

ADJ 7757



De beteekenis der Natuurkunde voor Cultuur en Maatschappij

BIBLIOTHEEK DER
RIJKSUNIVERSITEIT
UTRECHT

REDE

UITGESPROKEN TER HERDENKING
VAN DEN 296^{STEN} VERJAARDAG DER
UTRECHTSCHЕ HOOGESCHOOL OP
11 APRIL 1932, DOOR DEN RECTOR
MAGNIFICUS Dr. L. S. ORNSTEIN.

EDELGROOTACHTBARE HEEREN CURATOREN, HOOGGELEERDE
HEEREN PROFESSOREN, ZEERGELEERDE HEEREN LECTOREN,
PRIVAAT-DOCENTEN EN DOCTOREN, STUDENTEN, DAMES
EN HEEREN EN GIJ ALLEN, DIE DEZE PLECHTIGHEID MET
UWE TEGENWOORDIGHEID VEREERT, ZEER GEWENSCHTE
TOEHOORDERS!

Ziet gij in zongelijke schittering het licht in de leven-bewogen
avondstraten, hoort gij de klank hier, van het aan den evenaar
gesproken woord, hoort gij het ratelen der getouwen, het donderen
der kanonnen, het stampen met eentonige kadans van de scheeps-
machine, dan is het de natuurwetenschap, die dit te zien, te hooren
mogelijk maakt.

Het is het werk van de nijvere en stille werkers in de rustige
sfeer van het laboratorium, het rekenende denken van den
theoreticus, dat het fundament legde van dezen voortgang, dat
deze mogelijkheden schiep — toen het de steen der wijzen —
het begrip van onze wereld zocht.

Strevend met niet te toomen energie gaat de Natuurkunde
voort; revoluties spelen zich af in hare paleizen, de priesters der
vorschende menschheid wijzigen de vormen van hare voor de
grootte wereld occulte dienst, en de wereld der profanen neemt
hunne gaven zonder veel acht te slaan op het vlammende leven,
dat de ingewijden boeit, hun leven fascineert — dat de beste
geesten van vele tijden nam — en geven deed.

Zoo is de bij uitstek practische natuurwetenschap een der
grootte geestelijke goederen geworden der menschheid.

Metten wij de waarde der cultuurfactoren af naar de hoegroo-
theid van het menschenal tot wie zij spreken, dan zou ongetwijfeld
de waarde onzer wetenschap niet groot zijn — maar al moge
de geldelijke belooning der menschelijke prestatie vaak daarnaar
gemeten worden, cultureele beteekenis vraagt een andere maat.
Noch de omvang der algemeene belangstelling, noch de waarde
voor het maatschappelijk leven als zoodanig zijn dan goede

uitgangspunten voor onze waardeschatting, deze kunnen alleen liggen in de beteekenis die — in de algemeenheid van het streven van het menselijk verstand en de menselijke ziel naar begrijpen en doorvoelen — aan het beschouwde object toekomt.

Nu wij in dezen tijd met rustig en ernstig oordeel overwegen moeten wat voor de menschheid noodig en wat noodzakelijk is, nu wij in productievorm en arbeidswijze voor vraagstukken staan grooter dan wellicht sedert eeuwen aan den mensch gesteld zijn — nu kan het nut hebben ons af te vragen wat onze wetenschap bereikt heeft, of haar taak eeuwig is voor den mensch, of dat zij slechts past in het kader van een bepaald productiestelsel.

Doch bij de eminent praktische beteekenis die ons vak heeft en steeds meer gekregen heeft, zouden wij eenzijdig zijn in ons oordeelen en overwegen als wij die andere zijde van de taak der natuurkunde, de taak in de toepassing en haar waarde voor het produceeren — afgezien van de sociale vormen van het productieproces — niet in den kring onzer beschouwingen trokken.

Deze beide zijden van het wezen der Natuurkunde wilde ik heden met U bezien en ik voel mij te meer daartoe gedrongen, omdat de richting die de Natuurkunde aan onze Universiteit in hare recente periode insloeg er naar streefde, deze beide zijden van het vak recht te doen wedervaren.

Van de moderne cultuur vormen de natuurwetenschappen een integreerend bestanddeel. Hij, die zijn tijd wil doorzien, die het intellectueele leven van deze periode wil doorvoelen, die de eenheid van het menselijke denken in zijn totaliteitelement wil doen vormen van zijn wereldvisie en van zijn levenshouding, hij kan, noch mag vreemd staan tegenover hunne geest. Niet minder staat thans ons geestelijk leven onder de ban van het natuurwetenschappelijk denken, dan het onder de invloed van Hellenen en Renaissance of van de grootsche geesteswereld staat, die uit den Bijbel spreekt.

De groote gedachtenrevoluties, die met Relativiteits-theorie en Quanten-mechanika benoemd worden, hebben een diepe indruk op het geestelijk leven en op de wereld-wijsheid gemaakt.

Maar niet slechts in onzen tijd zien wij dien invloed op het geestelijk leven, het mechanisch materialisme, de evolutie-gedachte, ze zijn oudere bewijzen voor de beteekenis, die in natuurweten-

schappelijke kring ontstane gedachten op het denkleven in het algemeen hebben. Bij het afmeten der beteekenis doet het er niet toe in welke mate de natuurwetenschappelijke waarheden eeuwig — zelfs niet in welke mate zij waar zijn — slechts de suggestieve kracht, die zij *in*, maar ook buiten het feitelijke wetensgebied hebben, is de ware maat voor hunne beteekenis. Niemand is meer dan de natuurkundige zelf overtuigd van de tijdelijke waarheid van zijn theorieën; juist omdat telkens het experiment spreken en beslissen moet, heeft hij in de wordings-geschiedenis van zijn vak geleerd, het door menschelijk denken bereikbare als onvolmaakt in de eeuwigheid te zien; maar zijn werk gebiedt hem in het tijdelijke te gelooven, in de juistheid van zijn werkhypothesen — en te vertrouwen in de geschiktheid van zijn wereldbeeld om de natuur te omvatten.

Deze geestelijke gesteldheid van het even moedig postuleeren, als moedig opgeven — als het moet — van een verklaringwijze is juist zoo beteekend voor het algemeene cultuurleven. De natuurbeschrijving is het eeuwig wordende. Dit heeft veel wanhoop gewekt en van een ondergang van het natuurkundig denken doen spreken. Doch die dat doen, vergeten steeds en steeds weer, dat er een voortgaande lijn in ons denken is, omdat de gedachten van thans wortelen in die van de vorige geslachten, omdat de waarnemingen, die wij doen, mogelijk gemaakt zijn door de experimenteele vondsten, die een vroegere generatie deed.

Beschouwt men de ideeën-ontwikkeling der Natuurkunde, zoo ziet men niet het tafereel van een logisch voortschrijden — lange jaren zijn vaak zijpaden bewandeld en kronkelwegen afgelegd, die bij bewust efficient werken — achteraf bezien waren af te snijden geweest. Doch een efficiente ontwikkeling van het wetenschappelijk denken is nu eenmaal niet mogelijk, daarvoor hangt er te veel af van het ingrijpen van het individu met geniale gedachten, van smaak en traditie. Daarvoor is de verwantschap van de werkwijze van kunstenaars en geleerden te innig. Suggestie en traditie en daarmede nationale elementen in de beste zin spelen een rol, traditiën, die gedurende perioden nuttig zijn, die vaak uiteindelijk schadelijk worden. Een voorbeeld — Newton, voortbouwend op de experimenteele beschrijving, die Kepler van de beweging der planeten gegeven had, formuleert de algemeene gravitatiewet, die de kracht welke lichamen die zich op

een gegeven afstand bevinden als omgekeerd evenredig met het kwadraat van den afstand beschrijft. Hoewel Newton zich duidelijk bewust is, „dat iets niet werken kan waar het niet is”, hebben het succes van zijn beschouwingwijze en de schoone wiskundige uitbouw, die de Mechanica op de basis van zijn werk krijgt het gevolg, dat de gedachte van de werking op afstand zich, als verklaringsbeginsel in de Natuurkunde vast gaat wortelen en ook buiten de mechanica in de leer van electriciteit en magnetisme speelt deze gedachte een rol.

Er is dan zulk een oorspronkelijk denker als Faraday noodig om tot de opvatting der middellijke werking te komen, iets meer dan 100 jaar geleden, in zijn werk over de inductie verschijnselen waardoor hij — wij mogen gerust zeggen, het moderne maatschappelijke leven heeft mogelijk gemaakt.

Zijn werk is een der typische voorbeelden van durf om volkomen met denktradiitiën te breken. Maar al brak Faraday zelve met het beeld der werking op afstand, zelfs nadat Maxwell de schoone gesloten mathematische formuleering der Faraday'sche gedachten gegeven had, was de weerstand nog niet geheel gebroken, en het is de onsterfelijke verdienste van Heinrich Hertz geweest, door zijn beroemde proeven de Faraday-Maxwellsche gedachtensfeer alom verspreid te hebben.

Wat is de taak der natuurkunde? Hertz heeft haar in de inleiding tot zijn beroemde mechanica geschetst als:

„Wir machen uns innere Scheinbilder oder Symbole der aeusseren Gegenstaende, und zwar machen wir Sie von solcher Art, dasz die *denknotwendigen* Folgen der Bilder stets wieder die Bilder seien von den *naturnotwendigen* Folgen der Abgebildeten Gegenstaende”

Beelden dus te bouwen van de Natuur, die ons denken in staat stellen, het geschieden in de Natuur te overzien, te voorstellen.

Zeker is het dat Hertz' formuleering voor een belangrijke periode de opvatting der natuurkundigen karakteriseert, wij zullen haar nu nader overwegen.

Hertz spreekt van *naturnotwendige* Folgen, hij legt daarmee de causaliteit in de natuur zelve. Het komt mij voor dat deze eisch niet alleen te hoog, doch zelfs niet noodzakelijk is. Wij

doen ervaring op van de Natuur, wij doen waarnemingen, die wij als een buiten ons gegevene opvatten. Of de wereld van ons waarnemen werkelijk buiten ons bestaat, doet er voor de natuurkundige niet toe, hij kan zich tevredenstellen met de uitspraak, dat het is *alsof* er een wereld buiten zijn beschouwend denken bestaat, waarin hij aan opzettelijk georganiseerde, of aan buiten zijn wil of opzet plaats vindende verschijnselen waarnemingen doet. Hij handelt *alsof* er een scheiding van een *inwerkend object* en een *percipieerend* en *verwerkend subject* is en hij kan zonder dat niets bereiken en behoeft ook niet anders te handelen.

Een „Ding an sich”, een realiteit achter de verschijnselen, de kleurlooze oorzaak van kleur, de vormloze achtergrond van alle vorm, is niet het onderwerp der natuurkunde, maar door de aard van zijn werk moet de natuurkundige een standpunt in deze vragen innemen. Elk natuurkundige moet zich elk oogenblik bewust zijn, dat zijn wetenschap een ervaringswetenschap is, waar experiment na experiment geleid door het denken, dat hypothese na hypothese bouwt, een wereldbeschrijving zoekt. Dit beteekent dat voor den natuurkundige het waarnemende subject en het waargenomen object wezenlijk en inhaerent aan zijn wetenschap zijn. De eisch — een van het menschenlijke bevrijde beschrijving der natuur te geven — is onmogelijk, de begrippen *ik* en de *buitenwereld* zijn de diepste grondslagen der natuurkunde, onder hun beeld staat heel het denken van ons vak.

Doch niet alleen het passieve ondergaan van de zich voor de geest afwikkende buitenwereld is karakteristiek — ik sprak reeds van bewust experimenteeren — dat is ingrijpen met den wil in den gang der verschijnselen. Voor ik hierop nader inga wil ik uwe aandacht nog op een ander antropomorph element dat in de ontwikkeling der Natuurkunde een groote rol gespeeld heeft, wijzen: het krachtsbegrip.

Bij de opbouw van de leer der beweging wordt het vaak ingevoerd door de weinig fraaie definitie: kracht is de oorzaak van een versnelling — weinig fraai, omdat zij niet leert, hoe de gedefinieerde grootheid te meten is, een eisch die de natuurkundige aan elke definitie te stellen heeft; is een grootheid niet op deze wijze omschreven, zoo heeft zij of geen zin of zij is ons nog onvoldoende bekend. Doch het krachtbegrip zelve is een

beeld in den zin van Hertz, die het overigens als primair begrip verwerpt, het leert ons de natuur brengen onder het beeld van onzen wil.

Een voorwerp ligt stil, ik wensch het te hebben, ik grijp er naar, mijn wil doet het bij mij komen; zie ik nu een stuk ijzer naar een magneet vliegen, dan beschrijf ik dit verschijnsel door de uitspraak, de magneet trekt het ijzer aan.

Ik ben niet zoo primitief aan een wilsdaad van een magneet te denken; schoon en leelijk, lust en onlust heb ik uit de natuur leeren bannen, maar toch blijf ik de werking van den magneet beschrijven onder het beeld van de wil, de kracht, de oorzaak der beweging.

Terugkomend op de omschrijving van Hertz, willen wij haar lezen: wij bouwen ons beelden in onzen geest juist zoo dat de voor het denken noodzakelijke gevolgen der beelden overeenstemmen met onze waarnemingen der natuur.

De beelden moeten dus zoo zijn, dat de wetten van ons denken er op kunnen worden toegepast. De kritiek onzer natuurbeschrijving eischt dat wij deze wetten kennen, dat wij toetsen of de begrippen die wij hanteeren zonder inwendige tegenspraak zijn, en wij hopen dat de wereld onzer aanschouwing op deze wijze te benaderen is.

Men denke niet, dat de natuurkundige nu elk oogenblik in kritische angst behoeft te leven, het gaat hem als met het proza van den Bourgeois gentilhomme, als hij denkt en werkt is hij zonder kritiek (in dezen zin!) en wellicht het kritiekloost als hij zijn beste en vruchtbaarste werk doet.

Doch dit neemt niet weg, dat op hem telkens en telkens toch de plicht rust dier toetsing, en het is zeker, dat daaruit belangrijke winste voor het menschelijk denken in het algemeen is voortgekomen, want de wereld die de natuurkundige bestudeert, men vergeet dit niet, omvat geen gering deel van den inhoud van onzen geest, dat wellicht essentieeler is dan de altijd weer betrekkelijke wettelijke verhouding, waaronder de menschen van een bepaalden tijd leven of de motieven, die een tijd doet verwerpen, wat een andere tijd voor schoon of heilig hield.

De beheersching der natuur door onzen geest is voor mensch en menschheid een der primairste problemen, essentieel voor zijn geestelijke behoefte en basis geworden voor zijn maatschappelijke welvaart.

Van den priester, die waarzegt uit de ingewanden der dieren, tot den modernen natuurkundige loopt in een lijn de wensch over de beheersching der materiele wereld, naar het richten der verschijnselen naar onzen wil.

De oermensch, die met 'n boomtak in zijn ruige klauw de spher van zijn krachtswerking uitbreidt, de eerste mechanicus is als zoodanig de voorlooper van den technicus van onzen tijd, die natuurkracht na natuurkracht in het gebruik der gemeenschap stellen leert, die afstand op aarde vernietigt door de snelheid van zijn motoren of door de golf die hij rondzendt om de aarde.

Wat is dan de weg, die den mensch deze beheersching gaf, die hem in staat stelde op reëeler basis te voorspellen dan de oude priester? Wat is haar zekerheid, waar ligt haar einde?

De Natuurkunde begint met de poging verschijnselen te beschrijven in ruimte en tijd en daarbij herhaling (= wetmatigheid) te constateeren.

Zij beschouwt kleine gebieden, die zij als verschijnselen los tracht te wikkelen uit de chaos, die het waarnemingsleven van het subject is. Zij begint onmiddellijk de verschijnselen die zij bestudeeren wil' alle affect te ontnemen, mooi of leelijk kent zij niet, aangenaam noch onaangenaam bestaat in haar spher, geen goed, geen slecht. Laat ons een eenvoudig voorbeeld beschouwen.

Wij kennen door onze zintuigen het warm of koud zijn van lichamen, wij nemen nu waar dat een „zelfde lichaam” koud, kleiner is dan warm. Eenzelfde lichaam is, in den chaos uitschakelbaar, in subject-object verhouding gebracht met het omgevende (ook hier weer een antropomorph element). Om nu warmtegraad, want die kennen onze zintuigen, meetbaar te constateeren, maken wij een bepaald lichaam, 'n thermometer, denkt U maar aan een kwikthermometer; wij gaan nu de grootte van dit lichaam, in casu de lengte van de kwikzuil als maat voor de temperatuur nemen.

Daarmede doen wij een heel fundamenteele stap, wij brengen het constateeren van warm of koud van onzen huidzin over naar de ruimtezin van het oog. Wij doen de stap naar de natuurbeschrijving door het getal, de arithmetiseering der natuurleer.

Ik heb dus nu een temperatuurschaal. Nu kan ik reeds lang krachten meten; ik heb een hoeveelheid gas, breng die in een

vat door een zuiger afgesloten en verwarm het. Ik lees nu telkens op den thermometer de temperatuur af en meet de kracht noodig om het volume constant te houden — ik heb zoo twee rijen getallen, bij elke temperatuur een kracht. Nu blijkt mij dat steeds als ik de proef herhaal bij hetzelfde temperatuur-getal het zelfde kracht, getal behoort — ik formuleer dan de regel, dat er een bepaald verband tusschen kracht en temperatuur bestaat en druk de regel zoo wiskundig uit.

Ik heb 'n natuurwet door een experiment bepaald. En ik onderstel dat zij steeds gelden zal als ik de proef onder dezelfde omstandigheden herhaal. Ik vertrouw op de regelmaat in de natuur. Van veel heb ik afgezien — de kleur van mijn vat blijkt er niet op aan te komen, en bij de meting mag ik spreken of zwijgen, lachen of weenen, zij blijft dezelfde uitkomst geven.

Ik kan blijkbaar rijen verschijnselen uit de chaos uitpellen juist zooals ik er dingen in zie en substantialiseeren kan.

Op deze wijze zijn in ervaringsgebied na ervaringsgebied, regels afgeleid, waarbij tevens bleek dat de verkregen kennis tot een hogere eenheid te verbinden is, de algemeene natuurbeschrijving grijpt in, die algemeene regels formuleert, waaraan alle verschijnselen onderworpen zijn. De mechanica boekt hare successen op het gebied der astronomie, wat een poging uitlokt de geheele natuur mechanisch te beschrijven. Wij zien de strijd gaan naar het mechanisch wereldbeeld. Het trotsche, hoogmoedige programma wordt door Laplace uitgesproken in zijn *Mecanique céleste*, dat: kennend de plaats en snelheid der punten in de wereld op elk oogenblik, verleden noch toekomst een raadsel voor ons inhoudt, een vertrouwen in de mechanische beschrijvingswijze dat veel voorbij zag — de betrekkelijke zwakheid van ons mathematische denken niet het minst — dat niet doorzag dat het mechanistische programma nooit het leven en de geest zou begrijpen en waar tegenover dan ook terecht, de sterke waarschuwing zou klinken van Dubois-Reymond in zijn beroemde rede „*Ignorabimus*”.

De mechanica beschrijft een beperkt verschijnselen-gebied in ruimte en tijd. Zij gebruikt als gegevens plaats en snelheid der lichamen op een oogenblik en bouwt daaruit op met behulp van hare bewegingsvergelijkingen plaats en snelheid op een volgend oogenblik of leidt er even gemakkelijk en omkeerbaar, die op een vorig oogenblik uit af. In hare methode is gebruik gemaakt

van een der grootste vondsten van het menschelijk vernuft in den moderneren tijd: van het differentiaal begrip.

Zij gebruikt dit reeds als zij de snelheid definieert: wegverschil door tijdverschil gedeeld, waarbij het tijdverschil kleiner en kleiner gekozen wordt. De toestand der wereld legt zij dus vast uit die in twee opeenvolgende oogenblikken en het opstellen harer vergelijkingen berust er op, dat zij tusschen de grootheden op drie opeenvolgende oogenblikken, die nader en nader tot elkaar gekozen moeten worden, relaties aanneemt. Zij postuleert, wat in het geheel niet vanzelfsprekend is, dat de mechanische verschijnselen op deze wijze te beschrijven zijn. Niet alleen het schema van ruimte en tijd, doch ook dat van beweging en bewegingsverandering en van de drager der beweging: de massa, het herkenbare en onderscheidbare in tijd en ruimte, heeft zij noodig voor hare theorie.

Moge het Grieksche drama nog dezelfde conflicten beschrijven als dat van de achttiende eeuw of van onze dagen, de mechanica van Archimedes en die van Newton zijn soortverschillend in opzet en begrip, een diepere analyse van het denken ligt daarin en ook in het gedachtencomplex van Einstein, dat een kritiek en een verfijning van ruimte en tijd in de bewegingsleer beduidt. Inderdaad is onze geestessfeer verdiept sinds de periode der klassieken. Wij zijn wel dezelfde mensen, met dezelfde vreugde en hetzelfde leed, met dezelfde hang naar schoonheid en genieten, maar ons denken heeft in diepte gewonnen voor zoover het, het in begrip brengen van de natuur betreft.

Ik zeide dat de methode der mechanica een samenhang van drie tot één gedachte wereldoogenblikken postuleert. Wij moeten ons niet verhelen, dat deze hypothese omtrent de beschrijvingsmogelijkheid niet de eenige denkbaarheid inhoudt, al schijnt zij wel de eenvoudigste en al wettigt het resultaat van hare toepassing op de beschrijving der waarnemingen, hoofdzakelijk op de problemen der astronomie, vertrouwen op hare geschiktheid. Mogelijk is het streven naar een gesloten wereldbeschrijving op den grondslag van een werking op afstand in den tijd; een pogen daartoe van Volterra had voorloopig weinig succes.

De groote beteekenis der mechanische theorie ligt in hare toepassing op de wereldbeschrijving.

In verschillende gebieden zijn door het experiment zooals ik U

hierboven kort schetste, samenhang van verschijnselen ontdekt. Wanneer wij nu hiermede voortgaan, d.w.z. wanneer wij trachten reeks na reeks uit den chaos los te maken, vinden wij dat de samenhang der reeksen steeds inniger wordt. De stellingen van den vorm — onder overigens gelijke voorwaarden zal hetzelfde geschieden — moeten steeds ruimer geformuleerd worden, omdat in het eind „alles in alles is”, zooals het gnoompje in Multatuli's Millioenenstudiën juicht. De causale beschrijving der wereld heft zichzelf bij hare doorvoering op. Want niets anders streeft de natuurkundige na, als hij de samenhang der verschijnselen zoekt uit te drukken in zijn reeksen van gekoppelde verschijnselen, in zijn wetten, in zijn uitspraken als A is, dan moet B zijn. Telkens toch als hij vindt dat na A niet B volgt moet hij naast A een C postuleeren, waardoor E komt, terwijl als D naast A is B komt, en zoo moet hij voortgaan; doch daar in wezen de wereld niet uit de enkelvoudige reeksen bestaat, die de physicus bij zijn werk onderstelt, doch er de totaliteit van de wereld is en hare op-eenvolging in den tijd, zoo eischt hare beschrijving een eenheid, waarvan de schematisering in reeksen het tegendeel is. Deze eenheid in de natuurbeschrijving te bereiken, heeft de natuurkunde zich tot haar misschien onbereikbare doel gesteld, hoezeer zij telkens en telkens in bepaalde perioden gemeend heeft, dit doel na te zijn. Zij ontmoet op dien weg nog een andere moeilijkheid, hare feiten leidt zij door het experiment af, doch experimenteeren is ingrijpen in de gang der verschijnselen en het is de vraag of dit ingrijpen, deze verschijnselen niet fundamenteel wijzigt. Juist in den laatsten tijd is dit punt door Heisenberg sterk naar voren gebracht.

De eenheid der natuurbeschrijving nu streeft de natuurkunde door de Theorie na, die naast algemeene wetten, gegeneraliseerd uit de bijzondere gebieden — men denke bijv. aan de Energiewet — op de basis van speciale beelden tracht in de eenige scherpe en eenige geheel bevredigende vorm, de *mathematische*, de natuur te beschrijven.

Zoo heeft zij achter de verschijnselen het beeld der molekulen en atomen gepostuleerd en op deze overdragend de mechanische wetten en de mechanische krachten, die de studie der macrocosmos haar geleerd had, getracht een al omvattend beeld te geven.

Groot is haar succes daarbij geweest, zoo groot dat de reali-

teit van het mechanisch beeld, thans nauwelijks meer te betwijfelen is. Wat zij vond was dus niet alleen een beeld, het schijnt „een realiteit achter de verschijnselen”, het schijnt de werkelijke microcosmos, die wij zouden kunnen zien en tasten, als onze gezichtszin niet beperkt, onze tastzin niet te grof was. De molekulen van haar beeld zijn even reëel als de lichamelijkheid van de zon.

Het zou verleidelijk zijn U een beeld van deze successen te geven, het bestek van deze rede en de kring tot wie ik spreken moet, verbieden het mij. Wel mag ik niet nalaten een oogenblik uw aandacht te vragen voor één zeer fundamenteel begrip, dat door de moleculaire theorie in onze wetenschap zijn intrede deed, het is dat van de wetten van het toeval. De groote gecompliceerdheid van de werking van het groote aantal der molekulen maakt niet alleen, dat wij de vergelijkingen die hunne beweging beheerschen mathematisch niet analyseeren kunnen; doch ook in de verschijnselen kunnen wij zelden de werking van een enkel deeltje waarnemen.

Zoo moest de theorie wel naar wegen en middelen zoeken om datgene wat wij waarnemen kunnen, theoretisch te overzien, zoo werd op de basis der volkomen wetmatigheid het kansbegrip ingevoerd, juist op dezelfde wijze als dit in het hazardspel geschiedt. Volledige kennis van de stand van een dobbelsteen, zijn snelheid, van de beweging der lucht en van de tafel waarop hij valt, stelt ons in beginsel in staat, het cijfer te berekenen dat boven zal komen. Niemand ter wereld kan dit en zoo voerde ons mechanisch symmetrie-gevoel er toe, bij een worp elk der zijden een gelijken kans toe te kennen en de regels van het toeval — de kansrekening — op het in beginsel volledig gedefinieerde probleem toe te passen. Juist zoo ging men in de natuurkundige moleculaire theorie te werk en Boltzmann en Gibbs leerden ons daardoor begrijpen hoe onder bepaalde voorwaarden, het *eenzijdig verloop* der verschijnselen in de Natuur begrepen kon worden op grond der mechanica, waarvoor toch verleden en toekomst gelijkwaardig zijn.

Na het mechanische natuurbeeld kwam het electriche, waartoe het grootsche werk van mijn onvergetelijken leermeester Lorentz zooveel bijdroeg. Dieper en dieper drong de waarneming in de verschijnselen door.

Het atoom werd in zijn ondeelbaarheid onttroond en element

der microcosmos werd het op zichzelf 'een microcosmos uit electronen en de positieve kern opgebouwd. Het diepe denken van den geesteshero Niels Bohr, doorzag dien bouw en gaf in zijn opbouw systeem der elementen, de bekroning van het electriche natuurbeeld. Doch nog is het beeld niet afgebouwd, de kleine kern, de positieve lading van het atoom, de drager van de massa, daarop is nu de gemeenschappelijke aanval van theorie en experiment gericht.

De zeer wezenlijke rol der theorie bij de natuurbeschrijving, die reeds in de uitspraak van Hertz ligt, heb ik U trachten te schetsen, de voortdurende afwisseling van de analyse — het experiment en de synthese — de theorie. Voor de kennistheorie is telkens en telkens weer de ontwikkelingsgang der natuurkunde van diepe beteekenis, het feit dat zij een wereldbeeld der stoffelijke verschijnselen nastreeft en zoo nu en dan waant bereikt te hebben, suggereert telkens weer toepassing van haar natuurbeeld en hare theorieën op voor haar wezen vreemd gebied. Zij heeft het determinisme krachtig in de hand gewerkt en het mechanisch materialisme stamt uit haar sfeer, op haar berusten pogingen van Gods bestaansbewijzen uit de natuur — de tweede hoofdwet der thermodynamica — en de toevalsbeschouwingen der kinetische gastheorie leiden op dezen weg. Ik wil de waarheid, noch de waarde van dergelijke extrapolaties beoordeelen, maar er alleen uitdrukkelijk op wijzen, dat dergelijke toepassingen liggen buiten de sfeer onzer wetenschap omdat er de experimenteele controle van de gedachtengang onmogelijk is en met nadruk opmerken, dat er geen leidende denkers op ons gebied zijn, die zich hebben laten verleiden af te gaan van de bescheiden weg der natuurbeschrijving door natuurtheorie.

De kritiek der bij de beschrijving noodzakelijke begrippen en denkwijzen, heeft tot resultaten gevoerd, die van diepe algemeene strekking zijn.

Hoeveel stof heeft niet Einstein's relativiteitstheorie opgeworpen, hoe is zij niet in een verdwaasden tijd, object van politieke hartstocht geworden voor velen, die noch van hare draagwijdte begrip, noch van het ambacht om hare methoden te hanteeren de vaardigheid hebben. Dat zij modeartikel van Parijsche salons, strijdwapen van Hakenkruis horden was, kan hare belangrijkheid noch voor de natuurkunde in het bijzonder, noch voor het menschelijk denken in het algemeen verminderen.

Had Kant tijd en ruimte aangewezen als de voor ons denken noodzakelijke schemata, door de beroemde proef van Michelson was duidelijk geworden, dat ons begrip van tijd en ruimte niet voldoende gedefinieerd was, omdat het vastleggen van een maat voor den tijd op verschillende plaatsen nog niet met voldoende klaarheid uit de begrippen volgde. Het is Einstein's groote verdienste een zoodanige omschrijving van de begrippen van tijd en ruimte gegeven te hebben, dat eene beschrijving van het wereldgebeuren in ruimte en tijd, zonder inwendige tegenspraak mogelijk werd. Zijn beschouwingen lossen het oude probleem op van het coördinatensysteem, waarop de wereldbeschrijving te geven is. Het relativiteitsbeginsel, aanvankelijk voor rechthoekige translatie, later voor willekeurig bewegende referentiestelsel uitgesproken, waardoor de gravitatie voor het eerst in het beeld betrokken werd — heet deze oplossing, die tot beschouwing over de geslotenheid van het heelal voert.

Zeker ligt in de moderne relativistische denkwijze der natuurkunde de suggestie naar een dergelijke geesteshouding op ander gebied; zeker kan in het relativisme voor de menschheid nood doch ook veel deugd zitten, met de axiomatiseringstendens der wiskunde, die scherp leert formuleeren het relatief arbitraire uitgangspunt, kan deze natuurkundige gedachtengang er heen leiden ook elders vragen wat minder absoluut te stellen en zoo wat meer vrijheid en wat meer vrede te geven.

Hoe revolutioneerend Einsteins theorie geweest is, zij is als een, natuurlijk ook weer voorloopige, volmaking der causaliteit, ruimte en tijd tot grondslag kiezende natuurbeschouwing, op te vatten. Het is dan ook merkwaardig, dat in de laatste ontwikkelingsphase van ons vak de mogelijkheid van een causale ruimte-tijd theorie ontkend wordt.

De ontwikkeling der atoomphysica gaf hiertoe aanleiding. Ik wees er met nadruk op, dat de grondslag der natuurkunde het experiment is; alleen die kennis heeft betekenis, alleen die theorieën hebben waarde, die door het experiment te toetsen zijn, waarvan door de proef alle in de theorie aangenomen grootheden meetbaar zijn.

Denkt U een aantal personen, die achter een wit scherm een spel opvoeren. Zij worden achter het scherm sterk verlicht; wat

gij kunt waarnemen zijn hun schaduwen, 'n chineesch schimmenspel. Het beeld op het doek, de wereld die wij zien zal nu verschijnselen vertoonen; die in de werkelijke wereld achter het doek niet zijn. Gij ziet twee schimmen elkaar ontmoeten — de geprojecteerde personen behoeven dat niet te doen — doch wij die slechts het scherm waarnemen, hebben geen criterium om hierover te beslissen en zoo zal dus voor ons bij coincidentie van personen of iets bijzonders, 'n botsing met zijn gevolgen, of niets merkwaardigs gebeuren. De moderne opvatting nu verbiedt iets te onderstellen achter de verschijnselen, dat ik niet meten kan.

Zij heeft aangetoond, dat met de hulpmiddelen, waarover wij thans beschikken, plaats en snelheid van een deeltje niet gelijktijdig nauwkeurig zijn waar te nemen en Heisenberg heeft de grens dier nauwkeurigheid in formule gebracht. Neem ik de plaats nauwkeurig waar, zoo stoort mijn waarnemingsmethode de snelheid binnen aan te geven grenzen en omgekeerd.

Hiermede hangt dan ook samen dat een ruimte-tijd-causale beschrijving niet meer mogelijk is naar de moderne opvatting. Vat ik in de leer van het licht, dit als trilling op, zoo omvat ik slechts een deel der verschijnselen, de tegenkant is slechts door de corpusculaire beschouwing der door Einstein ingevoerde lichtquanten theorie te beschrijven. De werking van licht op materie in de lichtquanten theorie beschrijfbaar, heeft dual toegevoegd de golftheorie die van Huygens uitgaat ter beschrijving der interferentie verschijnselen. En zelfs de materie, waaraan ons corpuskelbegrip ontwikkeld is, moeten wij dual opvatten, de golftheorie der materie door de Broglie opgesteld, deed de buigingsverschijnselen der electronen en materie ontdekken, die in wezen volkomen analoog aan die der energiestraling zijn.

Geen strenge causaliteit meer in de natuurkunde, doch een statistische beschrijving, doch nu principieel en zonder het fundament van streng causale bewegingsverlijkingen op den achtergrond, waardoor de toevalsverhouding van de kinetische gas-theorie gekarakteriseerd werd.

De moderne quantenmechanica is echter in staat rekenschema's voor hare kansen aan te geven en evengoed als de oude theorie voorspelt zij verschijnselen. Wij komen niet tot een Natuurkunde, waar willekeur heerscht, of waar wij een voortdurende scheppende daad aan moeten nemen, er is een getemperd inde-

terminisme, dat de mogelijke gevolgen overziet, doch de causale eenduidigheid schijnt gebroken te zijn.

Zal er een tijd komen waar wij kunnen gaan pogen, onderstellingen te maken, omtrent wat er in ons schimmenspel achter het scherm gebeurt, en zullen wij dan toch weer gesloten causale theorie kunnen opbouwen, die wij toetsen kunnen? Zal het experiment voorgaan en ons nieuwe mogelijkheden van waarneming aan de atomen, de electronen en de kern geven, waardoor wij het relatieve indeterminisme weder kunnen opheffen?

Dat de sterkste, causaalste en geslotenste aller natuurwetenschappen tot deze vragen gekomen is, zult gij toch zeker voelen als een gebeurtenis, die voor het inzicht van ons denken en zijn beteekenis voor het wereld-begrijpen van dramatische beteekenis is.

Niet minder dan voor de wording van onze cultuur beteekent het natuurkundig denken, ervaringsmateriaal en resultaten voor het maatschappelijk productieproces.

Op de kennis van natuurkundige wetten berusten electro- en thermotechniek, toepassing van elasticiteit en hydrodynamica, optische techniek — de ingenieurswetenschappen. Bij die toepassing hebben zich telkens bijzondere gebieden als technische wetenschappen van de natuurkunde losgemaakt, ook in die landen waar de technische wetenschappen niet uit de sfeer der Universiteit zijn losgerukt.

De natuurkunde heeft haar sterk, op zuiver doorgronden der wetmatigheid in de natuur gericht streven behouden en heeft zich slechts weinig bekommerd om de ontplooiing van hare dochterwetenschappen; zij heeft electro-techniek, toegepaste mechanica, thermotechniek en alle andere vakken, zich rustig zelfstandig laten ontwikkelen. Slechts een zorgvuldige opleiding in natuurkundige richting van hunne beoefenaars scheen voldoende waarborg te moeten zijn, dat grondslagen en vindingen der natuurkunde in de autonome toegepaste wetenschappen tot hun recht komen.

Groot is toch het nut, dat langs dezen weg de maatschappij van de natuurkunde gehad heeft; telkens weer zijn uit vindingen, ontstaan alleen uit de behoefte het inzicht in de verschijnselen te verdiepen, nieuwe werkmethode voor het productieproces ont-sproten. Ik sprak in den aanvang van het werk van Faraday, die door zijn studie der electriche inductie de grondslag voor de

moderne electriciteitsproductie legde; ik zou de voorbeelden kunnen vermeerderen, kunnen spreken over de onderzoekingen van Hertz, die de golven leerde kennen, die de draadlooze toepast, over electronenemissie in gloeiende draden die de radio mogelijk maakte, over lichtemissie van dampen in electriche ontladingen, die het licht der toekomst zullen leveren, over de aero dynamica, welke de zekerheid gaf, dat beweging van lichamen zwaarder dan de lucht hen opwaarts zou doen bewegen, wat het vliegen mogelijk maakt, ik zou kunnen voortgaan en met U uit elk hoofdstuk der natuurkunde toepassing op toepassing kunnen stapelen, U doen zien de fijne meetinstrumenten, die het natuurkundig werk op elk gebied leverde. Ik wil echter liever de korte tijd die ik nog van U vergen mag, besteden, om te spreken over het programma, dat we ons bij toepassing der natuurkunde stellen moeten.

Vooropgesteld zij, dat geen programma, geen systematiek en geen organisatie ons helpen kan, als wij de vrije ontwikkeling van het natuurkundig denken bevorderen willen. Die inziet dat de wetenschap door haar vrije ontwikkeling gaven te schenken heeft, en die deze wenscht, hij geve haar de mogelijkheid te werken, bedenkend, dat het laatste waarop wij bezuinigen mogen de mogelijkheid tot vermeerdering onzer productieve kracht is.

Ons vaderland heeft tot nu toe in deze richting zijn plicht zeker gedaan en onze vaderlandsche industrie heeft in dezen tijd van crisis getoond, dat zij inziet dat haar innerlijke kracht voor een goed deel gelegen is in hare wetenschappelijke paraatheid, zoodat — en dit niet alleen door onze groote industrieën — menig onderzoek begonnen is in dezen slechten tijd.

Doch *efficiënte organisatie* van de toepassing der wetenschap is wel mogelijk. In de eerste plaats door systematisch onderwijs in de grondwetenschap aan toekomstige beoefenaren der toegepaste wetenschappen, niet alleen in hun propaedeuse, doch bovenal in hun latere studie, waar zij, rijper van denken, beter overzien, wat de grondwetenschap te beteekenen heeft. Men zal moeten toegeven dat hier juist de groote leemten liggen zoowel aan de Universiteit als aan de Technische hoogeschoolen, dat hier de mogelijkheid voor geconcentreerde samenwerking ligt; aan te vullen is deze oplossing door technisch onderwijs voor de wetenschappelijke physici, opdat zij de eischen der practijk leeren zien en hun specifieke opleiding

tot meten en experimenteren daardoor de praktijk ten goede kan komen.

Maar meer nog in de systematische organisatie van de toepassing van natuurkundige methoden, waar het betreft bedrijfscontrole, keuring en onderzoek van problemen en methoden in het productieproces. Wij hebben in dit opzicht hier te lande een verheugende ontwikkeling gezien door het particulier initiatief, dat op velerlei gebied Stichtingen in het leven riep waar techniek en wetenschap samenwerken. Wij hebben de wet op het natuurwetenschappelijk onderzoek die heilzaam effect zal sorteeren als zij met voldoende kracht wordt uitgevoerd.

In de georganiseerde samenwerking zullen techniek en wetenschap voordeelen vinden. De wetenschap zal door de problemen, die het leven haar stelt ongetwijfeld belangrijke suggesties en verfrissing krijgen, zij zal erdoor geprikkeld worden ook detail problemen tot een doordacht einde te brengen en zal daarnaast door haar contact met de werkwijzen der techniek hare instrumentele en technische mogelijkheden verrijkt zien. In deze samenwerking heeft de Universiteit haar taak en het recht haar plaats op te eischen. Voor de in haar kring zoo gewichtige physica geldt wat *Poincaré* van de mathesis getuigt: een impuls voor het wiskundig denken ging vaak van de physica uit; de physica heeft deze impuls van de technische physica te verwachten; één en ondeelbaar hooren zij te samen **ook** aan de Universiteit.

Voor de techniek zal zeker de samenwerking zeer loonend zijn, die haar werk kent, de noodzaak van rationalisatie en onderzoek van procedées inziet begrijpt zonder meer wat de natuurkunde hier doen kan.

Ik ben begonnen te zeggen, dat ik met U wilde overwegen wat de beteekenis van het natuurkundig denken voor cultuur en maatschappij is, omdat ik de zekerheid had dat ik U zou kunnen wijzen op een groot en onvervreemdbaar bezit, dat de menschheid in onze wetenschappen heeft.

Zeker, hun werk is voor een deel ook oorzaak der crisis, hun voortgang heeft nieuwe werkmethode geschapen, die eischten dat nieuw kapitaal geïnvesteerd werd voor het oude was afgeschreven.

Doch meer dan een der oorzaken van de crisis, die op zichzelf

buiten de competentie der Natuurkunde ligt, daar de organisatie van het menschelijk produceeren hare taak niet is, meer dan dat heeft zij de mogelijkheid geschapen de rijkdommen aan arbeidsvermogen en materie op technisch volmaakte wijze te gebruiken, zoodat meer dan ooit de productie in staat is in de behoeften te voorzien, dat meer dan ooit menschelijke werkkraft door de machine vervangen kan worden, dat meer dan ooit *uiteindelijk* voor het genieten der cultuurgoederen in breeden kring de mogelijkheid zal bestaan.

En zoo mogen wij in alle Drangsall und Not dan van de materiele beteekenis der natuurwetenschap onze blik terugwerpen naar hare cultureele waarde.

Al zal steeds haar woord in volle diepte spreken tot een kleine kring, de groote kring der maatschappij zal haar woord verstaan. Zij zal beseffen dat in de rij der zusteren, de Natuurkunde paraat is, strevende naar verdieping en verinnerlijking van het menschelijk weten en begrijpen.

Wetenschappelijk denken en experimenteeren, en het lied dat zingt en het schoone beeld dat gehouwen wordt uit de rots en de bouw die opkoepelt naar den azuren hemel en de schilderij die in kleur en lijn de geest uitzegt, het is al in zijn eenheid de wezenlijke wereld, ons kostbaarst bezit en grootste rijkdom.

En als leed en strijd en gerucht al om ons heen opgaan, dan kunnen wij devote troost vinden in dien tempelbouw, waar de zuilen van weten, denken en voelen, het gewelf dragen, dat de mensch bouwt tot de eere van het Eeuwige.

IK HEB GEZEGD.