

0014

NB

HET POSITIVISME VAN
MACH EN DE ONTWIKKELING
DER MODERNE PHY

REDE UITGESPROKEN TER GELEGENHEID
DEN DIES NATALIS DER VRIJE UNIVERSITEIT
OP 20 OCTOBER 1937

DOOR DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. G. J. SIZOO



ELECTRISCHE DRUKKERIJ
KLEIJWEGT - LOOSDUINEN

Streek. Lab.
vrije Univ.

Natuurk. Lab.
Vrije Univ.

*Het positivisme van Ernst Mach en
de ontwikkeling der moderne physica.*

*Overdruk uit het Orgaan der Christelijke Vereeniging
van Natuur- en Geneeskundigen in Nederland 1937, afl. 4.*

HET POSITIVISME VAN ERNST
MACH EN DE ONTWIKKELING
DER MODERNE PHYSICA

REDE UITGESPROKEN TER GELEGENHEID VAN
DEN DIES NATALIS DER VRIJE UNIVERSITEIT
OP 20 OCTOBER 1937

DOOR DEN RECTOR MAGNIFICUS

DR. G. J. SIZOO



ELECTRISCHE DRUKKERIJ
KLEIJWEGT - LOOSDUINEN



u
P
v
v

te
sl
h
w
to
m

be
ie
ee
w
h
va
w
na
m
de
st

de
hi
et
te
ha
m
in
w
de
vo
op
zij
ho
st
lu
m
de

Mijne Heeren Directeuren der Vereeniging voor Hooger Onderwijs op Gereformeerden Grondslag, Mijne Heeren Curatoren en Professoren der Vrije Universiteit, Dames en Heeren Studenten, en voorts gij allen, die deze plechtigheid met Uwe tegenwoordigheid vereert.

Zeer gewaardeerde Toehoorderessen en Toehoorders.

In het jaar der Kuyperherdenking wordt van de Vrije Universiteit onwillekeurig verwacht, dat zij bij haar publieke optreden aansluiting zoekt bij het werk van haar stichter. In dit verband dunkt het mij te betreuren, dat in datzelfde jaar een *physicus* geroepen werd tot het houden eener oratie, zijn vakgebied betreffende. Hij toch kan daarbij zulk een aansluiting slechts langs indirecten en dus minder bevredigenden weg vinden.

Dat het geheel der natuurwetenschappen niet buiten Kuyper's belangstelling viel, noch vallen kón, is ontwijfelachtig voor ieder, die iets van zijn werk en den tijd, waarin het plaats greep, verstaat. De eeuw, waarin Kuyper de Vrije Universiteit stichtte, was de eeuw waarvan hijzelf in 1899 zou zeggen, dat zij wegstierf onder de hypnose van het Evolutiedogma ¹⁾. Zijn oratie, aan de bestrijding van de leer der universeele, progressieve ontwikkeling gewijd, bewijst niet alleen dat Kuyper den ver-strekkenden invloed van de natuurwetenschap op het denken van zijn tijd volkomen doorzag, maar tevens, dat hij ook tot de vakwetenschappelijke litteratuur is doorgedrongen, om zich, waar zulks noodig was, een geharnast bestrijder van dien invloed te kunnen betoonen.

Wanneer hij in deze oratie tenslotte overgaat tot „de critiek, die de evolutieeler van geestelijk standpunt treffen moet”, dan oefent hij die critiek onderscheidenlijk voor wat betreft het *aesthetisch*, het *ethisch* en het *religieuze* leven. Zijn bedenkingen zijn hierin samen te vatten, dat in een consequente evolutieeler elk dezer levenssferen haar eigen karakter, waarde en beteekenis noodzakelijk verliezen moet, dat zij niet elk door eigen normen worden beheerscht, „doch in aansluiting aan de levensbewegingen in de planten- en dierenwereld, en als opkomende uit de physische en chemische werkingen der anorganische elementen, zelf louter mechanisch ontstaan en voortbestaan, en niet dan toevalligerwijze tot hoogere organisatie opklimmen”. De begrippen, waarin de mensch in deze levenssferen zijn oordeelen formuleert, worden dan ook van hun eigenlijken inhoud ontdaan. Schoonheid wordt synoniem met nuttigheid in den strijd om het bestaan. Ethisch leven is niets dan het volgen van den lust. Al goochelt men nog met woorden als „Religion” en „Frömmigkeit”, in waarheid wordt op alle religie als menscheijk zelfbedrog den ban gelegd.

De consequentie, die de evolutieleer moet hebben voor het *wetenschappelijk* leven, wordt door Kuypers in dit verband niet opzettelijk besproken. Wellicht vond hij dáárom geen aanleiding hier afzonderlijk op in te gaan, omdat in de litteratuur van het Duitsche materialisme, waartegen hij in het bijzonder zich richtte, de hooggeroemde wetenschap, die immers zelf de evolutie-hypothese had bewezen, gemeenlijk niet in de evolutionistische „Umwertung aller Werte” werd betrokken. Toch volgt uit hetgeen Kuypers overigens betoogt noodzakelijk, dat een consequente evolutieleer ook haar invloed moet doen gelden op de interpretatie van het wetenschappelijk leven en de waardeering der wetenschappelijke kennis.

Die invloed is dan ook inderdaad aan den dag getreden, en met de gevolgen ervan heeft ook een physicus te maken, indien hij bewust de ontwikkeling van zijn vak wenscht te volgen. Het is dan ook op dit punt, dat ik de in den aanvang bedoelde aansluiting meen te kunnen bereiken.

Sinds het begin dezer eeuw heeft zich onze experimenteele kennis der physische verschijnselen op een verrassend snelle wijze uitgebreid, en is ons inzicht in den samenhang en het karakter van die verschijnselen uitermate verdiept. Deze verdieping van inzicht is echter niet mogelijk geweest zonder een duchtige revisie van de grondslagen der physica, waarbij tal van vóóronderstellingen, die in een vorige periode als onmisbaar of als in zichzelf evident werden beschouwd, moesten worden prijsgegeven of gecorrigeerd. Ook drong de voortdurende uitbreiding van het experimenteele materiaal slag op slag tot het weer prijsgeven van theorieën en conclusies, waaraan men reeds een blijvende waarde had meenen te mogen hechten.

Dit alles veroorzaakt een herleefde belangstelling in vragen, die de grondslagen, de methode, het doel en de waarde der physische kennis raken. Daarbij blijkt, zoowel uit verspreide opmerkingen in de eigenlijke physische litteratuur als uit de opzettelijk aan zulke vragen gewijde besprekingen, dat zich in den kring der physici steeds meer een opvatting naar voren dringt, die gewoonlijk met den term „positivisme”, of wel nader „physisch positivisme”, wordt aangeduid. Zeer sterk wordt deze opvatting verdedigd door den physicus Pascual Jordan, in zijn boek „Die Physik des 20. Jahrhunderts”²⁾. Dit boek als geheel wekt den indruk, dat de moderne physische inzichten noodzakelijk tot een positivistische interpretatie der physische kennis dwingen, ja zelfs, dat eigenlijk de geheele moderne ontwikkeling der physica eerst onder en door den invloed van het positivisme is ontstaan.

„De nieuwe physica”, zoo zegt Jordan o.m., „is niet denkbaar zonder den invloed van de positivistische kennistheorie; en omge-

keerd heeft het positivisme eerst,, zijn stabiliseering en precisering in de physica verkregen" 3).

Het positivisme, dat Jordan hier bedoelt, gaat, gelijk hij zelf herhaaldelijk en uitdrukkelijk vermeldt, terug op Ernst Mach 4). Het zijn inderdaad in het bijzonder Mach's opvattingen, die onder de physici beginnen door te werken en waaromheen de discussies over methode en waarde der physische kennis zich spinnen. Om deze discussies te kunnen verstaan is kennisneming van Mach's zienswijze dan ook noodzakelijke voorwaarde.

In Mach's beschouwingswijze zijn twee hoofdmotieven duidelijk te herkennen. Hij heeft trouwens zelf, met de openhartigheid die hem kenmerkt, de herkomst ervan aangewezen 5). Op vijftienjarigen leeftijd las hij Kant's „Prolegomena zu einer jeden künftigen Metaphysik". Dit geschrift liet een onuitwischbaren indruk bij hem achter. Twee of drie jaar later werd („empfand") hij echter plotseling de overbodige („müszige") rol gewaar, die het „Ding an sich" speelt. Op een blijden zomerdag in het vrije veld vertoevend, verscheen hem opeens de wereld met zijn Ik als één samenhangende massa van gewaarwordingen („Empfindungen") slechts in zijn Ik sterker samenhangend. Dit moment bepaalde voorgoed het *sensualistisch* motief in zijn latere zienswijze.

Ook het tweede motief wordt in zijn jeugd reeds vastgelegd. Op het gymnasium in Weenen, leert hij in 1854 van zijn leeraar, Pater Wessely 6), de evolutieleer van Lamarck kennen, waardoor hij voorbereid is om de in 1859 in druk verschijnende denkbeelden van Darwin snel en met overtuiging in zich op te nemen. Het *evolutionistisch*, nader het *darwinistisch*, motief is daardoor bepaald.

Bij deze twee hoofdmotieven voegt zich dan, als gevolg van zijn gesprekken met den econoom E. Hermann, nog het *economisch* motief, dat echter geheel als een variatie op het darwinistisch thema wordt uitgewerkt. Tenslotte valt het *functionalistisch* motief op te merken, dat volgens Henning 7) zelfs domineerend is, hoewel het door Mach zelf niet zoozeer wordt vooropgesteld.

Opgemerkt dient hierbij, dat Mach zelf nooit zijn leer door één of meer philosophische slagwoorden heeft willen karakteriseeren, dat hij zelfs hardnekkig geweigerd heeft zijn leer een filosofie of zichzelf een filosoof te noemen 8).

Het is intusschen eenmaal gebruikelijk geworden Mach's leer als positivisme te betitelen, om zijn eisch, dat de kennistheorie tot de laatste ons positief, dat is met onmiddellijke zekerheid gegeven „elementen" dient terug te gaan. Als ik dit gebruik in het vervolg van deze rede overneem, dan zij nadrukkelijk vastgesteld, dat ik geheel in het midden laat of dit gebruik door den *volledigen* inhoud

van Mach's leer eenerzijds en de philosophische beteekenis van den term positivisme anderzijds ten volle wordt gerechtvaardigd.

Volgens Mach kan slechts de analyse der zintuigelijke gewaarwordingen ons de eigenlijke reële „Elementen” der wereld bloot leggen. Kleuren, klanken, warmten, drukken, ruimten, tijden, verbonden met stemmingen, gevoelens, voorstellingen, gedachten, zijn zulke elementen ⁹⁾. Uit het weefsel van deze elementen treedt het relatief bestendige naar voren. De complexen van kleuren, klanken, drukken enz., die een betrekkelijk bestendigen samenhang vertoonen, verkrijgen afzonderlijke namen, en worden door ons in het algemeen als „dingen” of „lichamen” aangeduid. Ons eigen lichaam is evenzeer zulk een relatief bestendig elementencomplex. Het onderscheidt zich echter van alle andere, doordat wij het onmiddellijk verbonden vinden met een complex van herinneringen, stemmingen, gevoelens enz., dat wij gemeenlijk als ons Ik aanduiden. Elementencomplexen, die groote overeenkomst met „ons lichaam” vertoonen, noemen we „lichamen van andere mensen”. Naar analogie van hetgeen we bij ons eigen lichaam waarnemen, *denken* we met deze andere lichamen analoge complexen van herinneringen, gevoelens enz. verbonden, die we dan andere Ikken noemen.

Bij nadere analyse blijkt er echter geen wezenlijk verschil te bestaan tusschen de elementen van het Ik en die van de z.g. buitenwereld. Het is één samenhangende massa van gelijksoortige elementen, slechts in het Ik sterker samenhangend. Daarin is geen absolute bestendigheid. Waar men de elementen-massa aanvat geraakt ze in beweging; het sterkst is deze beweging bij aanvatting in het Ik, dat zelf evenmin absoluut bestendig is ¹⁰⁾.

Dat in den elementenstroom juist het relatief bestendige zoozeer onze aandacht heeft, vindt zijn verklaring in de practische beteekenis, die dit voor onze levensomstandigheden heeft, en in den gang onzer ontwikkeling, in den strijd om het bestaan, steeds heeft gehad. De onderscheiding van het bestendige is een instinctieve handeling, die tot gewoonte, misschien zelfs tot erfelijke eigenschap is geworden ¹¹⁾. Het is een kwestie van practische levenseconomie, die, waar de wil tot leven zich het intellect schiep tot zijn doel, tot denkeconomie wordt ¹²⁾. In het bijzonder de „samenvatting van de met pijn en lust het nauwste samenhangende elementen tot de ideële, denkeconomische eenheid „het Ik”, heeft de hoogste practische beteekenis voor het intellect, dat in dienst van den pijnvermijdenden en lustzoekenden wil staat” ¹³⁾. Tegenover de psychologische analyse is echter het Ik onredbaar. Is dit den mensch eenmaal duidelijk geworden, dan zal hij van de idee der individueele onsterfelijkheid gaarne afzien ¹⁴⁾. Achter het elementenweefsel is niets, althans niets wat bereikbaar is of ons interesseeren kan. Het land van het transcendente is voor Mach een gesloten land, welks bewoners zijn nieuwsgierigheid niet vermogen te prikkelen ¹⁵⁾. Het geheele psy-

De indeelin
der natuur
tenschap.

chische leven, de wetenschap inbegrepen, is een biologisch verschijnsel, dat eerst door Darwin's principe van den strijd om het bestaan, van ontwikkeling en selectie, wordt opgehelderd ¹⁶). Religieuze voorstellingen zijn grootendeels als „woekeringen in het voorstelingsleven” op te vatten ¹⁷), hebben overigens aan een werkelijk economische behoefte („vrees voor het kwade, hoop op het goede”) beantwoord en doen dit ten deele nog, zullen in de donkere oncontroleerbare, instinctieve gedachtenreeksen nog lang voortleven, zijn echter voor een krachtig intellect reeds weerlegd eer ze werden uitgevonden ¹⁸).

Toen Kuyper de pijlen van zijn critiek richtte op de leer der universeele ontwikkeling, vond hij deze leer in handen eener materialistische wereldbeschouwing, die op de mechanistische atoomleer der physica steunde ¹⁹). Reeds in dien tijd was Mach een krachtig, zij het nog eenzaam, bestrijder zoowel van het mechanistisch dogma der physica als van de materialistische mythologie van stof en kracht ²⁰). Echter, aan de hypnose van het evolutiedogma is ook hij niet ontkomen. En het behoeft, na hetgeen uit Mach's leer reeds werd geciteerd, wel geen verder betoog, dat Kuyper's oordeel, dat de evolutieleer „op alle religie als menschelijk zelfbedrog den ban legt”, bevestigd blijft, ook dan wanneer wij die leer zien overgaan uit de handen van den materialist Haeckel in die van den positivist Mach.

Zien we nu welke de consequenties van Mach's leer zijn voor de natuurwetenschap in het algemeen en voor de physica in het bijzonder.

De indeeling
der natuurwetenschap.

De bron van alle ervaring is dus de zintuigelijke gewaarwording, de „Sinnesempfindung” ²¹). Analyse dezer ervaring leidt tot de laatste „sinnliche Elementarbestandteile”, of kortweg elementen, der wereld. Noemen we nu ABCDE..... de „sinnliche Elementarbestandteile” van de omgeving, U het gesloten oppervlak dat ons lichaam begrenst, en KLMN..... de „sinnliche Elementarbestandteile”, die we binnen dit oppervlak vinden, dan is elk element van de eerste groep, b.v. A (het groen van een blad) van andere elementen van dezelfde groep, b.v. B (het groen bevattende zonlicht), maar ook van de elementen der tweede groep, b.v. K (het open zijn der oogen) of ook N (de gevoeligheid van het netvlies) afhankelijk. De afhankelijkheid *binnen* de groep ABCDE..... noemen we de *physische*. De tweede, de grens U *overschrijdende* afhankelijkheid, noemen we de *physiologische*. Met betrekking tot deze physiologische afhankelijkheid heeten de elementen ABCDE..... ook „Empfindungen”, gewaarwordingen. Binnen de groep KLMN..... kunnen we nog een afzonderlijke groep $\alpha\beta\gamma\delta$ afzonderen, die we voorstellingen, gedachten enz. noemen. Deze zijn als door de Empfindungen

achtergelaten herinneringsspooren van „sinnliche Erlebnisse” te duiden, en kwalitatief niet van de Empfindungen verschillend. De onderlinge afhankelijkheid der elementen $\alpha\beta\gamma\delta$ noemen we de *psychische*. Aan de onderscheiding dezer drie wijzen van samenhang, tusschen de overigens kwalitatief van gelijken aard zijnde elementen, beantwoordt de onderscheiding der drie hoofdrichtingen in de natuurwetenschap, n.l. physica (in algemeenen zin), physiologie en psychologie.

Ontstaan van wetenschap. De voorstellingen, of „Nachbildungen der sinnliche Erlebnisse”, zijn de eerste bouwstenen der wetenschap. Naarmate de voorstellingen of gedachten zich aan de ervaringsfeiten en aan elkander onderling *aanpassen*, neemt onze kennis van de omgeving toe, stijgt het praktische en intellectueele nut van deze kennis.

Aanpassing. Het proces der aanpassing van de gedachten aan de waarnemingsfeiten en van de gedachten onderling is in den grond een biologisch proces. De gedachten zijn het fijnste reagens op onze organische ontwikkeling ²²). De gedachten-aanpassing is als het ware een uitlooper van het algemeene ontwikkelingsproces, waarin aanpassing van individu en soort aan de omstandigheden een noodzakelijke voorwaarde tot zelfbehoud is gebleken. Het is ook een economisch proces, in dien zin, dat, daarmate de aanpassing verder is voortgeschreden, intellectueele en ook praktische arbeid kan worden uitgespaard ²³), hetgeen weer een gunstige factor is in den strijd om het bestaan. Maar daarom moet die aanpassing dan ook een economische zijn, d.w.z. zij moet de wetenschappelijke kennis zoo inkleeden, dat met zoo weinig mogelijk denkoperaties, en dus met zoo weinig mogelijk denk arbeid, een zoo groot mogelijk feitenmateriaal kan worden beschreven. Daarbij zal vaak van volledige beschrijving moeten worden afgezien, en slechts het voor ons, in een bepaald verband, nuttige en belangrijke in de beschrijving worden opgenomen.

Bestendigheid. „Slechts aan datgene wat in de feiten bestendig is kunnen de gedachten zich aanpassen, en slechts „Nachbildung” van het bestendige kan een economisch voordeel afwerpen. Hierin ligt ook de laatste grond voor het streven naar continuïteit der gedachten, d.w.z. naar behoud der mogelijke bestendigheid, en hierdoor worden ook de aanpassingsresultaten begrijpelijk. Continuïteit, economie en bestendigheid zijn elkaars wederzijdsche voorwaarden, zij zijn eigenlijk slechts verschillende kanten van een en dezelfde eigenschap van het gezonde denken” ²⁴).

Begrippen. Er bestaat echter geen absolute bestendigheid, in de gedachten evenmin als in de materie. Ook de materie is geen substantie in den zin van „bedingungsloses Beständiges”. Materie is een gedachtensymbool voor een relatief stabiel complex van „sinnliche Elemente” ²⁵). Alle physische begrippen zijn zulke gedachtensymbolen voor groepen van elementen. Zij hebben een praktische, denk-economische beteekenis. De meest elementaire komen onwillekeurig

Doel der
physica.

en instinctief tot stand, zij wijzen veelal onmiddellijk heen naar complexen van „sinnliche Elemente”. Bij het aanpassingsproces worden echter ook abstracte fysische begrippen gevormd, waarin de „sinnliche Elemente” op een zeer ingewikkelde wijze verborgen kunnen zijn ²⁶). Dank zij zoodanige begrippen ontstaat de mogelijkheid een uitgebreid feitenmateriaal op afkortende, economische, hersenarbeid besparende wijze te beschrijven. Wat het notenschrift voor de muziek is, is het begrippenschema voor de physica. Een geoefend physicus leest een fysische verhandeling op dezelfde wijze als de musicus een partituur ²⁷).

Is de begripsontwikkeling ver voortgeschreden, dan kan het gebeuren, dat de herkomst der begrippen uit de „sinnliche Erfahrung” wordt vergeten. Dan loopt de physica gevaar te verzanden in de metaphysica ²⁸). Zoo vergat de atomistiek in Mach's tijd, dat „aatom” en „molecuul” gedachtensymbolen zijn, bruikbaar, hoewel niet onmisbaar, bij de ordening van bepaalde fysische gebieden. Zij verklaarde de atomen en moleculen tot „realiteiten”, vergetend dat alleen de „sinnliche” ervaring reël is. Bovendien overschatte zij de betekenis der mechanische begrippen, die ons wel door meerdere gewenning het meest vertrouwd zijn, maar die overigens niet fundamenteeler zijn dan andere. Zoo liep de physica gevaar de oude animistische mythologie te vervangen door de mechanistisch-materialistische mythologie ²⁹).

Ook de verabsoluteering van tijd en ruimte is een soort wetenschappelijke mythologie. Onmiddellijk gegeven is ons de tijdgevaarwording en de ruimtegewaarwording. De corresponderende fysische begrippen, de metrische tijd en de metrische ruimte, ontstaan eerst aan de hand van geïdealiseerde fysische ervaring. Echter zou er zonder de „Zeitempfindung” geen chronometrie, zonder „Raumempfindung” geen geometrie zijn. In fysiologisch opzicht zijn tijd en ruimte systemen van „Orientierungsempfindungen”, welke naast de „Sinnesempfindungen” biologisch doelmatige aanpassingsreacties doen tot stand komen. In fysisch opzicht zijn tijd en ruimte bepaalde afhankelijkheden der elementen van elkaar. De tijdelijke afhankelijkheid is de „unmittelbare”, de ruimtelijke afhankelijkheid is de „vermittelte”. Een van alle verschijnselen onafhankelijke tijd bestaat echter evenmin als een absolute ruimte. De begrippen absolute ruimte en absolute tijd zijn metaphysische, geen fysische begrippen ³⁰).

Doel der physica.

De physica kan nooit boven de beschrijving der verschijnselen uitgaan of achter de verschijnselen doordringen tot zoiets als het „wezen der dingen”. De spaarzaamste, eenvoudigste, meest economische, begripmatige uitdrukking der verschijnselen is haar doel ³¹). Een fysische beschrijving bereikt haar doel wanneer onze gedach-

Hypothesen.

ten het geheel der „sinnliche Thatsachen” zoo voor ons stellen, dat zij bijna als een „Ersatz” daarvan kunnen gelden ³²). De physica dient dus phaenomenologisch te zijn. Weliswaar maakt zij ook gebruik van hypothesen. Zelfs is de hypothesenvorming niet het resultaat van een kunstmatige wetenschappelijke methode, maar zij geschiedt reeds onbewust en instinctief in de kindsheid der wetenschap ³³). Maar deze hypothesenvorming is niet anders dan een vergelijking van nog nieuwe en betrekkelijk onbekende ervaring met oude, meer bekende en vertrouwde ervaring. Als wij zien dat een koud lichaam zich als het ware ten koste van een heet verwarmt, dan dringt zich instinctief de vergelijking van „warmte” met een „stof”, van „warmtebeweging” met „vloei-stoffbeweging” aan ons op. Newton's emissietheorie van het licht was in den grond een vergelijking van de lichtstralen met de banen van materiele deeltjes. Huygens' golftheorie daarentegen was een vergelijking van het licht met het geluid ³⁴). Juist die vergelijkingen, hypothesen of theorieën, die zich geheel ongezoekt, instinctief aan ons opdringen, werken het krachtigst, sleepen de gedachten met zich mede, treden ons met autoriteit en logische kracht tegemoet, vertoonen de sterkste „Selbsterhaltung” ³⁵).

Is de vergelijking gelukkig getroffen, dan is de hypothese bevorderlijk voor het aanpassingsproces der gedachten. Maar zij blijft toch altijd een vergelijking, d.w.z. dat in gedachten in de plaats van een ervaring A een andere, meer bekende, ervaring B wordt gesteld, die de eerste in zeker opzicht vervangen kan, maar, juist doordat zij een andere is, in ander opzicht dit zeker niet doen kan. Verliest men dit uit het oog, dan kan zelfs de vruchtbaarste hypothese remmend werken. Zoo is de emissietheorie van het licht, doordat zij de lichtstralen met projectielbanen, dus met onderscheidslouze rechte lijnen vergeleek, een beletsel geweest voor de ontwikkeling onzer kennis omtrent de periodiciteit van het licht ³⁶).

Spelen de hypothesen en theorieën dus wel een rol in de ontwikkeling der physica, toch zijn zij als dorre bladeren, die afvallen wanneer zij het organisme der wetenschap een tijdlang „in Athem” gehouden hebben ³⁷).

Afhankelijkheid der elementen.

De physische kennis is gericht op den *samenhang* der verschijnselen. Wel bestaat de wereld uit elementen, maar zij is niet „eine blosse Summe von Empfindungen”. Er is ook afhankelijkheid, en wel functioneele afhankelijkheid in mathematischen zin. Van de elementen interesseert de physica eigenlijk alleen deze functioneele afhankelijkheid ³⁸). Zelfs treden de oervariabelen in de vergelijkingen der physica niet op. Omdat haar dat gemakkelijker is, formuleert de physica geen vergelijkingen tusschen de elementen, maar tusschen functies daarvan ³⁹). Slechts in de functioneele afhankelijkheid vindt de physica de bestendigheid, die zij zoekt. „Bedingungslose” bestendigheid is er immers niet, maar er is toch één soort van besten-

Natuurwet

digheid, die alle andere voorkomende omvat, dat is de „Beständigkeit der Verbindung (Beziehung)”. Zulke bestendigheden der verbinding worden door de physische wetten en regels geformuleerd ⁴⁰⁾.

Natuurwetten. De natuurwetten zijn geen regels volgens welke de processen in de natuur zich noodwendig richten moeten ⁴¹⁾. Ook is de extreem subjectieve opvatting, als zouden onze beschouwing en onze begrippen *alleen* aan de natuur haar wetten voorschrijven, niet houdbaar. Naar haar oorsprong zijn de „natuurwetten” beperkingen, die wij, geleid door onze ervaring, aan onze verwachting voorschrijven. Aanvankelijk komt alleen of vooral datgene uit de ervaring, wat voor ons onmiddellijk biologisch belang heeft, in de natuurwetten tot uitdrukking, later ook datgene wat slechts in afgeleiden zin biologisch belang heeft. Met het voortschrijden der natuurwetenschap gaat een toenemende inperking der verwachting gepaard. De natuurwetten ontspruiten uit de psychologische behoefte zich in de natuur „zurecht zu finden”, niet vreemd en verward tegenover de verschijnselen te staan. Mythologisch, daemonologisch, poëtisch zijn de eerste oriënteringspogingen. In de periode Copernicus—Galilei zijn eenvoud en schoonheid de richtsnoeren bij de reconstructie van het feitelijke door de gedachten. Het nauwkeurige kwantitatieve onderzoek doelt allereerst op zoo volledig mogelijke bepaaldheid, op eenduidige bepaaldheid, hetgeen reeds in de ontwikkelingsgeschiedenis der mechanica aan den dag trad. Breidt zich de kennis uit, dan doet zich de behoefte naar vermindering der psychische inspanning, naar economie, continuïteit en bestendigheid, naar zoo algemeen mogelijke toepasbaarheid der opgestelde regels machtig gelden. Het is zeer natuurlijk, dat men vroeger deze psychologische motieven in de natuur zelf heeft geprojecteerd en aan de natuur zelf heeft toegeschreven, maar tegenover een scherpere kennistheoretische critiek is dit niet vol te houden. De voortschrijdende verscherping der natuurwetten, de voortschrijdende beperking van onze verwachting, beantwoordt aan een steeds nauwkeuriger aanpassing der gedachten aan de feiten. De feiten zijn niet genoodzaakt zich naar onze gedachten te richten, maar onze gedachten, onze verwachtingen, richten zich naar andere gedachten, n.l. naar de begrippen, die wij ons van de feiten hebben gevormd. Een natuurwet heeft daarom altijd den hypothetischen zin: Wanneer het feit, de „That-sache” A, nauwkeurig aan het begrip M beantwoordt, dan beantwoordt het gevolg B nauwkeurig aan het begrip N; zoo nauwkeurig als A aan M beantwoordt, zoo nauwkeurig beantwoordt B aan N. De absolute exactheid, het volkomen eenduidig en nauwkeurig verband tusschen het gegevene en het gevolg, bestaat in de natuurwetenschap slechts in de theorie, maar niet in de „sinnliche” werkelijkheid.

De physische wetten zijn dus subjectieve voorschriften voor de

Causaliteit.

Vóór-onder-
stellingen.

verwachting van den waarnemer, waaraan de werkelijkheid niet gebonden is. Zijn zijn daarom niet waardeloos, want zij zijn aan de hand der ervaring geformuleerd en door de „sinnliche Wirklichkeit” reeds talloze malen, zij het binnen zekere grenzen, bevestigd. Daarom bestaat er echter nog geen reden om een noodwendigheid in het gebeuren te postuleren. „Een andere dan een logische noodzakelijkheid, bijvoorbeeld een fysische, bestaat niet”. „Wanneer ik constateer, dat met A zekere, b.v. geometrische, eigenschappen B verbonden zijn, en in mijn denken daaraan vast houd, dan kan ik vanzelfsprekend niet tegelijk daarvan weer afzien, dat is een logische noodzakelijkheid. Daarin ligt echter niet opgesloten, dat aan A noodzakelijk de eigenschap B toekomt. Deze samenhang is alleen door de ervaring gegeven”⁴²). Als we dan toch, bij volgende ervaring, verwachten, dat bij het optreden van A zich ook de eigenschappen B zullen voordoen, dan komt dat omdat de bestendigheid der verbinding ons tot vóór-onderstelling is geworden. Deze vóór-onderstelling, die in de verschillende vormen van de causaliteitswet tot uitdrukking komt, is weer resultaat onzer biologische ontwikkeling. „Zooals wij reflectorisch en instinctief onder den invloed van onze organisatie, onze biologische behoefte en onze omgeving, „grijpen” geleerd hebben, en nu deze vaardigheid doelbewust in dienst van het leven uitoefenen, evenzoo leeren wij de vóór-onderstellingen, die zich uit onze psychische organisatie (associatie) en den invloed der omgeving instinctief ontwikkelen, en biologisch bevorderlijk zijn gebleken, doelbewust hanteeren, zoodra het in het onderzoek om het „begrijpen” gaat”⁴³).

In aansluiting aan Kuyper's critiek op het dogma der universeele progressieve evolutie, spraken wij in het begin dezer rede de verwachting uit, dat bij een consequent uitwerken van die leer ook het *wetenschappelijk* leven zijn zelfstandig karakter, zijn eigen normen zou moeten verliezen. Mach's wetenschapsbeschouwing levert de volledige bevestiging van die verwachting. De wording der wetenschap is bij hem een biologisch proces. De drijfveer tot wetenschappelijke kennis is het instinct tot zelfbehoud. De wetenschappelijke methode wordt door het principe der denkeconomie, in den zin van besparing van hersenarbeid, beheerscht. De waarde der kennis ligt in het voldoen aan praktische doeleinden of in het wegnemen van intellectueel onbehagen⁴⁴). Haar toekomst-ideaal vindt de wetenschap in de verwerkelijking eener zedelijke wereldorde, waarin het Lijden zal zijn overwonnen⁴⁵).

Lampa merkt hierbij op, dat het ideaal der zedelijke wereldorde bij Mach niet het resultaat is van een theoretische speculatie, maar een uit zijn warm voelend hart, uit zijn „boeddhistisch” geweten, voortkomende eisch⁴⁶). Dit moge zoo zijn, maar het blijmoedig optimisme, waarmede hij de verwerkelijking van dat ideaal ver-

wacht, is toch alleen tegen den achtergrond van het evolutiedogma te begrijpen. Zelfs moet men dit dogma wel inderdaad, naar Kuyper's woord, een hypnotische macht toeschrijven, om te kunnen verstaan, dat Mach, die zoo nadrukkelijk zijn uitgangspunt in de onmiddellijke ervaring wenscht te kiezen, die zulk een open oog heeft voor het voorbijgaand karakter van wetenschappelijke theorieën, toch zoo critiekloos de darwinistische evolutietheorie niet alleen als zoodanig aanvaardt, maar tot basis van zijn systeem kiest. Men vraagt zich toch af of dan van deze theorie niet evenzeer geldt, dat zij als een dor blad zal afvallen, nadat zij een tijd lang het organisme der wetenschap „in Athem" heeft gehouden.

Ik waag het niet te beoordeelen of deze vraag, althans voor wat betreft de specifiek darwinistische evolutietheorie, reeds door de ervaring bevestigend is beantwoord, al wekken veel uitlatingen uit den kring der biologen dien indruk. Maar wel is het zeker, dat de zoete toekomstdroom van het ontwikkelings-optimisme door de wereldgeschiedenis der laatste decenniën bruut en wreed is verstoord.

Naast het *evolutionistisch* treedt ook het *sensualistisch* motief in Mach's beschouwingen omtrent wetenschap in het algemeen en de physica in het bijzonder onomwonden naar voren. De laatste elementen, waarmede de physica te doen heeft, zijn immers de „sinnliche Elementarbestandteile", en het laatste doel is: onze gedachten zoodanig aan de verschijnselen aan te passen, dat zij de „sinnliche Thatsachen" volledig vermogen af te beelden. Alle hulpvoorstellingen, wetten, formules enz. zijn slechts middel tot, slechts het quantitative regulatief van onze „sinnliche Vorstellung" ⁴⁷).

Intusschen speelt evenzeer het *functionalistisch* motief, dat wij reeds noemden, een niet geringe rol. Hoewel het uitgangspunt steeds weer in de „sinnliche" ervaring wordt gekozen, en alleen aan de „sinnliche Elementarbestandteile" realiteit wordt toegekend, komen toch deze elementen spoedig weer op den achtergrond, terwijl de functioneele afhankelijkheid op den voorgrond treedt. In Mach's „Erkenntnis und Irrtum" lezen wij reeds op bladzijde 10: „We hebben hier de elementen van de reële wereld en de elementen van het ik tegelijk voor ons. Wat ons verder nog interesseeren kan is de functioneele afhankelijkheid, in mathematischen zin". En van de physica geldt wel, dat zij „ons de sterkste samenhang van groepen van elementen leert kennen", maar onmiddellijk volgt dan weer: „Op de afzonderlijke bestanddeelen dezer groepen mogen wij echter niet te veel acht slaan, wanneer wij een „faszbares Ganzes" behouden willen. De physica geeft, omdat haar dit gemakkelijker is, in plaats van vergelijkingen tusschen de oervariabelen, vergelijkingen tusschen functies daarvan" ⁴⁸).

Elders volgt op de bewering, dat wij „einfache Beständigkeiten

„einzelner Elemente“ waarnemen, bijna onmiddellijk de opmerking, dat herhaalde en zorgvuldige waarneming leert, dat „einzelne Elemente überhaupt nicht beständig sind“, en dat dus slechts de „allgemeine Beständigkeit der Verbindung“ overblijft, waarvan dan toch weer de „einfache Beständigkeit einzelner Elemente“ een zeer speciaal geval schijnt te zijn ⁴⁹).

Of nu het functiebegrip inderdaad een zoo centrale plaats in Mach's leer verkrijgt, dat deze, zooals Henning meent, door den term functionalisme nog het best kan worden gekarakteriseerd, zij den filosofen ter beoordeeling overgelaten.

Als physicus veroorloof ik mij de opmerking, dat men van Mach omtrent de elementen, die dan toch de basis van het physisch onderzoek vormen, wel gaarne iets meer zou hebben vernomen. De steeds herhaalde opsomming „kleuren, klanken, warmten, drukken, ruimten, tijden enz.“ lijkt mij evenmin bevredigend als de bewering „die Physiologie wird uns mit einem Worte die realen Elemente der Welt aufschlieszen“ ⁵⁰).

Staat het inderdaad van te voren vast, dat de „Analyse der Empfindungen“ op bepaalde laatste grenzen zal stuiten? Mach's elementenleer komt mij voor als te zijn een *dogmatisch* geformuleerde *hypothese* omtrent een *atomistische* structuur der zintuigelijke gewaarwording, voor welke hypothese echter de experimenteele gronden door Mach niet zijn aangetoond, en wellicht ook nooit zullen kunnen worden gevonden. Voor de physica blijkt zij van geen belang; zij wordt immers nadat zij gesteld is onmiddellijk weer steriel gemaakt door de opmerking, dat men, teneinde een „faszbares Ganzes“ te verkrijgen, op de elementen niet te veel acht moet slaan.

Mach sluit zich dan ook, zoowel in zijn eigen physische verhandelingen als in zijn historisch-critische studies, direct bij de gangbare physische terminologie en het gebruikelijke physisch begrippenschema aan, en poogt nergens deze terminologie en dit begrippenschema van zijn elementenleer uit te herzien. Zelfs treedt daar, waar wij den filosoof Mach als physicus aan het werk zien gaan, de *zintuigelijke* gewaarwording op den achtergrond, om plaats te maken voor de *experimenteele* empirie. Het is alsof Mach, wanneer hij uit het philosophische voorportaal zijn physische werkkamer binnengaat, haastig zijn sensualistisch colbert verwisselt voor een gereed hangende experimenteel-empirische laboratoriumjas, die bij het physisch werk inderdaad gemakkelijker is, maar waarvan volstrekt niet vast staat, dat hij in den positivistischen winkel is gekocht.

Het komt mij voor, dat het maken van een onderscheid tusschen Mach als kritisch physicus en Mach als positivistisch-sensualistisch filosoof noodzakelijk is, om tot een juiste beoordeeling en waardeering van Mach's invloed op de ontwikkeling der moderne physica te komen. Dat zijn invloed inderdaad belangrijk is geweest, kan

moeilijk worden tegengesproken, wanneer physici, die zelf aan deze ontwikkeling krachtig hebben medegewerkt, verklaren, dat zij hem aan den lijve hebben ondervonden ⁵¹). Maar ik meen, dat in de feitelijke ontwikkeling der physica deze invloed toch alleen daarin tot uiting komt, dat de physica zich haar experimenteel-empirische basis helderder bewust is geworden. En wanneer wordt gezegd, dat de positivistische critiek door de ontwikkeling der physica is gerechtvaardigd, dan meen ik alweer, dat dit alleen juist is, voorzover die critiek van het experimenteel-empirisch standpunt uit werd geöfend.

Men behoeft echter nog geen sensualistisch positivist te zijn, om te erkennen, dat de basis der physische kennis gelegen is in de experimenteele ervaring. Tusschen de experimenteele empirie en de zintuigelijke gewaarwording bestaat namelijk een niet gering niveauverschil, welks overspanning op zijn minst het *denken* vereischt. In Mach's leer moet de ladder der evolutie voor deze overspanning dienen. Maar hoe langs deze, overigens nog hypothetische, ladder het denken, met zijn eigen logische normen, zich uit de gewaarwording ontwikkelt, blijft een probleem, dat noch door het manoeuvreeren met woorden als „instinct” en „aanpassing”, noch door de machtspreuk omtrent „den wil, die zich het intellect schiep tot zijn doel” ook maar eenigermate bevredigend wordt opgelost.

Tusschen gewaarwording en experiment ligt bovendien niet alleen het denkproces van den waarnemer. De experimenteele empirie maakt gebruik van zeer bepaalde *denkinhouden*, vóór-onderstellingen, „Voraussetzungen”, die in de zintuigelijke gewaarwording niet zijn gegeven. Natuurlijk kan ook Mach deze niet missen, en moeten het evolutieproces, het instinct, de „biologische Bedürfnisse” weer dienst doen om het ontstaan der „Voraussetzung” uit de „sinnliche Erfahrung” te verklaren, maar deze „verklaring” komt boven de *bewering* niet uit.

De meest naar voren komende „Voraussetzung” van Mach is wel de functioneele afhankelijkheid der elementen, in mathematischen zin. Maar *deze* vóór-onderstelling kan zelf eerst op de basis der experimenteele empirie zijn ontstaan. Want de functioneel mathematische afhankelijkheid wordt niet gevonden in de gewaarwordingen, maar tusschen de resultaten van physische metingen. De physische meting echter komt eerst na de bewuste schifting en beoordeeling der *gewaarwording*, zij volgt op de begripmatige ordening der *waarneming*, maar in het resultaat der meting komt deze *waarneming* zelf niet meer voor. Zelfs zijn het niet de onmiddellijke resultaten der metingen, maar de gecorrigeerde, geïdealiseerde resultaten, waartusschen een functioneele mathematischen samenhang wordt gezocht en verkregen. En dit correctie- en idealiseeringsprocédé is zonder de theoretische interpretatie van de meting, zelfs zonder een vooruitgrijpen op het eindresultaat, niet mogelijk ⁵²).

Millikan heeft de lading van het electron gemeten. Hij heeft daartoe een bepaalde apparatuur gebouwd, die in vergelijking met vele andere meetmethoden nog uiterst eenvoudig kan heeten, maar waarvan het ontwerpen niettemin de practische en theoretische kennis van mechanische, thermodynamische, optische en electro-dynamische verschijnselen vóór-onderstelt. Slechts op grond dezer kennis wist hij welke gewaarwordingen hij mocht verwachten bij het zien door zijn microscoop, en hoe hij uit deze gewaarwordingen tot meetresultaten moest besluiten. Zelfs had hij omtrent deze resultaten zeer bepaalde verwachtingen, die met zijn overtuiging, dat er een elementaire lading is, samenhangen. Deze verwachtingen werden echter niet door de uitkomsten der meting bevestigd. Het verschil tusschen verwachting en uitkomst overtrof ver de grenzen der meetnauwkeurigheid, die zelf al weer slechts door theoretische interpretatie der meting konden worden bepaald. Maar dit onmiskenbaar verschil deed Millikan niet besluiten, dat er geen elementaire lading is, doch dat in het geheel der empirische en theoretische kennis, dat voor de interpretatie zijner meetresultaten noodzakelijk was, ergens een fout moest schuilen. Om deze fout te kunnen localiseeren, was het noodig vroegere metingen omtrent den viscositeitscoëfficiënt van de lucht, die op zichzelf met de lading van het electron niets hadden uit te staan, met de grootste zorgvuldigheid te herhalen. Toen dan tenslotte de fout was gelocaliseerd in de wet van Stokes, kon inderdaad, doch alleen met gebruikmaking van het theoretische inzicht en de experimenteele gegevens der kinetische gastheorie, de noodzakelijke correctie op deze wet worden gevonden, die het meetresultaat in overeenstemming bracht met de verwachting. Zoo blijkt één physische meting, waarvan het resultaat kan worden samengevat in één physischen volzin, bestaande uit zeven woorden en één getal, namelijk: „De lading van het electron bedraagt 1.591 Coulomb”, met alle gebieden der physische kennis samen te hangen.

Mach heeft dus de idee van den mathematisch functioneelen samenhang ontleend aan de experimenteele, en wel nader aan de door meting verkregen ervaring. Zijn stelling, dat deze mathematisch functioneele samenhang nu ook de éénige samenhang in de verschijnselen, en de eigenlijke samenhang tusschen de elementen der wereld is, lijkt mij een wijsgeerig en wetenschappelijk onverantwoorde en met de realiteit van het leven in strijd zijnde bewering. De metende waarneming kan zich toch alleen bezig houden met dat deel der werkelijkheid, en met die zijden daarvan, welke zich tot meting, dat is tot quantitative vergelijking, leenen. Maar het is waarlijk niet het minst belangrijke deel, noch zijn het de minst belangrijke zijden, welke zich aan deze quantitative waarneming ten eenen male onttrekken, en ten opzichte waarvan dus ook van een mathematisch functioneelen samenhang geen sprake kan zijn.

De hoofdlijnen van Mach's opvattingen stonden voor hemzelf reeds omstreeks 1862 vast. Hij publiceerde ze echter, behoudens in enkele verspreide opmerkingen, voor het eerst in 1872, in zijn werkje „Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit”.

In dien tijd verkeerde de physica nog in haar mechanistische periode. Het substantieel karakter van materie en energie, de realiteit van de onverwoestbare atomen, het objectief bestaan van natuurkrachten, de objectieve en dwingende geldigheid der natuurwetten waren algemeen erkende grondstellingen, die men bijvoorbeeld in de in 1869 door Helmholtz uitgesproken voordracht „Über das Ziel und die Fortschritte der Naturwissenschaften” alle vereenigd vindt. Deze rede formuleert ook het einddoel der natuurwetenschappen, naar de toen gangbare meening, als: „de aan alle veranderingen ten grondslag liggende *bewegingen* en de *drijfkrachten* daarvan te vinden, dus zich in mechanica op te lossen ⁵³). De mechanica gold daarbij veelal als een deductieve wetenschap, waarvan de grondwetten een aprioristisch karakter droegen, of althans in zichzelf evident waren ⁵⁴).

Men kan niet anders dan diepen eerbied hebben voor de kracht van Mach's geest, die het hem mogelijk maakte in dit physisch klimaat zijn beschouwingwijze, die van de heerschende opinie zoo radicaal afweek, te ontwikkelen en deze met zooveel zekerheid van overtuiging zijn vakgenooten voor te dragen.

Stelt men nu naast elkaar het feit, dat Mach elk der genoemde grondstellingen van zijn standpunt uit heeft becritiseerd, en het feit, dat de physica in de laatste veertig jaar elk dezer grondstellingen heeft moeten herzien, dan schijnt de conclusie voor de hand te liggen, dat de juistheid van Mach's standpunt door de geschiedenis zelf is bevestigd. Toch is nauwkeurig onderscheiden hier noodzakelijk. De physica als vakwetenschap had ook in de bedoelde periode haar experimenteel-empirische basis, die zij in den tijd van Stevin, Galilei, Huygens, Newton had veroverd, niet verlaten. Zij was ook toen voortdurend bezig haar theoretische inzichten en formuleringen aan de hand van de experimenteele gegevens te herzien. Doordat bepaalde onderstellingen en conclusies van algemeene strekking tot dusver in deze herziening niet waren betrokken, ontstond de mogelijkheid en tevens het gevaar, daaraan een dogmatisch karakter te gaan toekennen. Aan dit gevaar zijn dan ook in het bijzonder de Duitsche physici niet ontkomen. Wel was de overmacht der speculatieve idealistische systemen gebroken, en had de roep: „van de natuurphilosophie terug naar de natuurwetenschap” krachtig weerklonken, maar reeds legde het oude materialisme weer zijn beslag op de geesten, en maakte dit gaarne gebruik van de mogelijkheid om bepaalde, door het experiment nog niet weersproken physische

onderstellingen en conclusies, in materialistischen geest te interpreteren en te verabsoluteeren ⁵⁵).

Voor zoover nu Mach van zijn beschouwingwijze uit critiek heeft geoefend op het tot dogma maken van wat onderstelling is, of het bewezen verklaren wat door het experiment nog niet weersproken is, is zijn critiek ongetwijfeld door de geschiedenis gerechtvaardigd. Ook is het zeker waar, dat Mach, door ten aanzien der physica een diametraal ander standpunt in te nemen, een duidelijker zicht verkreeg op die plekken in haar empirische basis, die nog experimenteele versteviging behoeften, of ook op zulke, die door onkruid van vreemden bodem waren overwoekerd. Maar dat neemt niet weg, dat de ontwikkeling der moderne physica op het niveau der experimenteele empirie heeft plaats gehad, dat zij „stap voor stap door experimenteele onderzoekingen werd afgedwongen” ⁵⁶), en dat zij aan de meest kenmerkende grondlijnen van Mach's positivisme niet beantwoordt.

Om deze bewering te staven willen wij enkele der in dit verband belangrijke momenten uit deze ontwikkeling nader bezien.

De relativiteitstheorie verdient dan het eerst onze aandacht. Van haar toch kan met het meeste recht worden gezegd, dat Mach's critiek er den bodem toe had bereid. Einstein zelf erkent den grooten invloed, dien Mach's werken, in het bijzonder zijn historisch-critische studie „Die Mechanik” op hem hadden gehad. Zelfs meent hij, dat Mach de idee eener algemeene relativiteitstheorie zeer nabij is gekomen ⁵⁷). Mach's scherpzinnig-critische bespreking van de grondprincipes der mechanica, zijn nadrukkelijk attendeeren op de empirische grondslagen ervan, hebben vrucht gedragen. Zijn streven om begrippen, die voor de systematische beschrijving der physische verschijnselen nutteloos zijn, of die een niet door ervaring controleerbare inhoud hebben, te vermijden, is, voor wat betreft de begrippen absolute beweging en absolute gelijktijdigheid, door de relativiteitstheorie bekroond.

Het was echter niet Mach's begrippen-critiek alleen, die Einstein tot de relativiteitstheorie bracht. Ware dat zoo, dan zou deze zeker niet die plaats in de physica hebben verworven, die zij thans bezit. Mach heeft immers wel de overbodigheid der genoemde begrippen voor de mechanica aangetoond, maar niet de strijdigheid met de experimenteele ervaring. Ook volgt uit het feit, dat de inhoud dezer begrippen niet door mechanische experimenten verifieerbaar is, nog niet, dat zij in het geheel niet verifieerbaar zijn. Het wekt verwondering, dat Mach, die zelf zoo herhaaldelijk tegen de gelijkstelling van physica met mechanica waarschuwt, zonder meer uit het „mechanisch-niet-verifieerbaar” zijn tot de „physikalische” „zinloosheid” der begrippen besluit.

De beslissende impuls tot de ontwikkeling der relativiteitstheorie

is da
der e
absol
klass
en el
Mich
elect
beves
Te
dellij
poog
in he
kome
voort
zichz
menh
wegit
Daar
taat v
tivite
weten
snelh
bron.
To
uitter
aange
zonde
Toen
werin
bezitt
zijn
theor
Jor
voorb
Eerst
looze
geeft
nen a
physi
van z
het e
staan,
Ik do
weerg
niet-j
door

is dan ook niet gekomen van de zijde der mechanica, maar van die der electrodymanica. Het al of niet aanvaarden van de begrippen absolute ruimte en absolute gelijktijdigheid, de keuze tusschen de klassieke en de relativiteitsmechanica zou een kwestie van smaak en elegantie gebleven zijn, indien niet het beroemde experiment van Michelson had aangetoond, dat een bepaalde, op de klassieke electrodymanica gegronde verwachting, in de natuur niet wordt bevestigd.

Toch ontstond zelfs toen nog de relativiteitstheorie niet onmiddellijk. Eerst toen Lorentz, met al de kracht van zijn intellect, gepoogd had het negatieve resultaat van Michelson's proef in te passen in het kader van de klassieke theorie, toen hij hiervoor zelfs het volkomen afdoende mathematisch schema had gevonden, maar toen voorts bleek, dat de physische interpretatie van dit schema een op zichzelf staande onderstelling eischte, die geen noodzakelijken samenhang, met bekende empirische gegevens of theoretische overwegingen bezat, toen eerst was de tijd rijp voor de relativiteitstheorie. Daarbij moet dan nog bedacht worden, dat niet het negatieve resultaat van Michelson's proef op zichzelf de grondpostulaten der relativiteitstheorie rechtvaardigde, maar dat daartoe ook noodig was de wetenschap, dat het licht een eindige snelheid had, en dat deze snelheid onafhankelijk is van den bewegingstoestand van de lichtbron.

Toen het dan eenmaal zoo ver was gekomen, was het natuurlijk uitermate verblijdend, dat Mach's scherpzinnige critiek reeds had aangetoond, dat de begrippen absolute tijd en absolute ruimte ook zonder schade voor de mechanica konden worden ter zijde gesteld. Toen, maar ook eerst toen was het gerechtvaardigd om Mach's bewering, dat deze begrippen geen experimenteel verifieerbare inhoud bezitten, of, zooals hij het zelf noemde, „physikalisch sinnlos” zijn ⁵⁸), over te nemen en tot uitgangspostulaat eener physische theorie te maken.

Jordan ziet in de relativiteitstheorie een der wonderbaarlijkste voorbeelden van de bevrijdende kracht der positivistische critiek ⁵⁹). Eerst deze critiek heeft immers de radicale terzijdestelling van zinlooze oordeelen gebracht, welke ons denken de noodzakelijke vrijheid geeft om onze voorstellingen aan de steeds hoogere eischen te kunnen aanpassen. „Zinloos” is n.l. volgens Jordan een oordeel voor de physica „wanneer het zich niet restloos laat invoegen in een systeem van zuivere beschrijving van waarnemingsresultaten”. Ik vrees, dat het er met de zinvolheid der moderne physica droevig voor zou staan, als men deze uitspraak van Jordan wat al te letterlijk neemt. Ik doe Jordan zeker geen onrecht, wanneer ik zijn bedoeling aldus weergeef: „Een oordeel is dan „zinloos”, wanneer de juistheid of niet-juistheid er van op geenerlei wijze en ook niet bij benadering door eenigerlei physische methode kan worden vastgesteld”. Ik

meen, dat het gebruik van het woord „zinloos“ in dit verband onjuist is en verwarring sticht, maar neem een oogenblik den term met de definitie over.

Wil men nu echter een bepaald oordeel als zinloos qualificeeren, dan dient men over een criterium der zinloosheid te beschikken. De moeilijkheid is daarbij, dat de definitie van het begrip „zinloosheid“ de kennis der volledige ervaring onderstelt, terwijl onze ervaring steeds slechts onvolledig is. Daarom kan een bruikbaar criterium slechts bestaan in het feit, dat ons een of meer positieve empirische gegevens bekend zijn, die strijdig zijn met de onderstelling, dat het bedoelde oordeel niet-zinloos is.

Beschouw het oordeel: „Een gebeurtenis A op aarde is in absolute zin gelijktijdig met een gebeurtenis B op Sirius“. Dit oordeel is volgens de relativiteitstheorie „zinloos“, en wel omdat het Michelson-experiment strijdig is met de onderstelling, dat het oordeel niet-zinloos zou zijn. Zoolang dit experimenteel gegeven ontbrak, was echter de vraag naar de zinloosheid van het oordeel onbeslist, en dus de vraag of het ook niet-zinloos zou kunnen zijn een zinvolle vraag. En zelfs als wij thans zeggen, dat het oordeel zinloos is, mag dit niet geschieden zonder wetenschappelijke reserve. Het is immers een uitspraak, die zich op de volledige ervaring betreft, terwijl zij, zelfs wanneer het genoemde criterium wordt toegepast, nog altijd op onvolledige ervaring is gegrond.

Terecht merkt Weizsäcker in een bespreking van Jordan's boek op, dat de theoretische physica eerst dan van het stellen eener vraag afziet, wanneer zij weet, dat die vraag zinloos is, maar dat het positivisme dit reeds dan doet, wanneer het niet weet, dat de vraag niet-zinloos is ⁶⁰).

We zouden dus willen zeggen, dat Mach, voor wat betreft zijn bewering, dat de begrippen absolute tijd en absolute ruimte „physikalisch sinnlos“ zijn, het gelijk niet aan zijn zijde *had*, maar wel heeft *gekregen*. Daarbij dient dan nog wel in het oog gehouden, dat hetgeen door de relativiteitstheorie als relatief wordt erkend, eigenlijk niet is „tijd“ en „ruimte“, maar, zooals door Mach ook is bedoeld, *tijdmaat* en *ruimte maat*.

Terecht betoogt Eduard May, in zijn verhandeling over „Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis“, dat de vraag naar het objectief, of, zoo men wil zelfs, absoluut karakter van het „na-elkaar“, dat in het tijdsbegrip, en het „naast-elkaar“, dat in het ruimtebegrip tot uitdrukking komt, door de relativiteitstheorie geenszins in ontkenningen zin wordt beantwoord ⁶¹).

Wat is nu echter de winst, die de relativiteitstheorie afwerpt voor Mach's positivisme zelf? Om deze winst te kunnen beoordeelen.

moeten wij de relativiteitstheorie confronteeren met de hoofdmotieven van dit positivisme.

Wat nu het sensualistisch motief betreft kan men bezwaarlijk volhouden, dat de relativiteitstheorie daaraan tegemoet komt. Het grondelement, waaruit de relativiteitstheorie haar „wereldbeeld” opbouwt, is het massapunt. Dit nu is zeker geen „sinnlich Element”. Het is, om Mach's term over te nemen, een gedachtensymbool, namelijk voor een bepaalden samenhang van kinematische en dynamische attributen. „Massapunt” is een mathematisch-fysisch begrip. Een „massapunt” bestaat in de natuur niet, en zeker niet in de „sinnliche Erfahrung” ⁶²). De relativiteitstheorie kan dus reeds hierom, en nog des te meer om haar gebruikmaken van de niet-euclidische ruimte, complexe grootheden, tensoren enz., niet méér zijn dan een van die mathematisch-fysische theorieën, die wel door Mach ook worden toegelaten, maar die toch niet beantwoorden aan den aanvankelijken eisch, dat de physica betrekkingen tusschen de elementen der „sinnliche Erfahrung” heeft uit te drukken, en aan het laatste doel, namelijk de bevrediging der „sinnliche Vorstellung”.

Het evolutionistisch motief van Mach's positivisme wordt evenmin door de relativiteitstheorie of haar ontstaanswijze bevestigd. Nadat Mach in zijn *Mechanik* Newton's grondstellingen der mechanica, bestaande uit 8 definities, 3 axioma's en 6 toevoegingen, kritisch heeft besproken, geeft hij zelf een nieuwe formulering dezer grondstellingen, bestaande uit 3 ervaringswetten en 2 definities. Zijn eigen oordeel over het verkregen resultaat luidt dan: „Deze regels voldoen aan den eisch der eenvoudigheid en spaarzaamheid, welke men daaraan op economisch-wetenschappelijke gronden stellen moet, zij zijn doorzichtig en klaar, want er kan bij geen ervan twijfel bestaan omtrent wat hij beteekent, uit welke bron hij stamt, of hij een ervaring of een willekeurige vaststelling uitspreekt” ⁶³).

Wij willen aannemen, dat dit oordeel juist is, en Mach's formulering dus op grond der economie der wetenschap te verkiezen is boven die van Newton. Maar *deze* economie der wetenschap valt met het evolutionistisch-biologisch-economisch motief volstrekt niet samen. Zij is niet anders dan de in elke wetenschap geldige eisch van helderheid, klaarheid, bondigheid, logische geslotenheid, eenduidigheid van uitdrukkingswijze. Het is een eisch, die voor het wetenschappelijk denken als zoodanig geldt, die er mede het eigen karakter en principe van bepaalt. Ten onrechte laat Mach dit kenmerkend principe van het wetenschappelijk denken telkens weer vervloeien met zijn biologisch-economisch principe van spaarzaamheid met de gedachten en zuinigheid met hersenarbeid. In werkelijkheid is het zoo, dat het eerste veel vaker tegen het tweede indruischt, dan dat het er mee samengaat ⁶⁴).

Dat is zeker ook met betrekking tot de relativiteitstheorie het geval. De begrippen absolute tijd en absolute ruimte behooren,

zoals Mach zelf erkent, tot die begrippen, die als vanzelf worden gevormd; Mach gebruikt hier natuurlijk weer het woord instinctief. Het kost heel weinig hersenarbeid ze te aanvaarden, echter zeer veel hersenarbeid om in te zien, dat zij fysisch onhoudbaar zijn.

Waarom heeft Mach zich dan zooveel moeite gegeven ze uit de physica te verwijderen, terwijl hij zelf moest erkennen, dat ze, hoewel overbodig, ook niet schadelijk waren?

Mach was een logisch wetenschappelijk denker, een critisch en scherpzinnig physicus. Dat is reeds voldoende om zijn voorliefde voor beknoptheid, helderheid en bondigheid bij de formulering van grondstellingen, zijn streven naar verwijdering van overbodige begrippen, zijn afkeer van pleonasme, tautologie en abundantie te verklaren. Hij was bovendien filosoof, met hevigen afkeer van al wat naar metaphysica zweemt. Dat scherpte zijn blik bij het opsporen van overbodige begrippen, en verklaart de volharding, waarmee hij steeds weer de argumenten van zijn tegenstanders weerlegt.

Waarom heeft voorts Einstein de speciale relativiteitstheorie ontwikkeld en hebben de physici haar aanvaard, terwijl met Lorentz' contractie-hypothese de experimenteele feiten ook waren te verklaren? En waarom heeft Einstein daarna de algemeene relativiteitstheorie geformuleerd, waartoe *geen dwingende experimenteele aanleiding* was? Men zal, gezien de hoge eischen, die de relativiteitstheorie aan het denken stelt, bezwaarlijk kunnen volhouden, dat dit uit een streven naar spaarzaamheid met gedachten of naar een minimum van denkoperaties is te verklaren.

Kan dan in deze ontwikkeling misschien het streven naar „Beseitigung des intellectuellen Unbehagens” worden ontdekt? Of bij hen, die aan de ontwikkeling hebben medegewerkt, inderdaad door den gegeven stand van zaken een gevoel van onbehagen is gewekt, is moeilijk na te gaan. Maar gesteld dat dit zoo was, dan valt toch op te merken, dat dit onbehagen dan zijn oorzaak vond in een conflict in het denken, veroorzaakt door de strijdigheid eener theoretische conclusie met de experimenteele ervaring, of ook door het gemis aan logische geslotenheid der theorie, d.w.z. dat het psychologisch motief van het onbehagen, zoo het aanwezig was, zelf eerst op grond van den eigen norm van het wetenschappelijk denken is te verklaren.

Resumeerend meenen we te mogen besluiten, dat de ontwikkeling der relativiteitstheorie, Mach's eigen aandeel daarbij inbegrepen, veel meer het zelfstandig karakter, het eigen principe, de eigen norm van het wetenschappelijk leven naar voren doet treden, dan dat daaruit eenig bewijs zou zijn te putten voor de stelling, dat dit wetenschappelijk leven niet anders is dan een biologisch aanpassingsproces.

Het verdient tenslotte vermelding, dat Mach zelf in het in 1913

geschreven voorwoord voor zijn „Physikalische Optik” nadrukkelijk verklaart, dat hij tegen de hem steeds dogmatischer voorkomende relativiteitstheorie ernstige „sinnesphysiologische” en kennistheoretische bezwaren heeft, en dat hij zich afvraagt of zij in de geschiedenis der wetenschap wel meer zal blijken te zijn dan een „geistreiches Aperçu”. Welke zijn bezwaren zijn heeft hij niet meer kunnen mededeelen. Bij de beoordeeling dezer uitspraak zal men misschien in aanmerking moeten nemen, dat Mach haar deed, toen hij vijf en zeventig jaar oud was en zijn gezondheid reeds door een beroerte was geknakt. Zonder meer verwaarloozen mag men haar echter evenmin.

Na de relativiteitstheorie verdient de theorie der materie, in het bijzonder de atoomtheorie, onze aandacht.

Wij merkten reeds op, dat Mach uit hoofde van zijn wijsgeerig uitgangspunt in botsing kwam met de materialistische conceptie, die op de mechanistische atoomleer der physica steunde. Als physicus erkende hij weliswaar de atoomleer als een bruikbaar provisorisch hulpmiddel bij de beschrijving der experimenteele gegevens, maar weigerde hij niettemin nadrukkelijk aan de atomen realiteit toe te kennen. In zijn critisch-historische studie „Die Prinzipien der Wärmelehre” heeft hij dan ook gepoogd de leer der warmteverschijnselen geheel phaenomenologisch op te bouwen. Toch geeft hij daarbij de in de physica zoo bijzonder nuttig gebleken herleiding der macroscopische verschijnselen tot het microscopisch gebeuren niet prijs. Zelfs houdt hij vast aan de idee der discrete, discontinue ruimtevulling. De fictie der volkomen elastische, onveranderlijke atomen vermijdt hij echter, door het begrip volumen-element in te voeren. Aan een volumen-element schrijft hij dan „slechts met veranderden maatstaf, zoodanige eigenschappen toe, als ook bij uitgebreide lichamen worden waargenomen”. Daarin ligt, zoo zegt hij, „in het geheel niets hypothetisch en geenerlei onklarheid..... De volumen-elementen met hun temperatuurvervallen gedragen zich geheel zooals eindig uitgebreide lichamen onder overeenkomstige omstandigheden, slechts heb ik het voordeel, dat ik uit zulke kleine volumen-elementen met elke gewenschte nauwkeurigheid elk nog zoo gecompliceerd geval op kan bouwen”⁶⁵).

Mach stond, toen hij in 1896 zijn „Wärmelehre” in het licht gaf, niet meer alleen in zijn critiek op de atoomhypothese. Hij verkreeg daarbij krachtigen steun van Ostwald en zijn school. Ook deze z.g. „energetici” zagen in een hypothesen-vrije, phaenomenologische natuurbeschrijving het ideaal voor physica en chemie, daarentegen in de atoomtheorie een wel vruchtbare, maar onbewezen, en voorts overbodige hypothese. De physica had zich volgens hen, naar het voorbeeld der thermodynamica, te richten op het opsporen en for-

muleeren der algemeene wetten, die de transformatie der verschillende vormen van energie beheerschen.

Uit de in dien tijd gevoerde discussies, tusschen de „atomisten” als Boltzmann en Planck eenerzijds, en de energetici anderzijds ⁶⁶), blijkt duidelijk, dat de eersten zich zeer wel bewust waren, dat de atoomhypothese nog geen wetenschappelijk onbetwistbare zekerheid had verkregen, maar tevens, dat zij de diepe overtuiging bezaten, dat deze hypothese niettemin een zeer wezenlijken trek in de structuur der materie raakte. Men zou met een door Jordan in een ander verband gebruikte zinswending kunnen zeggen, dat zich tegen het prijsgeven van deze hypothese niet slechts een door de materialistische filosofie geschoolde denkwijze verzette, maar nog veel meer een „physisch instinct”, dat van de natuur de diepe beteekenis dezer hypothese had afgeluisterd ⁶⁷).

Deze diepe beteekenis is dan ook in de ontwikkeling der physica sinds het begin dezer eeuw steeds meer aan den dag getreden. Lorentz bewees door zijn electronentheorie, dat de idee eener discontinue structuur ook op het gebied der electromagnetische verschijnselen met vrucht kan worden aangewend. Planck en Einstein brachten haar zelfs over op het gebied der stralingsverschijnselen. Perrin's metingen omtrent de Brown-beweging leverden een fraaie bevestiging van Einstein's berekeningen omtrent de statistische variaties in de moleculaire beweging. De, het eerst door Laue verkregen, interferentie figuren, die ontstaan wanneer röntgenstralen gekristalliseerde materie doordringen, demonstreerden de regelmatige rangschikking der atomen in het kristalrooster. De bestudeering der electriciteitsgeleiding in gassen, van kanaalstralen, kathodestrallen en radioactieve stralen verschaftte zoowel de atomistiek der materie als die der electriciteit een vaste experimenteele basis, en legde tevens den innigen samenhang daartusschen bloot. In het photo-effect, in de proeven van Franck en Hertz, in het Compton-effect treedt een niet minder innige samenhang met de atomistiek der straling aan den dag.

Wel eischte het nieuwe experimenteele materiaal een grondige revisie van het atoombeeld. Tegenover de uitkomsten der radioactieve onderzoekingen bleek de onderstelling van de onveranderlijkheid der chemische elementen, en daarmee die van de onveranderlijkheid der atomen, niet meer te handhaven. Het op grond van de kinetische gastheorie aan de atomen toegekende volume bleek niet continu met materie gevuld, maar het atoom een ijle, doorzichtige constructie van electriche ladingen, in bouw eenigermate vergelijkbaar met een zonnestelsel in miniatuur. Maar de grondidee der atomistiek, de opbouw uit laatste elementaire eenheden, bleef behouden. Zelfs konden experimenteele methoden (scintillatiescherm, nevelkamer van Wilson, tellers) worden ontwikkeld, die de werking van de afzonderlijke elementaire deeltjes demonstreeren, en

de bestudeering van wisselwerkingsprocessen tusschen deze deeltjes veroorloven.

Dit alles bijeengenomen maakt, dat de geschiedenis der physica in het eerste kwart der twintigste eeuw als een voortdurende opéénvolging, aanéénrijging en onderlinge verbinding van experimenteele bewijzen voor de juistheid der atoomhypothese kan worden gekenschetst. Ostwald heeft zich tegenover deze bewijzen reeds in 1908 gewonnen gegeven ⁶⁸). Mach echter heeft tot op het laatst in zijn afwijzing volhard ⁶⁹). Dit is, wanneer men zijn sensualistisch standpunt in het oog houdt, ook volkomen te begrijpen en te respecteeren. Het spreekt toch vanzelf, dat, als eenmaal dit standpunt is ingenomen, ook de allerevidentste bruikbaarheid der atoomhypothese geen zweem van bewijs voor de realiteit der atomen inhoudt. Maar wel vraagt men zich af, of Mach bij dezen stand van zaken in de physica, niet aan zijn principe der denkeconomie reden had moeten ontleenen om zijn sensualistisch uitgangspunt te verlaten en zijn strijd tegen de realiteit der atomen op te geven. De hardnekkigheid, waarmee hij dit heeft geweigerd, bewijst wel, dat hij aan zijn filosofie toch sterker gehecht was, dan zijn herhaalde bewering geen filosoof te willen zijn zou doen vermoeden.

Nu waarschuwt echter Jordan er voor niet te haastig te besluiten, dat Mach, voor wat betreft de afwijzing der atoomhypothese, door de moderne physica in het ongelijk is gesteld. Want in de jongste geschiedenis der atoomphysica krijgt, volgens Jordan, het positivisme toch weer gelijk. Het is toch in de laatste jaren noodzakelijk gebleken het aanschouwelijk atoommodel prijs te geven. Op grond van ontwijfelachtige experimenten moet èn aan straling èn aan materie een tweeslachtig karakter worden toegeschreven. Bij bepaalde proeven past het beeld der „deeltjes”, bij bepaalde andere dat der „golven”. De begrippen „deeltje” en „golf” zijn beide aan de macroscopische ervaring ontleend, en zijn daarin tegenstrijdig en elkaar wederzijds uitsluitend. Met betrekking tot het microscopisch gebeuren moeten ze daarentegen als elkaar aanvullend, als complementair worden gezien. Eerst door en in de waarneming, die altijd op een bepaalde wijze in het gebeuren ingrijpt, treedt òf het deeltjeskarakter òf het golfkarakter naar voren. Een objectieve, van de waarneming onafhankelijke, adequate karakteriseering van de elementaire eenheden en van de relaties daartusschen is met behulp van onze aan de macroscopische ervaring ontleende begrippen niet mogelijk. Desondanks beschikt de moderne physica in golfmechanica en quantenmechanica over het wiskundig apparaat, waarmee deze relaties kunnen worden uitgedrukt. Terwijl echter in de macrophysica de fysische begripsvorming aan de wiskundige symboliseering voorafging, moesten in de micro-physica de fysische begrippen eerst aan de hand van het mathematisch formalisme worden

gevormd. Dit beteekent intusschen niet, dat de taal der micro-physica geenerlei verwantschap met die der macro-physica zou vertoonen. Integendeel, in het bijzonder Bohr wijst telkens weer op de nauwe correspondentie, die er steeds tusschen klassieke theorie en quantentheorie zal moeten blijven bestaan. In deze correspondentie treedt dan zoowel de verwantschap als de zelfstandigheid van beide theorieën naar voren ⁷⁰).

Jordan vindt in deze casus positie weer grond om de realiteit der atomen te ontkennen. „Wanneer de quantentheorie het atoom van elke aanschouwelijk-grijpbare qualiteit ontkleedt en slechts een stelsel van mathematische formules als karakteriseering van het atoom overlaat, dan bevestigt dat”, zegt Jordan, „onze kennistheoretische instelling, volgens welke het physisch onderzoek..... er slechts op gericht is gedachtensystemen tot beheersching der verschijnselenwereld te ontwikkelen. Het nog slechts als formulestelsel gekarakteriseerde atoom is, overeenkomstig het geographische graden-net der aarde, in den grond nog slechts een hulpbegrip, ter ordening van experimenteele feiten” ⁷¹).

Wij plaatsen hiertegenover twee opmerkingen. De eerste houdt in, dat wie in het atoom niet meer wil zien dan een hulpbegrip, een gedachtensymbool, noodzakelijk dezelfde conclusie moet trekken ten aanzien van de stralingsquanta. Reeds Mach heeft, en op zijn standpunt volkomen terecht, niet alleen de materie, maar ook het licht opgevat als een gedachtensymbool. Nergens is immers „het licht” in de waarneming onmiddellijk gegeven. Wat wij zien zijn lichtende en verlichte voorwerpen, maar „het licht” denken wij er bij ⁷²). Wat nu reeds voor het licht geldt is nog sterker evident voor die stralingsverschijnselen, waarvoor ons het corresponderend zintuig ontbreekt.

Ook wanneer men, gelijk Jordan hier schijnt te doen, niet zoozeer het gegeven zijn in de zintuigelijke waarneming, maar de voorstelbaarheid in aanschouwelijke vorm of de beschrijfbaarheid in aanschouwelijke begrippen als criterium van de realiteit wil nemen, moeten met de materiele eenheden ook de stralingsquanta buiten de realiteit worden gesteld en tot de gedachtensymbolen worden gerekend. Dan is echter niet alleen de atoomtheorie, maar de geheele moderne micro-physica nog steeds niet meer dan één van die theorieën, die volgens Mach wel als provisorische hulpmiddelen toelaatbaar zijn, maar slechts bestemd om door een „natürlichere Anschauung” te worden vervangen ⁷³). Ja, dan is er reden voor de opmerking, dat de physica zich thans, door de toelating der niet-aanschouwelijke, uiterst abstracte golfmechanische en quantenmechanische theorieën, zoo uitermate ver heeft verwijderd van het haar door Mach gewezen doel, dat het hoog tijd moet worden geacht met het terugkeeren tot zulk een „natürlichere Anschauung” ernst te maken.

Wij zijn echter van meening, en dat is onze tweede opmerking, dat

Jordan's redeneering niet de dwingende kracht eener logische sluitrede bezit. Gegeven is eenerzijds, dat men bij het onderzoek der verschijnselen tot dusver stuit op bepaalde laatste materiele eenheden, electronen, protonen, neutronen, en op zekere, uit deze elementaire eenheden opgebouwde structuren: atomen en moleculen. Anderzijds is vast komen te staan, dat de eigenschappen dezer elementaire eenheden en de relaties binnen deze structuur-eenheden niet in aanschouwelijke vorm kunnen worden geformuleerd. Welnu, uit deze twee gegevens kan men tot Jordan's conclusie, dat dus deze eenheden geen realiteit bezitten, slechts dan besluiten, indien van te voren vast staat, dat voor het geval zoodanige eenheden wel realiteit bezitten, haar eigenschappen en relaties noodzakelijk aanschouwelijk moeten zijn. Voor deze praemisse is evenwel geenerlei noodzakelijke grond. Jordan's indentificeering van realiteit en aanschouwelijkheid is evenzeer een filosofisch voor-oordeel als Mach's gelijkstelling van realiteit en zintuigelijke waarneembaarheid.

Wij zijn daartegenover van meening, dat de aanvaarding van de realiteit der elementaire eenheden zeer wel vereenigbaar is met de aanvaarding van het niet-aanschouwelijk karakter harer eigenschappen en relaties. Juist daarom kunnen wij de moderne atoomtheorie erkennen als een echte physische theorie, welke waarheidsoordeelen omtrent de physische werkelijkheid bedoelt uit te spreken. In hoeverre zij daarin slaagt is thans nog niet definitief te beoordeelen, maar zal eerst bij de voortgezette confrontatie van haar consequenties met het experimenteele materiaal kunnen worden beslist.

De aanleiding om te spreken over het positivisme van Ernst Mach en den invloed daarvan op de ontwikkeling der moderne physica ontleenden wij in het bijzonder aan Jordan's boek „Die Physik des 20. Jahrhunderts” en aan zijn kleiner geschrift „Physikalisches Denken in der neuen Zeit”. Wij willen echter niet eindigen zonder te hebben vermeld, dat, hoewel Jordan telkens weer terugwijst naar Mach en nalaat zelf aan te geven of en, zoo ja, wáár zijn opvatting van die van Mach verschilt, er eenig verschil toch wel valt op te merken.

Allereerst schijnt Jordan de boor der kennistheoretische critiek en analyse niet beslist te willen doordrijven tot op het niveau der zintuigelijke waarneming. Teneinde zich niet in het oeverlooze te verliezen, dient de critiek daar te beginnen, waar de actueele en vruchtbare problemen van het natuurwetenschappelijk onderzoek liggen. Het instinct van den succesrijken natuurwetenschappelijken onderzoeker kan alleen deze plaatsen, waar kenritische boor-arbeid moet worden verricht, aanwijzen ⁷⁴).

Zie ik het goed, dan beteekent dit, dat de pragmatistische consequentie van Mach's principe der economie door Jordan ook ten aanzien van het kennistheoretische uitgangspunt wordt getrokken.

Jordan's instinct wijst hem dan blijkbaar niet de zintuigelijke gewaarwording, maar de experimenteele feiten, of, zooals hij ook zegt, de experimenteele waarnemingen en „Erlebnisse”, of, weer elders, de „physikalische Messungerlebnisse”, als de positieve basis der physische kennis.

Wij zien hierin weer een bevestiging van onze zoo straks geponeerde stelling, dat de ontwikkeling der moderne physica zich op het niveau der experimenteele empirie heeft voltrokken, maar merken verder op, dat het afwisselend en door elkaar heen gebruiken van de termen „experimentelle Feststellung”, „experimentelle Beobachtung” en „experimentelle” of „Messungs-Erlebnisse” aan de duidelijkheid van Jordan's bedoeling niet ten goede komt.

Het wil ons dan ook voorkomen, dat een theorie der physische kennis, zelfs op gevaar af zich in het oeverlooze te verliezen, toch niet zal mogen nalaten, gelijk Jordan doet, de hier gebruikte begrippen experimenteel feit enz. te analyseeren. Wanneer men bedenkt, dat Jordan nu eens het atoom, met zijn kernladingsgetal, energieniveaux en overgangswaarschijnlijkheden onder de experimenteele feiten rangschikt, en dan weer het atoom een hulpbegrip tot ordening van experimenteele feiten noemt, dan is dit reeds voldoende om te doen zien, dat een nadere analyse van het begrip experimenteel feit niet achterwege mag blijven ⁷⁵). Dat daarbij aan den dag zal moeten treden, dat het experimenteele feit nooit een onmiddellijk gegeven is, dat het steeds met de theoretische interpretatie is verbonden, dat het eerst wordt verkregen met gebruikmaking der viervoudig verbonden methoden van analyse en synthese, deductie en inductie, op de basis van algemeene vóór-onderstellingen, zoowel omtrent onze kennis als omtrent de natuur, hebben wij in het voorafgaande reeds als onze meening te kennen gegeven, welke meening overigens in het geheel niets nieuws brengt, aangezien ze reeds herhaaldelijk door anderen werd uitgesproken en door argumenten gestaafd ⁷⁶).

Een verschil tusschen Mach en Jordan schijnt voorts te bestaan ten aanzien der plaatsruimte, die zij aan de religie willen laten. Jordan is namelijk van meening, dat juist van de positivistische opvatting uit zich geheel nieuwe mogelijkheden voordoen om het religieuze denken, zonder tegenspraak met het wetenschappelijk denken, zijn levensruimte te verzekeren. Het positivisme verklaart immers de experimenteele waarnemingen en „Erlebnisse” voor de eenige werkelijkheid van den physicus. Maar deze beperking houdt, volgens Jordan, tevens in de erkenning, dat er nog geheel andere, waaronder ook religieuze, „Erlebnismöglichkeiten” kunnen zijn. Aan dit „auszerphysikalische Erleben” schijnt Jordan in het bijzonder in de onbewuste psychische lagen ruimte te willen verzekeren. Men kan moeilijk nalaten hierbij te denken aan Mach's uitspraak, dat de religieuze voorstellingen in de donkere, instinctieve gedachtenreeksen

nog lang zullen blijven voortbestaan. Toch gaat Jordan verder. Hij erkent ook de waarde van „auszerwissenschaftliche Ausdrucksformen”, zelfs wil hij het religieuze denken het recht op een eigen wetenschap, een theologie, niet ontzeggen. Maar dan zal deze zich toch weer de censuur eener positivistische kennis-critiek moeten laten welgevallen, die aan theologische leerstellingen slechts dan een zinnvollen inhoud zal toekennen, indien zij bij nadere analyse in uitspraken omtrent concrete „Erlebnistatsachen” blijken te bestaan ⁷⁷).

Wij willen volstaan met hiertegenover als onze overtuiging uit te spreken, dat Jordan het wezen der ware religie miskent, wanneer hij meent haar in het onbewuste psychische leven een plaats te moeten wijzen. Zoo min echte religie ooit bereid is gevonden zich terug te trekken in een der schuilhoeken van het denken, haar door het materialisme zelfs nog wel geboden, zoomin zal zij ooit de gunst aanvaarden om te mogen leven in het onbewuste bij de gratie van het positivisme.

Tenslotte is het van belang op te merken wat bij Jordan de drijfveer tot het verwerven en de waarde van wetenschappelijke kennis wordt, nu er in onzen tijd van grimmige waakzaamheid voor den zoeten toekomstdroom van het ontwikkelings-optimisme geen plaats meer is. Het is niet anders dan de Wil tot Macht. Wat de onderzoekers zelf drijft is de meest sublieme, en toch van bijna brutale vitaliteit vervulde wil tot macht in het rijk des geestes. Wat de waarde der physische kennis bepaalt is, in dezen tijd, nu alle volkeren zich ten oorlog voorbereiden, niet anders dan de bruikbaarheid met betrekking tot de technische krijgstoerusting, dus de dienstbaarheid aan den wil der naties tot historische machtsvorming ⁷⁸).

Het kan helaas niet worden ontkend, dat in de concrete situatie, waarin de wereld thans verkeert, zulk een opvatting voedsel vindt. En toch, wij willen óók in deze situatie, ja juist in deze situatie, vasthouden aan het Christelijk motief tot wetenschapsbeoefening, het motief dat ook Kuyper bewoog tot de stichting dezer Universiteit ⁷⁹). Dit motief stelt, onder erkenning der volstreckte soevereiniteit van den God der schepping, onder eerbiediging van Christus' recht en eisch ook op het erf van het wetenschappelijk leven, het einddoel daarvan in de verheerlijking des Naams van Hem, Wien gegeven is alle Macht, in hemel en op aarde.

Ik heb gezegd.

AANTEEKENINGEN.

- 1) A. Kuyper, *Evolutie* (1899), p. 7.
- 2) Eveneens in zijn kleiner werkje: *Physikalisches Denken in der neuen Zeit* (1935).
- 3) P. Jordan, *Die Physik des 20. Jahrhunderts* (1936), p. 132.
- 4) *Ernst Mach*, geb. 18 Febr. 1838 in Turas (Mähren); studeerde natuurwetenschappen te Weenen; habileerde in 1861 voor de physica; werd toegelaten als privaats-docent; wendde zich, wegens het ontbreken van middelen voor fysisch onderzoek, tot de zintuig-physiologie; in 1864 benoemd tot hoogleeraar te Graz; in 1867 hoogleeraar aan de Deutsche Universiteit te Praag; 1895—1901 hoogleeraar voor inductieve filosofie te Weenen; gest. 19 Febr. 1916 te Haar bij München.

Zijn physieke onderzoekingen hebben vooral betrekking op den invloed van beweging op geluid en kleur. Hij ontwierp verschillende demonstratie-apparaten, paste de methode der stroboscopie het eerst op luchttrillingen toe, fotografeerde explosiegolven met behulp der „Schlierenmethode”. Daarnaast publiceerde hij een reeks onderzoekingen betreffende de physiologie der zintuigen, in het bijzonder oog en oor, en betreffende bewegingsgewaarwordingen. Ook schreef hij een aantal leerboeken. Met Poske redigeerde hij het *Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht*.

Zijn philosophische beschouwingen zijn vooral vervat in onderstaande werken, die in het vervolg zullen worden aangehaald met de daarachter gevoegde afkortingen :

Die Geschichte und die Wurzel des Satzes von der Erhaltung der Arbeit, 1872 (E. d. A.);

Die ökonomische Natur der physikalischen Forschung, 1882 (Ö. N. P. F.), opgenomen in *Populär-wissenschaftliche Vorlesungen*, 1896 (P. W. V.);

Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt, 1883 (Mechanik);

Über Umbildung und Anpassung im naturwissenschaftlichen Denken, 1883 (U. A. N. D.), opgenomen in P. W. V.;

Die Analyse der Empfindungen und das Verhältnis vom Physischen zum Psychischen, 1885 (A. d. E.);

Das Prinzip der Vergleichung in der Physik, 1894 (P. V. P.), opgenomen in P. W. V.;

Die Prinzipien der Wärmelehre historisch-kritisch entwickelt, 1896 (Wärmelehre);

Erkenntnis und Irrtum, Skizzen zur Psychologie der Forschung, 1905 (E. u. I.);

Die Leitgedanken meiner naturwissenschaftlichen Erkenntnislehre und ihre Aufnahme durch die Zeitgenossen, 1910 (Leitgedanken), o.a. opgenomen in *Physikalische Zeitschrift* 11, 599, 1910;

Physikalische Optik, voorwoord gedateerd 1913, het werk verscheen echter pas na Mach's overlijden, in 1921 (P. O.).

5) Mach, A. d. E., 3e uitg. (1902), p. 23; *Leitgedanken*, *Phys. Zeitschr.* 11, 599, 1910.

6) A. Lampa, Ernst Mach (1918), p. 53.

7) H. Henning, Ernst Mach als Philosoph, Physiker und Psycholog (1915), p. V.

8) Mach, E. u. I., 1e uitg. (1905), p. VII.

9) Mach, A. d. E., p. 1 e.v.

10) Mach, A. d. E., p. 13.

11) Mach, A. d. E., p. 17; Vgl. ook U. A. N. D., in P. W. V., 4e uitg. (1910), p. 247 e.v.

12) Mach, Ö. N. P. F., in P. W. V., p. 221: „und bestätigt das Wort des kräftigen Denkers von den Willen, des sich das Intellect für seine Zwecke schuf". Men vatte hier „Wille" echter vooral niet metaphysisch op; vgl. A. d. E., p. 127: „Ich verstehe unter dem Willen kein besonderes psychisches onder metaphysisches Agens.Ich bin..... überzeugt, dasz die Willenserscheinungen aus den organisch-physischen Kräften allein..... begreiflich sein müssen".

13) Mach, A. d. E., p. 17.

14) Mach, A. d. E., p. 19.

15) Mach, E. u. I., p. VII.

16) Mach, A. d. E., p. 39.

17) Mach, E. u. I., p. 86 e.v.

18) Mach, A. d. E., p. 61: „Die Gespensterfurcht ist die wirkliche Mutter der Religionen. Weder die naturwissenschaftliche Analyse, noch die sorgfältige historische Kritik eines D. Strauss, Mythen gegenüber, welche für den kräftigen Intellect schon widerlegt sind, bevor sie noch erfunden wurden, werden diese Dinge plötzlich beseitigen und hinwegdecretiren. Was so lange einem wirklichen ökonomischen Bedürfnis entsprach und theilweise noch entspricht (Furcht eines Schlimmen, Hoffnung eines Bessern) wird in den dunkleren uncontrolirbaren instinctiven Gedankenreihen noch lange fortleben".

Vgl. ook *Mechanik*, 7e uitg. (1912), p. 443 en 444: „Die religiösen Ansichten bleiben jedes Menschen eigenste *Privatsache*, solange er mit denselben nicht aufdringlich wird und sie nicht auf Dinge überträgt, die vor ein anderes Forum gehören.Nur dann aber, wenn man dem Verstand und der Erfahrung freien Lauf lässt, wo sie *allein* zu entscheiden haben, werden wir uns hoffentlich zum Wohle der Menschheit langsam, allmählich aber sicher jenem Ideale einer

einheitlichen Weltanschauung näheren, welches allein verträglich ist mit der Ökonomie eines gesunden Gemüts”.

19) Vgl. E. Haeckel, *Freie Wissenschaft und freie Lehre*, p. 9 en 10: „Die allgemeine Entwicklungslehre..... nimmt an, dasz in der ganzen Natur ein groszer, einheitlicher, ununterbrochener und ewiger Entwicklungsvorgang stattfindet, und dasz alle Naturerscheinungen ohne Ausnahme, von der Bewegung der Himmelskörper und dem Fall des fallenden Sternes bis zum Wachsen der Pflanze und zum Bewusstsein des Menschen, nach einen und denselben groszen Kausalgesetze erfolgen, dasz alle schliesslich auf Mechanik der Atome zurückzuführen sind”.

20) Mach, *E. u. I.*, p. 104: „Indem nun der sehr vernünftige Versuch gemacht wird, die *ganze* Natur durch *einen* dem Forscher leichter verständlichen Teil zu begreifen, wird allmählich eine animistisch-dämonologische Naturmythologie durch eine Mythologie der Stoffe oder Kräfte, durch eine mechanisch-atomistische oder durch eine dynamische Naturmythologie gelöst. Vgl. ook *Ö. N. P. F.* in *P. W. V.*, p. 237.

21) Hoofdzakelijk wordt hier de uiteenzetting in Leitgedanken gevolgd. Zie ook *A. d. E.*, p. 6 e.v., p. 235 e.v.; *Mechanik*, p. 484.

22) Mach, *U. A. N. D.*, in *P. W. V.*, p. 263. Vgl. ook Leitgedanken a.w., p. 600.

23) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 217 e.v. Leitgedanken a.w., p. 600.

24) Mach, *A. d. E.*, p. 250.

25) Mach, *A. d. E.*, p. 252, 276.

26) Mach, *A. d. E.*, p. 32 e.v.

27) Mach, *P. V. P.* in *P. W. V.*, p. 282.

28) Mach, *E. d. A.*, p. 2.

29) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 237; zie ook noot 20.

30) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 235; *E. u. I.*, p. 426 e.v.

31) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 238.

32) Mach, *A. d. E.*, p. 239 e.v.

33) Mach, *U. A. N. D.*, in *P. W. V.*, p. 259.

34) Mach, *P. V. P.*, in *P. W. V.*, p. 274.

35) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 221; *U. A. N. D.*, in *P. W. V.*, p. 258.

36) Mach, *P. V. P.*, in *P. W. V.*, p. 272.

37) Mach, *E. d. A.*, p. 46.

38) Mach, *E. u. I.*, p. 10; *A. d. E.*, p. 276.

39) Mach, *Ö. N. P. F.*, in *P. W. V.*, p. 242.

40) Mach, *A. d. E.*, p. 252, 253.

41) Mach, *E. u. I.*, p. 441 e.v.

42) Mach, *Wärmelehre*, 2e uitg. (1900), p. 437.

43) Mach, *E. u. I.*, p. 271.

44) Mach, *A. d. E.*, p. 238.

- 45) Mach, E. u. I., p. 455.
 46) A. Lampa, Ernst Mach (1918), p. 58.
 47) Mach, A. d. E., p. 239, 249.
 48) Mach, Ö. N. P. F., in P. W. V., p. 242.
 49) Mach, E. u. I., p. 270, 271.
 50) Mach, Ö. N. P. F., in P. W. V., p. 243.
 51) A. Einstein, Ernst Mach, Nachruf, Physikalische Zeitschrift 17, 101, 1916. Zie ook Frank, Die Bedeutung der physikalischen Erkenntnistheorie Machs für das Geistesleben der Gegenwart, Die Naturwissenschaften 5, 69, 1917.

Zelfs M. Planck was gedurende eenige jaren (1885—1889) een belist aanhanger van Mach's ideeën, en erkent dat deze een sterken invloed op zijn physisch denken hebben geoeffend; zie Zur Mach'schen Theorie der physikalischen Erkenntnis, Physikalische Zeitschrift 11, 486, 1910. Later is hij onder de physici wel de meest krachtige bestrijder van Mach geworden; zie b.v. Wege zur physikalischen Erkenntnis (1933), p. 27 e.v. en p. 208 e.v.; ook het geciteerde artikel in Physikalische Zeitschrift 1910.

⁵²⁾ Zie b.v. P. Duhem, La théorie physique, 2e uitg. (1914), p. 218 e.v. De Deutsche vertaling van dit werk van Duhem werd door Mach van een „Woord vooraf” voorzien. Ook wijst Mach eenige malen op de overeenstemming tusschen zijn opvatting en die van Duhem (P. W. V., p. 425; Leitgedanken, p. 601). Toch is deze overeenstemming slechts zeer ten deele. Zij bestaat alleen daarin, dat Duhem aan de physische theorieën het karakter van een *verklaring*, in den zin van „dépouiller la *réalité* des *apparences* qui l'enveloppent comme des voiles, afin de voir cette *réalité* nue et face à face”, (a.w. p. 3) wil ontzeggen. Hij definieert daarom de physische theorie als „un système de propositions mathématiques, déduites, d'un petit nombre de principes, qui ont pour but de représenter aussi simplement, aussi complètement et aussi exactement que possible, un ensemble de lois expérimentales” (a.w. p. 24). Hij wenscht door deze phaenomenologische interpretatie te bereiken, dat de theoretische physica niet telkens weer, als in het verleden, door de metaphysica eener bepaalde philosophische school wordt overheerscht. Als geloovig Rooms-Katholiek (zie zijn artikel Physique de croyant, Annales de philosophie chrétienne 77, 44 en 133, 1905, opgenomen in de 2e druk van La théorie physique, p. 413) deelt hij echter geenszins Mach's afkeer van de metaphysica als zoodanig. Mach en Duhem ontmoeten elkaar eerst op het niveau der experimenteele empirie, zij komen daar echter langs geheel verschillende wegen, en gaan dan bovendien ook weer spoedig uiteen. Wel ziet Duhem in de reductie der vele experimenteele wetten tot eenige algemeene theoretische wetten een bijdrage tot de „économie intellectuelle” (p. 27) en citeert hij daarbij met zekere instemming Mach, maar hij vervolgt dan: „La théorie n'est pas seulement une repré-

sentation économique des lois expérimentales; elle est encore une *classification* de ces lois" (p. 30), en verder: „.....plus elle se perfectionne, plus nous pressentons que l'ordre logique dans lequel elle range les lois expérimentales est le reflet d'un ordre ontologique; plus nous soupçonnons que les rapports qu'elle établit entre les données de l'observation correspondent à des rapports entre les choses; plus nous devinons qu'elle tend à être une *classification naturelle*" (p. 35). Het schijnt hier alsof Duhem het vermoeden eener ontologische orde als *resultaat* van het fysisch onderzoek wil zien. Wij zijn van meening, dat het vertrouwen in zulk een orde aan het onderzoek vooraf gaat, en dan, maar dan ook alleen, door het onderzoek wordt versterkt en bevestigd. Elders blijkt, dat Duhem dit ook erkent: „En un mot, le physicien est forcé de reconnaître qu'il *serait déraisonnable de travailler au progrès de la théorie physique si cette théorie n'était le reflet, de plus en plus net et de plus en plus précis, d'une Métaphysique; la croyance en un ordre, transcendant à la Physique, est la seule raison d'être de la théorie physique*" (La valeur de la théorie physique, Revue générale des Sciences pures et appliquées, 19, 7, 1908, opgenomen in de 2e druk van La théorie physique, p. 509).

⁵³⁾ H. von Helmholtz, Natur und Naturwissenschaft, p. 205. Dezelfde opvatting ook bij G. Kirchhoff: „Das höchste Ziel, welches die Naturwissenschaften zu erstreben haben, aber niemals erreichen werden, ist die Ermittlung der Kräfte, welche in der Natur vorhanden sind und des Zustandes in dem die Materie in einem Augenblick sich befindet, mit einem Worte, die Zurückführung aller Naturerscheinungen auf die Mechanik". (Prorektoratsrede, Heidelberg 1865, in Populär-wissenschaftliche Vorträge I, p. 93).

Analoge strekking heeft de volgende uitspraak van Maxwell: „When a physical phenomenon can be completely described as a change in the configuration and motion of a material system, the dynamical explanation of that phenomenon is said to be complete. We cannot conceive any further explanation to be either necessary, desirable or possible, for as soon as we know what is meant by the words configuration, mass and force, we see that the ideas which they represent are so elementary, that they cannot be explained by anything else". (On the dynamical evidence of the molecular constitution of bodies, Nature 11, 357, 1875).

⁵⁴⁾ H. Poincaré, La science et l'hypothèse (1909), p. 110: „Les anglais enseignent la mécanique comme une science expérimentale; sur le continent on l'expose toujours plus ou moins comme une science déductive et à priori".

Vgl. E. du Bois-Reymond: „Natur-erkennen — genauer gesagt naturwissenschaftliches Erkennen —ist..... Auflösung der Naturvorgänge in Mechanik der Atome.Die Sätze der Mechanik sind mathematisch darstellbar und tragen in sich dieselbe

apodiktische Gewisheit wie die Sätze der Mathematik". (Über die Grenzen des Naturerkennens (uitg. 1898, p. 16).

Van een andere opvatting gaf G. Kirchhoff blijk, toen hij in zijn Vorlesungen über Mechanik (1876) de taak der mechanica omschreef als: „die in der Natur vor sich gehenden Bewegungen *vollständig* und auf die *einfachste* Weise zu beschreiben (p. III en 1). Deze sindsdien herhaaldelijk geciteerde uitspraak, wekte destijds een „allgemeines Erstaunen" (Boltzmann, gecit. door Mach P. V. P. in P. W. V., p. 266). Helmholtz sluit zich er echter in zijn voordracht „Die Tatsachen in der Wahrnehmung" (1878) bij aan (H. von Helmholtz, Schriften zur Erkenntnistheorie, p. 132).

De invloed van Mach's critiek op het apodictisch karakter der mechanische wetten uit zich o.a. in „Die Prinzipien der Mechanik" van H. Hertz (1894). Wel begint het „Woord vooraf" nog met de uitspraak „Alle Physiker sind einstimmig darin, dasz es die Aufgabe der Physik sei, die Erscheinungen der Natur auf die einfachen Gesetze der Mechanik zurückzuführen", maar onmiddellijk volgt dan: „Welches aber diese einfachen Gesetze sind, darüber herrscht heute nicht mehr die gleiche Einstimmigkeit" (p. XXIII). Den invloed van Mach erkent Hertz zelf op p. XXVI.

55) S. Günther, Geschichte der anorganischen Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert (1901), p. 25 e.v.; R. Wlassak, Ernst Mach, Gedächtnisrede (1917), p. 4; G. J. Sizoo, Fragmenten uit de geschiedenis der betrekkingen tusschen Natuurwetenschap en Religie, Orgaan Chr. Ver. van Natuur en Geneeskundigen, 1937, p. 1 e.v.

56) Heisenberg, geciteerd door W. Gerlach in M. Hartmann und W. Gerlach, Naturwissenschaftliche Erkenntnis und ihre Methoden, p. 25.

57) A. Einstein, Ernst Mach, Nachruf, Physikalische Zeitschrift 17, 101, 1916.

58) Mach, Mechanik, p. 233, 268, 271.

59) P. Jordan, Die Physik der 20. Jahrhunderts, p. 39.

60) C. F. von Weizsäcker, Die Naturwissenschaften 25, 107, 1937: „Das Sinnlosigkeitskriterium, das die moderne Physik anwendet, ist von der umgekehrten, positiven Art: sie verzichtet auf das Stellen einer Frage, wenn sie eine empirische positive Kenntnis besitzt, deren Formulierung als Naturgesetz logisch unvereinbar wäre mit der Annahme, die betreffende Frage sei durch empirische Methoden entscheidbar". „Die Verwandtschaft beider Denkweisen (n.l. die der theoretische physica en die van het positivisme) liegt nur in dem Prinzip auf gewisse Fragestellungen zu verzichten; der Unterschied ist aber, dasz die theoretische Physik auf eine Frage erst verzichtet, wenn sie weisz, dasz sie sinnlos ist, die positivistische Philosophie aber schon, wenn sie nicht weisz, dasz sie nicht sinnlos ist".

61) G. Hermann, E. May, Th. Vogel, Die Bedeutung der modernen Physik für die Theorie der Erkenntnis (1937), p. 74 e.v.

62) Mach vermijdt in zijn Mechanik het begrip massapunt en spreekt alleen over lichamen (Körper). Dat dit moeilijkheden medebrengt, blijkt uit zijn formuleering van de eerste ervaringswet der mechanica, n.l.: „Gegenüberstehende Körper bestimmen unter gewissen, von der Experimentalphysik anzugebenden Umständen aneinander entgegengesetzte Beschleunigungen nach der Richtung ihrer Verbindungslinie” (p. 241). Het is echter duidelijk, dat men bij twee lichamen, die altijd een zekere uitgebreidheid bezitten, niet van *de* verbindingslijn kan spreken. Men houde ook in het oog, dat „Körper” ook hier volgens Mach zelf (vgl. p. 484) beteekent: „eine verhältnismässig beständige Summe von Tast- und Lichtempfindungen, die an denselben Raum- und Zeitempfindungen geknüpft ist”.

63) Mach, Mechanik, p. 242.

64) Vgl. ook Moritz Schlick, Allgemeine Erkenntnislehre, p. 91 en 92.

65) Mach, Wärmelehre, p. 431.

66) Zie b.v. M. Planck, Ann. d. Phys. 57, 72, 1896; L. Boltzmann, Ann. d. Phys. 57, 39, 1896; 58, 595, 1896; 60, 231, 1897; 61, 790, 1897; W. Ostwald, Ann. d. Phys. 59, 154, 1896; P. Volkmann, Ann. d. Phys. 61, 196, 1897.

67) Jordan, a.w., p. 32: „Gegen die Anerkennung des Newtonschen oder des ihm ähnlichen Coulombschen Gesetzes als eines unableitbaren physikalischen Elementargesetzes sträubte sich nicht nur eine durch die materialistische Philosophie geschulte Denkweise, sondern auch ein physikalischer Instinkt, der der Natur die tiefere Bedeutung der physikalischen Nahwirkungsgesetze gegenüber den Fernwirkungsgesetzen abgelauscht hatte”.

Deze gedachtengang is zeer typisch in den geest van Mach. De door de materialistische filosofie geschoolde denkwijze en het physisch instinct werkten op dit punt samen, maar later blijkt, dat de *denkwijze* fout was, terwijl het *instinct* gelijk krijgt. Vgl. Mach: „Nicht das mit Bewusstsein erworbene allein, sondern der stärkste intellektuelle Instinkt, verbunden mit bedeutender begrifflicher Kraft, machen den grossen Förscher aus” (Ö. N. P. F., in P. W. V., p. 221).

68) Op 28 November 1908 teekende Van 't Hoff in zijn dagboek aan: „Ostwald besuchte mich. Er ist zur Molekel bekehrt”. (E. Cohen, Jac. Henr. van 't Hoff, 1912, p. 572). Vgl. W. Ostwald, Grundrisz der allgemeinen Chemie, 4e uitg., 1909, voorrede gedat. Nov. 1908: „Ich habe mich überzeugt, dasz wir seit kurzer Zeit in den Besitz der experimentellen Nachweise für die diskrete oder körnige Struktur der Stoffe gelangt sind, welche die Atomhypothese seit Jahrhunderten, ja Jahrtausenden vergeblich gesucht hatte.

.....Damit ist die bisherige atomistische Hypothese zum Range einer wissenschaftlich wohlbegründeten Theorie aufgestiegen".

69) Mach, Leitgedanken, Physikalische Zeitschrift 1910, p. 603; P. O., p. VIII.

70) O.a. N. Bohr, Atomtheorie und Naturbeschreibung (1913).

71) Jordan, a.w., p. 123.

72) Mach, P. O., p. 3.

73) Mach, Mechanik, 5e uitg. 1904, p. 532.

74) Jordan, a.w., p. 119.

75) Jordan, a.w., p. 96 en 123. In de eerste der twee hier bedoelde passages bespreekt Jordan de quantenmechanica. Hij ziet in deze, door Heisenberg het eerst opgestelde theorie, weer één van de meest typische voorbeelden van de „positivistische bescheidenheid" van de moderne physica. De opzet dezer theorie bedoelde namelijk „Grundlagen zu gewinnen für eine quanten-theoretische Mechanik, die ausschliesslich auf Beziehungen zwischen prinzipiell beobachtbaren Gröszen basiert ist" (Heisenberg, Zeitschr. f. Phys. 33, 879, 1925). Schrödinger doelt dan ook o.a. op Heisenberg, Born en Jordan, wanneer hij schrijft: „Es gibt heute nicht wenige Physiker, welche ganz im Sinne von Kirchhoff und Mach die Aufgabe der physikalischen Theorie lediglich in einer *möglichst sparsamen* mathematischen Beschreibung der empirischen Zusammenhänge zwischen beobachtbaren Gröszen erblicken, d.h. einer Beschreibung welche den Zusammenhang möglichst ohne Vermittlung prinzipiell unbeobachtbarer Elemente wiedergibt". (Ann. d. Phys. 79, 751, 1926).

Men besluite echter niet te spoedig, dat de hier bedoelde tendens der moderne physica geheel „in den zin van Mach" is. De „beobachtbare Gröszen", die Heisenberg bedoelt, zijn „frequenties" en „intensiteiten" van spectraallijnen en de onafhankelijk van de spectroscopie, b.v. door proeven over electronenbotsingen, vaststelbare „energie-niveaux". Er is geen bezwaar tegen deze grootheden „beobachtbar" te noemen, als men maar goed bedenkt, dat „beobachtbar" dan slechts beteekent, dat de *aan deze theoretische begrippen beantwoordende getalwaarden met zekere benadering uit de resultaten van physische metingen kunnen worden gededuceerd*. Het wordt echter wel bedenkelijk, wanneer Jordan het begrip „Beobachtung" in den hier bedoelden zin in één adem gebruikt met het begrip „Erlebnis", vooral als dit dan nog bovendien geschiedt in het kader eener pleitrede voor Mach, bij wien „Erlebnis" steeds „sinnliches Erlebnis" beteekent.

76) O.a. P. Duhem, a.w., noot 52. Zie ook M. Hartmann, Philosophie der Naturwissenschaften, 1937.

77) Jordan, a.w., p. 135 en 136. In verband met deze passages rijst de vraag of Jordan inderdaad van meening is, dat het positivisme, dat hij hier bedoelt, nog steeds hetzelfde is, als hetgeen hij

15515-4

eerder met „physisch” positivisme heeft aangeduid, en dat met het „geisteswissenschaftliche” positivisme niets te maken zou hebben (p. 32).

⁷⁸⁾ Jordan, *Physikalisches Denken in der neuen Zeit*, p. 40 en 46.

⁷⁹⁾ Vgl. A. Kuyper, *Souvereiniteit in eigen kring*, rede ter inwijding der Vrije Universiteit, 20 Oct. 1880.



net het
hebben

40 en

inwij-

493-0931



