het zwaarteveld bepalen, ja beter, het veld van alle gebeuren. Is het mogelijk

differentiaalvergelijkingen voor die maatcoëfficiënten te vinden, die beantwoorden aan de differentiaalvergelijkingen van Poisson voor de gewone gravitatiepotentiaal? Van de tweede orde, en alleen nul in streken waar geen materie is? Hij liet zich voorlichten door zijn oude studievriend M. Grossmann en, gravende in de uitkomsten van wiskundigen vóór hem, vond Einstein het begeerde in de kromtetensor van Riemann. Daaruit haalde hij zijn verfijning van de theorie van Newton, waarmede een onverklaarde precessie van het perihelium in de beweging van Mercurius om de zon werd opgehelderd. Nu was er geen twijfel meer mogelijk. Deze eindpaal werd bereikt in November 1915, midden in de grote oorlog.

Na de voltooiing van de gravitatietheorie als leer van de invarianties in gekromde en versnelde ruimte-en-tijd, heeft Einstein getracht deze in twee richtingen verder te ontwikkelen.

De ene richting heeft betrekking op het heelal als geheel. De maatcoëfficiënten g_{mn} wenste hij geheel bepaald te zien door de voorhanden materie, ook hun randvoorwaarden. Dat is mogelijk, mits men de grondvergelijkingen een kleine aanvulling geeft. Een gesloten heelal wordt de oplossing, welks straal constant zou zijn en bepaald zou worden door de hoeveelheid aanwezige, gelijkmatig verdeeld gedachte materie. Dezelfde aanvulling laat echter nog een andere oplossing toe, die van De Sitter, met een uitdijend heelal, waarin, als eerste benadering, de dichtheid der materie nul zou zijn. Dat zijn de zgn. kosmologische beschouwingen.

Anderzijds wilde Einstein het elektromagnetische veld versmelten met het gravitatieveld. Na vruchteloze pogingen in andere richtingen is Einstein tot het laatst blijven zoeken naar wat men krijgen zal, indien de maatcoëfficiënten g_{mn} niet symmetrisch zouden zijn ($g_{mn} \neq g_{nm}$).

Dit laatste deel van Einsteins werk trok niet meer de algemene belangstelling der fysici. Met de kwantummechanica had men een weg ingeslagen, die Einstein niet wilde volgen. Hij wilde niet de gedachte loslaten aan de mogelijkheid van een preciese doorlopende

beschrijving van het gebeuren. Toeval mocht in de theorie slechts een noodhulp zijn, wegens de onvolmaaktheid onzer kennis. Hij aanvaardde niet, dat discrepantie fundamenteel kon zijn, en het onvoorspelbare toeval essentieel. Daardoor vervreemde hij van het gros zijner vakgenoten, die zo gaarne in hem hun leider hadden willen behouden. Een onoverkomelijke grens, als die welke Lorentz belette de bevrijding door Einstein van de verstarde begrippen ruimte en tijd geheel mede te beleven, weerhield hier Einstein om te geloven in wat Bohr met zoveel genialiteit en zorgvuldige analyse zonder ophouden trachtte hem te laten zien. Tragiek is misschien een te groot woord. Er is een tegenstrijdigheid tussen de onbevangingheid van de man tussen twintig en dertig, die het aandurft om met de regels van het toeval tot het besluit te komen dat de wetten van Maxwell niet deugen voor de straling, de man tussen dertig en veertig, die uit de regels van het toeval de korpusculaire stralen volledig uitrust niet alleen met energie, maar ook met impulsie, en de man van vijftig, die bij de causale samenhang blijft zweren. Hij houdt vast aan wat hij de doelstelling van alle natuurkunde noemt: „de volledige beschrijving van een bepaalde werkelijke situatie, zoals men die onderstelt voorhanden te zijn, ongeacht de een of andere daad van waarneming of bewijs”. Zo formuleert Einstein het in een weerwoord, waarmee hij een bundel studies, door uitstekende vakgenoten, ter gelegenheid van zijn 70ste verjaardag geschreven, afsluit.

Die bundel begint met zijn autobiografie. Deze bevat echter niets van zijn persoonlijk leven, noch privé, noch wat aangaat zijn ijver voor het zionisme of voor de wereldvrede. Hij motiveert die onthouding met te zeggen dat bij iemand van zijn slag het wezenlijke van zijn persoon niet ligt in zijn doen of lijden, maar in *wat* hij *denkt* en *hoe* hij denkt. Misschien moet men dat eerbiedigen, en niet te veel van de sluier willen oplichten, waarachter hij lief en leed, jubel en neerslachtigheid verbergt.

Van 1908 tot 1910 was Einstein hoogleraar aan de universiteit te Zürich, van 1910 tot 1912 aan de universiteit te Praag. Hij keert

weer terug naar Zürich, als hoogleraar aan de Eidgenössische Technische Hochschule (1912—1914) en wordt vandaar naar Berlijn beroepen, aan het Kaiser Wilhelm-Institut, als opvolger van Van 't Hoff. Schoorvoetend geeft hij daaraan gehoor. In 1933 wijkt hij uit naar Amerika, alwaar hij een leerstoel krijgt aan het Institute for advanced studies in Princeton (New Jersey). Hier werkte hij tot zijn dood. Hij stierf aan een doorbraak van de aorta, tot het laatst opgewekt en helder, ja zelfs zich verheugende op het einde.

De Servische studiegenote, met wie hij in 1902 trouwde, wilde hem in 1914 niet naar Berlijn volgen; zij zou wellicht nog minder dan Einstein in het Berlijnse milieu gepast hebben. Zijn tweede vrouw, een verre verwante, beschermde hem en hielp hem door de moeiten en zorgen heen, die het simpele levensonderhoud in en na de eerste wereldoorlog baarde. Zij trok hem meer dan hem lief was uit de ongestoordheid van zijn werk naar het licht der openbaarheid. Kort na hun emigratie overleed zij in Amerika.

Overtuigd anti-militarist, heeft Einstein gedurende de eerste wereldoorlog in Berlijn veel haat en smaad moeten verdragen, in den tijd dat hij zijn invariantentheorie der zwaarte voltooide.

In Juli 1932, lid van het instituut voor internationale intellectuele samenwerking van den Volkenbond te Parijs, richt hij een open brief aan Sigmund Freud, met de vraag, waarom de mensheid lijdt aan oorlogszucht, waarom zoveel jonge mensen zich laten opzweepen tot een geestdrift zonder te zien dat zij misbruikt worden door eigenbelang zoekende machten, en of men niet kan pogen om de geesten vrij te maken van de oorlogsverblindings? Freud antwoordt, dat de vraag naar de vermijdbaarheid van de oorlog zich slecht tot wetenschappelijke behandeling leent, dat geweldpleging en hulpverlening, haat en liefde elkaar aanvullende driften betekenen. Misschien zou men kunnen hopen dat, door het aankweken van het verlangen naar beschaving des geestes, de mensen tot beter inzicht zouden kunnen worden gebracht.

Hoe moet het den pacifist Einstein te moede geweest zijn, toen op 5 Februari 1944 twee van zijn manuscripten geveild werden (het

ene voor zes, het andere voor vijf en een half miljoen dollar) op een bijeenkomst, belegd om geld voor de oorlogvoering bijeen te brengen? Hoe moet het hem te moede geweest zijn, toen de bom van kernenergie in Hirosjima al de verschrikking openbaarde van misbruikte kennis? Zijn theorie had geleerd, dat in massa energie stak. Dat kon hij niet helpen. Maar hij had zich laten overreden om in een brief bij president Roosevelt te helpen aandringen, dat benutting van kernenergie zou worden onderzocht.

Na de uitbarsting heeft hij niet afgelaten te verkondigen, dat de volkeren moesten inzien dat zij in een nieuwe situatie gebracht waren, dat de wereld één moest zijn, of zichzelf zou vernietigen. Hij ijverde voor een federatieve wereld zonder soevereine staten, met een wereldparlement. Dit lokte in November 1947 een open brief uit van vier hoogstaande Russische geleerden, die hem verweten met zijn ideaal in de kaart te spelen van imperialistische machten. Einstein antwoordt met een poging, de argwaan der Russen te ontzenuwen. Hij eindigt met te zeggen dat hij geen ander middel ziet dan een wereldregering om het meest verschrikkelijke gevaar af te wenden, waarin de mensheid ooit verkeerd heeft.

Einstein is vaak met zijn overtuigingen in de openbaarheid getreden. Maar hij zelf sluit dat uit van zijn eigenlijke wezen. In zijn eigen levensbeschrijving zwijgt hij erover. Men mag de sluier laten hangen waar hij hangt.

Hij was een mens als wij. In zijn nietigheid als sterfelijk mens heeft hij ons een grootse eeuwigheid van inzicht geopenbaard.

A. D. FOKKER