

Philipp A. Kohnstamm en de “ijzeren” natuurwetten

1. *Inleiding*

Zijn wij bepaald door onze genen of hersenen? Bepalen chemische en elektrische processen in de hersenen wat wij voelen en willen? In hoeverre leidt de natuurwetenschap tot een reductionistisch en deterministisch wereldbeeld? Leidt dit tot fatalisme: zo ben ik, ik kan nu eenmaal niet anders, of hebben wij een vrije wil?

Het heersende principe in het huidige wetenschappelijke klimaat is, dat de mens beschouwd kan worden als een ingewikkelde machine, waarin ons handelen en willen bepaald worden door de chemische en elektrische processen in ons lichaam. Dit is een vorm van determinisme¹. Het filosofische principe van het determinisme wordt gevonden door de gehele menselijke geschiedenis heen. Het is vaak gemotiveerd door religie: het is de wil van de goden of de schikgodinnen, het lot of het noodlot (de Stoa). Het bovengenoemde determinisme wordt echter gemotiveerd door een materialistisch standpunt en is vooral de laatste 200 jaar invloedrijk geworden door de resultaten van de natuurwetenschap. In paragraaf 2 beschrijf ik de opkomst van dit “natuurwetenschappelijke determinisme” en vervolgens hoe dit de Nederlandse kerk van de negentiende eeuw diepgaand beïnvloed heeft, omdat het een aanleiding was voor de opkomst van de moderne theologie (§3). Binnen dit klimaat van het natuurwetenschappelijke determinisme groeide de atheïstische student in de fysica Philipp Abraham Kohnstamm (1875-1951) op (§4). Hij is vooral bekend geworden als pedagoog, maar al voor zijn bekering tot het christendom heeft hij twijfels over het determinisme. In zijn verdere leven is hij bezig geweest om het determinisme te weerleggen. In deze bijdrage richt ik mij op zijn eerste argumenten om het determinisme te weerleggen (§5). Kohnstamm is op dat moment nog hoogleraar in de fysica en geeft argumenten vanuit de natuurwetenschap zelf om de onhoudbaarheid van het determinisme aan te tonen. Die benadering is in die tijd uniek, omdat de tegenargumenten tot die tijd vooral uit de filosofie en de theologie kwamen.

1 Determinisme is een filosofisch concept dat stelt dat elke gebeurtenis of stand van zaken veroorzaakt is door eerdere gebeurtenissen volgens de causale wetten die de wereld regelen en beheersen.

2. Opkomst van het wetenschappelijke determinisme

In de zeventiende eeuw vindt er een omslag plaats in de wetenschappelijke bestudering van de natuur². In plaats van de vraag welke machten en krachten een beweging beheersen, richt men zich op het zo nauwkeurig mogelijk beschrijven van de bewegingen. Deze manier van kijken naar de natuur wordt ingezet met Kepler (1571-1630) bij zijn beschrijving van de planeetbanen met behulp van slechts twee wetten. Enkele jaren lukt het Galileo Galilei (1564-1642) om theoretisch de valbeweging van een object (verplaatsing, versnelling en valtijd) met eenvoudige regels te beschrijven. Hij ontdekt dat die regels steeds weer blijken te gelden. De uitzonderingen weet hij te verklaren door storende omstandigheden (bij voorbeeld de luchtweerstand). Isaac Newton (1642-1727) weet de beweging in de hemel (planetenbeweging van Kepler) en bewegingen op aarde (valbeweging van Galilei) met elkaar te verbinden door af te leiden, dat zij beide beschreven kunnen worden door middel van drie natuurwetten: de drie bewegingswetten van Newton.

Wat voor planeten en vallende stenen geldt, zou theoretisch uitgebreid kunnen worden tot elke atoom in de werkelijkheid om ons heen. Zo is het niet verwonderlijk dat langzamerhand de gedachte opkomt dat de gehele werkelijkheid gedetermineerd is door bovenstaande drie natuurwetten. De eerste gepubliceerde uiting van dit wetenschappelijke determinisme vinden we in 1814 van de hand van de Franse wiskundige en astronoom Pierre Simon de Laplace (1749-1827). Hij stelt:

Een geest die voor één bepaald ogenblik alle krachten zou kennen en de wederzijdse ligging van de deeltjes waaruit de wereld bestaat, zou als hij verder omvangrijk genoeg was om dit vraagstuk wiskundig te behandelen, in dezelfde formule de bewegingen van het grootste hemellichaam en van het lichtste atoom opnemen: niets zou voor hem onzeker zijn. Toekomst en verleden zouden voor zijn blik openliggen³.

Laplace postuleert in dit gedachte-experiment de mogelijkheid van een wezen dat zo intelligent is dat hij van elk atoom de precieze locatie en snelheid kent en daarmee zowel het verleden als de toekomst volledig kan 'uitrekenen'. Wanneer men dus de theoretische mogelijkheid van het bestaan van zo een wezen aanvaardt, erkent men de juistheid van het wetenschappelijke determinisme.

2 Ph.A. Kohnstamm, 'Ontwikkeling en ontroning van het begrip natuurwet', *Synthese* 3, 2 (1916), 53-80. Kohnstamm, *Mensch en wereld*, Amsterdam: Scheltema en Holkema's boekhandel en uitgeverijmaatschappij, 1947, 81-91. Ph.A. Kohnstamm, *Vrije wil of determinisme: een mathematisch-fysische en kennistheoretische uiteenzetting voor juristen, paedagogen, theologen en andere niet-fysici*. Haarlem: Tjeenk Willink 1947, 34-62.

3 Kohnstamm, 'Ontwikkeling en ontroning van het begrip natuurwet', 72.

Door verschillende wetenschappelijke ontdekkingen gedurende de negentiende eeuw komt er steeds meer geloof in de juistheid van het postulaat van Laplace⁴. Allereerst de fysiologie: zo bleek een dode kikker bij stimulatie van bepaalde zenuwen bewegingen te kunnen vertonen, terwijl zijn kop verwijderd was. Dit suggereerde dat alle bewegingen bepaalde reflexmatige reacties waren op bepaalde stimuli. Ten tweede in de fysica. H. Helmholtz toonde in 1847 aan dat de wet van behoud van energie niet alleen voor de anorganische natuur, maar ook voor de organische natuur gold. De gedachte van een vrije wil die zou inwerken op de hersenen zou daarmee een schending van een natuurwet inhouden. Ten derde in de chemie. Het bleek mogelijk, in een laboratorium ureum te synthetiseren, welke stof tot dan toe alleen door de menselijke lever gemaakt kon worden. Hieruit bleek dat er geen kloof meer was tussen de chemie van een levend wezen en de chemie van het laboratorium. De mens leek daarmee simpelweg een ingewikkelde machine. Een laatste, misschien wel grootste factor was de evolutietheorie van Charles Darwin: de mens stond hierdoor niet meer boven de natuur als een superieur wezen, maar was er uit voortgekomen.

Dit alles leidde tot een wetenschappelijk monisme: alle wetenschap kan gereduceerd worden tot één wetenschappelijke methode om de gehele werkelijkheid te beschrijven. Psychologie is ten diepste biologie, die weer gebaseerd wordt op chemie, die uiteindelijk neerkomt op fysica: de beweging van atomen.

3. *Het wetenschappelijke determinisme en de (moderne) theologie*

Na 1846 vindt er een kleine revolutie plaats aan de Utrechtse filosofische faculteit⁵. De kersverse hoogleraar in de filosofie C.W. Opzoomer (1821-1892) probeert in zijn monistische systeem een eenheid te vinden tussen geloven en weten. God staat niet tegenover de natuur, veeleer is de gehele natuur in God. En zo is elk ingrijpen van God in de natuur, als van buiten af, uitgesloten⁶. Alles wordt beheerst door de natuurwetten en daarmee wordt alles noodzakelijk. Alles wordt door God gedacht en gewerkt en Hij doet dat noodzakelijkerwijs. God omringt ons met noodzakelijkheid.

J.H. Scholten (1811-1885) wordt sterk beïnvloed door Opzoomer. Scholten neemt langzamerhand het monisme van de axiomatische methode op in zijn

4 J.A. Passmore, *A Hundred Years of Philosophy*, Harmondsworth: Penguin 1980, 33-45. J.D. Bierens de Haan, *Hoofdfiguren der geschiedenis van het wijsgerig denken, Dl. II, De strijd tusschen idealisme en naturalisme in de negentiende eeuw*. 2^e dr., Haarlem 1950, 80-93.

5 K.H. Roessingh, *De moderne theologie in Nederland. Hare voorbereiding en eerste periode*, Erven B. van der Kamp, Groningen, 1914, 106-117.

6 A.J. Rasker, *De Nederlandse Hervormde Kerk vanaf 1795. Haar geschiedenis en theologie in de negentiende en twintigste eeuw*, Kampen 1974, 114.

theologische denken wanneer hij zijn theologie filosofisch wil funderen⁷. In 1848 schrijft hij het eerste deel van zijn dogmahistorische studie: *De leer van de hervormde kerk, in hare grondbeginselen uit de bronnen voorgesteld*. In de latere drukken is het boek steeds meer gefundeerd op een wijsgerig-monistische denkwijze waarin alles als noodzakelijk wordt gezien. Deze manier van denken past precies bij het wetenschappelijke determinisme dat het beeld oproept van een streng gedetermineerde wereld, waarin alles volgens onveranderlijke wetten onverbiddeijk verloopt en waarin voor een ingrijpen van God of een vrije wil van de mens geen plaats is, omdat God alles noodzakelijkerwijs leidt. Scholten neemt daardoor het natuurwetenschappelijke determinisme op als medeonderbouwing van zijn theologie waarin alles noodzakelijk is. Zijn dogmatiek wordt een van de meest gelezen en invloedrijke theologische boeken in ons land in de negentiende eeuw en is mede oorzaak van het ontstaan van de moderne theologie⁸. Zo werkt het natuurwetenschappelijk determinisme dat alles bepaald is door (Gods) wetten, uiteindelijk door in de Nederlandse kerk. Het ligt mede ten grondslag aan de richtingsstrijd die zo kenmerkend wordt voor de Nederlands Hervormde kerk in de tweede helft van de negentiende eeuw⁹.

4. Philipp Abraham Kohnstamm (1875-1951)

Halverwege de tweede helft van de negentiende eeuw wordt Philipp Abraham Kohnstamm geboren. Van zijn persoonlijke leven is veel bekend. Dit is vooral te danken aan een boekje van 48 bladzijden uit 1934 van zijn eigen hand: *Hoe mijn bijbels personalisme ontstond*.¹⁰ Hierin beschrijft hij hoe hij de overgang maakte van het wetenschappelijke determinisme tot uiteindelijk het christelijke geloof.

Kohnstamm wordt in 1875 in Duitsland geboren, als derde kind en enige zoon van de bankier Max Kohnstamm en Sarah Wertheim. Zijn moeder was een zuster van de bekende Amsterdamse bankier A.C. Wertheim naar wie het Wertheimpark in de Amsterdam is genoemd. Gedwongen door een langdurige psychische ziekte van zijn vader verhuisde zijn moeder met de kinderen naar Nederland. Kohnstamm was van Joodse afkomst, maar aan het joodse geloof werd niet veel gedaan¹¹. Philipp wist dan ook niets van de

7 Ibidem, 115. Antonie Vos, 'Mr. Cornelis Willem Opzoomer: een stormachtige entree op het filosofisch toneel: de jaren 1845-1847', pp. 35-61 in: *Geschiedenis van de wijsbegeerte in Nederland: documentatieblad van de Werkgroep "Sassen"*, 2002.

8 Roessingh, *De moderne theologie in Nederland*, 117-146.

9 A. Vos, 'De onbetaalde rekening van de moderne theologie', *Theologisch Debat*, 2 (2008), 29-35.

10 Kohnstamm, *Hoe mijn 'Bijbels personalisme' ontstond*, Haarlem 1934.

11 J.L. Wertheim, een broer van Kohnstamms moeder, was goed bevriend met Douwes Dekker en vertaalde *Nathan der Weise*, een werk van Lessing, in het Nederlands (ibidem, 10).

Bijbel: ‘...ik kan mij niet herinneren vóór mijn twintigste jaar een Bijbels verhaal te hebben gehoord, laat staan een Bijbel in de hand te hebben gehad’¹².

Na zijn HBS-tijd gaat Kohnstamm in 1893 natuurkunde studeren aan de Gemeentelijke Universiteit. Hij is dan overtuigd materialist in de geest van Laplace en het stond het voor hem nog als een paal boven water dat één van de stellingen van zijn promotie, in navolging van Laplace, zou luiden: God is een hypothese die de natuurwetenschap niet nodig heeft¹³.

Zijn leermeester in de natuurkunde is J.D. van der Waals, de theoretisch fysicus en latere winnaar van de Nobelprijs voor de natuurkunde. Zijn dissertatie uit 1873, *Over de continuïteit van den gas- en vloeistofoestand*, maakte hem in één klap beroemd. De Britse fysicus James Clerk Maxwell schreef in 1875 dat het proefschrift van Van der Waals menig buitenlands onderzoeker zou aansporen Nederlands te leren en de Duitse natuurkundige Voigt verklaarde later dat de geniale dissertatie van Van der Waals het begin was van de opkomst van Nederland als grootmacht op het gebied van de fysica¹⁴. Kohnstamm schrijft over de invloed van Van der Waals:

Ik kwam in nauwe aanraking met een natuuronderzoeker van de allereerste rang en een karakter, zo louter als goud, dat van geen spoortje transigeren met de waarheid wilde weten. En, hoe moest ik dat begrijpen, ook die man was een, zij het zwijgende getuige voor dat Christendom, waaraan ik meende achteloos te mogen voorbij gaan als een lang verouderd standpunt.¹⁵

Volgens Van der Waals was er een groot verschil tussen wiskundigen en natuurkundigen: ‘...een wiskundige wil de natuur altijd forceren en fatsoeneren naar zijn idee. We hebben wel honderd experimentatoren nodig om één wiskundige te dwingen in het gareel te blijven’.¹⁶ Kohnstamm merkt naar aanleiding van deze woorden op dat de wiskundige zich bezig houdt met de scheppingen van zijn eigen geest. Voor hem is het niet nodig om buiten zichzelf te gaan en zich te onderwerpen aan een controle, of een norm.

Vandaar die eigenaardige rationalistische, bijna tirannieke geesteshouding, die de zuivere wiskundige zo vaak kenmerkt. Hij heerst over zijn denkbeelden en wil zo ook de mensen en de dingen om zich heen beheersen, die hij evenals zijn formules en constructies ziet in uiterst vereenvoudigde, voor de ratio pasklaar gemaakte gedaante. Maar de fysicus weet,

12 Ibidem, 10.

13 Kohnstamm, ‘Natuurwetenschap en wereldbeschouwing’, *Onze eeuw* 13, 1 (1913), 195-216.

14 K. van Berkel, *In het voetspoor van Stevin. Geschiedenis van de natuurwetenschap in Nederland 1580-1940*, Amsterdam 1985, 144.

15 Kohnstamm, *Hoe mijn ‘bijbels personalisme’ ontstond*, 17-18.

16 Ibidem, 9.

dat elk van zijn constructies slechts benadering is, dat hij elke stap moet toetsen aan het experiment, dat er een macht is waarvoor hij deemoedig moet buigen en die hem telkens weer van zijn kortzichtigheid getuigt.¹⁷

Deze visie op de natuurkunde neemt Kohnstamm van Van der Waals over en daarmee is Kohnstamms strijd tegen het determinisme niet meer verwonderlijk. De grondgedachte van het determinisme is immers dat alles met formules vast te leggen en te beschrijven is.

Kohnstamm kwam vaak bij Van der Waals thuis. Daar ontmoette hij ook de hoogleraar in de theologie Pierre Daniel Chantepie de la Saussaye, die een innige vriendschap met Van der Waals onderhield. In deze tijd bekeert hij zich tot het christendom. In 1911 behoort hij naar eigen zeggen tot de ethische richting, wat niet verwonderlijk is gezien het feit dat Chantepie de la Saussaye daar één van de voormannen van was. In 1917 wordt hij gedoopt in de Hervormde kerk van Nieuw-Dordrecht die hem, ondanks de geschillen, die haar verscheurden, als volkskerk lief was¹⁸.

In 1908 volgt Kohnstamm Van der Waals op als hoogleraar aan de universiteit van Amsterdam. Een jaar eerder is Kohnstamm al privatdocent in de filosofie. Gedurende zijn studie natuurkunde volgde Kohnstamm colleges wijsbegeerte bij de hoogleraar Bellaar Spruyt en Kohnstamm bewerkt de aantekeningen die Spruyt voor zijn colleges gebruikte tot een geschiedenis van de wijsbegeerte.¹⁹

Kohnstamm begint als materialist. Echter, juist door zijn studie van de natuurkunde groeit bij hem het besef dat het materialisme te beperkt is om de werkelijkheid te beschrijven. Hij herziet zijn denken en wordt aanhanger van het transcendentiaal idealisme.²⁰ Ten slotte wendt hij zich tot het christendom.

5. Argumenten tegen het determinisme vanuit de fysica

5.1 Inleiding

In 1908 schrijft Kohnstamm zijn eerste artikel tegen het determinisme. Gedurende zijn leven zal hij meer dan 500 bladzijden expliciet aan dit thema

17 Ibidem, 9.

18 Ibidem, 36.

19 C.B. Spruyt, *Geschiedenis der wijsbegeerte*, naar dictaten van wijlen prof. C.B. Spruyt. Bezorgd door Ph. Kohnstamm en J.D. van der Waals jr. Haarlem 1904.

20 Kohnstamm, 'Transcendenteel Idealisme', *Tijdschrift voor wijsbegeerte*, 1 (1907), 24-63. Zie over het transcendentiaal idealisme: F. Sassen, *Wijsgeerig leven in Nederland in de twintigste eeuw*, Amsterdam 1941, 91-98.

wijden.²¹ Het determinisme (en het daaruit voortvloeiende materialisme als levensbeschouwing) is volgens Kohnstamm vanuit de natuurkunde en de filosofie te bekritisieren. Vanuit de natuurkunde kan aangetoond worden dat het determinisme *niet dwingend waar hoeft te zijn*. Vanuit de filosofie is het mogelijk om aan te tonen dat het determinisme *onjuist is*. In zijn eerste periode zal hij zich als hoogleraar in de fysica vooral richten op de fysische argumenten en deze zal ik in het vervolg van het artikel bespreken.

5.2 IJzere natuurwetten

Als aangenomen mag worden dat de werkelijkheid uit een eindig aantal elementen (atomen) is opgebouwd die zich volgens bepaalde natuurwetten gedragen, dan is de werkelijkheid principieel een rekensom. Kohnstamm definieert een ‘natuurwet’ als:

datgene wat volkomen exact aangeeft, welke bepaalde gebeurtenissen op deze bepaalde gebeurtenis moet volgen. Met andere woorden: de natuurwet leert ons nauwkeurig berekenen wat op tijdstip t_2 gebeurt, als op het tijdstip t_1 die en die toestanden heersen.²²

Er zijn echter talloze natuurwetten en de vraag is, welke daarvan bij deze rekensom gebruikt worden. In zijn eerste geschriften analyseert Kohnstamm nauwkeurig welke wetten nu eigenlijk een rol spelen en de werkelijkheid ‘determineren’. Dit vormt de basis voor zijn geschriften over het determinisme tussen 1908 en 1926. In 1921 komt hij tot de meest verfijnde indeling en onderscheidt hij vier verschillende typen natuurwetten²³:

1. Vrijheid beperkende wetten (wet van behoud van massa en energie)
 2. Ideale benaderingsregels (bijvoorbeeld, wet van Hooke, of wet van Boyle)
 3. Empirische wetten: de tweede wet van de thermodynamica
 4. Determinerende wetten (de drie wetten van Newton)
- Deze vier typen zal ik vervolgens bespreken.

21 Kohnstamm, *Determinisme en natuurwetenschap*. Amsterdam 1908. Inaug. rede Amsterdam U.v.A. Kohnstamm, *Warmteleer*, Amsterdam: Maatschappij voor goede en goedkope lectuur, Wereldbibliotheek 1915. Kohnstamm, ‘Ontwikkeling en onttroning van het begrip natuurwet’, *Synthese* 3, 2 (1916), 53-132. Kohnstamm, ‘Over natuurwetten, wetmatigheid en determinisme’, *Onze eeuw* 21, 4 (1921), 292-336. Kohnstamm, *Vrije wil of determinisme: een mathematisch-fysische en kennistheoretische uiteenzetting voor juristen, paedagogen, theologen en andere niet-fysici*. Haarlem: Tjeenk Willink 1947. Kohnstamm & H.J. Pos, ‘Determinisme en causaliteit’, *Algemeen Nederlands tijdschrift voor wijsbegeerte en psychologie* 20, II (1951), 92-107. Daarnaast komt het determinisme ook uitgebreid ter sprake in zijn filosofische werken, vooral Kohnstamm, *Het Waarheidsprobleem. Grondleggende kritiek voor het christelijk waarheidsbewustzijn*. Schepper en schepping. Een stelsel van personalistische wijsbegeerte op bijbelschen grondslag 1, Haarlem 1926, 147-182. Kohnstamm, *Mensch en wereld*, Haarlem 1926, 53-60, 100-122.

22 Kohnstamm, ‘Psychologie en logica’, *Tijdschrift voor wijsbegeerte*, 1 (1907), 420.

23 Kohnstamm, ‘Over natuurwetten, wetmatigheid en determinisme’, *Onze eeuw* 21, 4 (1921), 4-19.

5.2.1 *Vrijheid beperkende wetten*

De wet van behoud van energie (de eerste wet van de thermodynamica) stelt dat de hoeveelheid energie in een gesloten systeem gelijk blijft. Volgens het determinisme geldt deze wet ook voor de hersenen en wordt daardoor het ingrijpen van een vrije wil op de hersenen uitgesloten.²⁴ Kohnstamm maakt duidelijk dat dit geen geldig argument is. De wet van behoud van energie (en ook de wet van behoud van massa) geeft slechts een randvoorwaarde aan (de totale hoeveelheid in een gesloten systeem blijft constant), maar determineert de realiteit niet. Hij maakt dit duidelijk met twee voorbeelden.²⁵ Hij wijst op het afschieten van een kogel loodrecht naar boven. Bij het wegschieten heeft de kogel maximale bewegingsenergie (kinetische energie), maar vanwege de zwaartekracht verliest de kogel snelheid (kinetische energie) en deze energie wordt omgezet in zogenaamde potentiële energie, zodat voldaan wordt aan de eerste wet van de thermodynamica: Totale energie = kinetische + potentiële energie = constant. Stel nu echter dat het onwaarschijnlijke gebeurt dat, bijvoorbeeld door het vrije wilsbesluit, de kogel op het hoogste punt niet direct naar beneden valt, maar tijdelijk stil in de lucht blijft hangen, dan zou dit niet in strijd zijn met de eerste wet van de thermodynamica. De totale hoeveelheid energie blijft immers constant. Een ander voorbeeld: een kanonskogel wordt op een doel afgevuurd, maar na een bepaalde afstand te hebben afgelegd, buigt de kogel opeens opzij en zet in een nieuwe richting zijn loop voort. Deze beweging is onwaarschijnlijk, maar opnieuw niet in strijd met de eerste wet van de thermodynamica.

Wat Kohnstamm met deze voorbeelden wil duidelijk maken is dat de wet van energiebehoud de precieze beweging van bijvoorbeeld een kogel niet bepaalt (determineert). Theoretisch is het dus goed mogelijk dat, bijvoorbeeld, een vrij wilsbesluit invloed heeft op de beweging van hersenatomen zonder dat er energie bij komt of verdwijnt. De wetten van behoud van energie en massa moeten daarom worden beschouwd als een ‘vrijheidsbeperkende’ wetten.²⁶ Ze determineren de werkelijkheid niet, maar geven slechts randvoorwaarden waaraan een systeem moet voldoen. De wetten zijn te vergelijken met de regels van het schaakspel. Zij geven aan welke bewegingen de schaakstukken mogen maken, maar het spel zelf wordt er niet door gedetermineerd, zodat elk spel oneindig veel mogelijkheden in zich bergt. De wet van behoud van energie of massa speelt dus geen rol in de discussie rond determinisme en vrije wil.²⁷

24 Kohnstamm, *Determinisme en natuurwetenschap*, 9.

25 *Ibidem*, 10-14.

26 Kohnstamm, *Warmteleer*, Amsterdam: Wereldbibliotheek 1915, 55-58.

27 Kohnstamm, *Determinisme en natuurwetenschap*, 15.

5.2.2 *Ideale benaderingsregels*

Volgens Kohnstamm zijn de meeste natuurkundige wetten te beschouwen als ideale benaderingsregels. Dit zijn natuurwetten die bij experimentele toetsing nooit precies blijken te kloppen en slechts hulpmiddelen voor de fysicus zijn om generalisaties in de werkelijkheid aan te kunnen brengen. De werkelijkheid is te ingewikkeld en om er nog enigszins grip op te krijgen, versimpelt de fysicus de werkelijkheid door een ‘eerste benadering’ toe te passen.²⁸ Zo zegt de wet van Boyle hoe een ideaal gas zich gedraagt bij verschillende druk en temperatuur. Vraagt men nu wat een ideaal gas precies is, dan is het antwoord: ‘een gas dat de wet van Boyle volgt’.²⁹ In werkelijkheid is er dus nooit een gas dat de wet van Boyle volgt, simpelweg, omdat ideale gassen niet bestaan. Het is slecht een eerste benadering. Hetzelfde geldt voor de wet van Hooke, die stelt dat de uitrekking van een veer evenredig is met de kracht die de uitrekking veroorzaakt. Er is echter geen veer op deze aarde waarbij de uitrekking precies evenredig is met de uitgeoefende kracht. Er zijn altijd kleine afwijkingen en daarom moet ook de wet van Hooke gezien worden als een hulpmiddel voor het denken. Deze ‘ideale benaderingsregels’ worden in andere vakgebieden veel gebruikt. Zo spreekt de economie over de ‘economische’ mens. In de geneeskunde spreekt men over het ‘normale’ ziektebeeld, of over een ‘normale’ reactie. Het zijn slechts benaderingen om grip te krijgen op de werkelijkheid. Vele natuurkundige wetten zijn dus ook slechts “eerste benaderingen” van de werkelijkheid en geen ijzeren natuurwetten, die de werkelijkheid determineren.

5.2.3 *de tweede wet van de thermodynamica*

In 1908 werd Kohnstamm benoemd tot buitengewoon hoogleraar in de thermodynamica. In zijn geschriften over het determinisme schrijft hij veel over de tweede wet van de thermodynamica.³⁰ Deze wet luidt: ‘alle veranderingen in de wereld hebben zo plaats dat de entropie toeneemt’. De entropie is een functie die een maat geeft voor de orde in een systeem.³¹ Ieder fysisch sys-

28 Ibidem, 10.

29 Ibidem, 7.

30 Kohnstamm bespreekt deze wet meerdere keren uitgebreid: Kohnstamm, *Determinisme en natuurwetenschap*. Amsterdam 1908. ‘Ontwikkeling en ontroning van het begrip natuurwet’, *Synthese* 3, 2 (1916). ‘Over natuurwetten, wetmatigheid en determinisme’. *Onze Eeuw* 21, 4 (1921). De beste en meest uitgebreide uitleg geeft hij in: Kohnstamm, *Warmteleer*, Amsterdam: Maatschappij voor goede en goedkope lectuur, Wereldbibliotheek 1915, 59-128, 199-235. In zijn *Vrije wil of determinisme uit 1947* merkt hij op dat hij aan de gedachtegang van zijn *warmteleer* niets heeft toe te voegen (186).

31 De entropie (S) wordt alleen gedefinieerd door zijn verandering dS. dS is de hoeveelheid energie van het systeem die wordt opgenomen (dq) bij een verandering, gedeeld door de temperatuur T. In formulevorm: $dS=dq/T$. De verandering in entropie dS is altijd groter of gelijk aan nul. Dit laatste is echter niet een keiharde wet. Er kunnen perioden zijn, ook al is het onwaarschijnlijk, waarbij de entropie kleiner wordt.

teem streeft naar een maximale wanorde (maximale entropie). De wet geeft dus de richting aan, hoe een proces verloopt. Wanneer in een afgesloten kamer een hoeveelheid gas wordt vrijgelaten, zullen de gasmoleculen zich na verloop van tijd niet alleen in een hoekje van de kamer bevinden, maar zich verdelen over de gehele kamer (dit komt overeen met de maximale entropie).

Kohnstamm classificeert de tweede wet van de thermodynamica niet als een wet, maar als een waarschijnlijkheidsregel, die aangeeft wat er bij zeer grote verzamelingen deeltjes over het algemeen gebeurt. Een overschrijding van de regel is dus niet onmogelijk, maar alleen zeer zeldzaam.³² Een vergelijking kan getrokken worden met de sociologie. Deze wetenschap beschrijft het algemene gedrag van grote groepen mensen. Binnen deze groepen zullen er altijd individuen zijn die zich totaal anders gedragen dan de massa. In zeldzame gevallen kan het wel eens gebeuren dat de gehele groep zich plotseling zeer onwaarschijnlijk gedraagt. De tweede wet van de thermodynamica is dus geen harde natuurwet die altijd en overal aangeeft wat er noodzakelijk moet gebeuren en determineert de werkelijkheid dus niet.

5.2.4 *Determinerende wetten (de drie wetten van Newton)*

Na analyse van alle typen natuurwetten blijven volgens Kohnstamm alleen de drie wetten van Newton³³ over als kandidaten die kunnen gelden als “ijzeren natuurwetten” die de werkelijkheid determineren. Zij geven de snelheid en richting aan van ieder deeltje afzonderlijk en de interactie tussen de deeltjes. Deze wetten gelden alleen in een mechanisch systeem en de vooronderstelling voor het toepassen van deze wetten is dat elk lichaam of deeltje uiteindelijk weer opgedeeld kan worden in kleinere deeltjes waarvoor ook weer de bewegingsvergelijkingen golden. Het kleinste deeltje moet dan het atoom (atoom = ondeelbaar) zijn en moet beschouwd worden als een zeer klein biljartballetje.³⁴ Op die manier determineren deze drie wetten zowel

32 Kohnstamm, ‘Over natuurwetten, wetmatigheid en determinisme’, 16.

33 Sir Isaac Newton (1642-1727) was de grondlegger van de klassieke mechanica door zijn formulering van zijn drie bewegingswetten: 1. Een lichaam waarop geen kracht werkt, verkeert in rust of beschrijft een eenparig rechte lijnige beweging (een beweging in vaste richting met een constante snelheid). 2. Het product van de de massa m en de versnelling a van een lichaam is gelijk aan de kracht F die op het lichaam werkt. Dit is de traagheidswet: $F=m \cdot a$. 3. De krachten die twee lichamen in evenwicht op elkaar uitoefenen zijn gelijk van grootte en tegengesteld gericht (reactiewet). In formulevorm: ‘actie = - reactie’. De drie wetten van Newton worden besproken in elk inleidend werk over mechanica. Bijvoorbeeld: M. Alonso & E. J. Finn. *Fundamentele natuurkunde ten dienste van het wetenschappelijk onderwijs: Mechanica. Dl. 1*. Agon Elsevier, 1989, 71-81. N.J. Giordano, *College Physics: Reasoning and Relationships*. Cengage Learning, 2009, 26-53.

34 Aan het einde van de negentiende eeuw werd echter duidelijk dat het atoom weer is opgebouwd uit elektronen, neutronen en protonen. Bovendien werd gedurende de twintigste eeuw duidelijk dat de wetten van Newton niet geldig waren voor deze kleine deeltjes. Kohnstamm is goed op de hoogte van de resultaten van deze moderne natuurkunde, maar wil daarmee het determinisme niet weerleggen. Tot 1926 spelen deze ontdekkingen nog geen rol in Kohnstamms geschriften.

de beweging van de moleculen als de planetenbewegingen in het heelal en daarmee de gehele werkelijkheid.

5.2.5 De twee pijlers van het determinisme

Na analyse van de verschillende natuurwetten komt Kohnstamm tot de volgende conclusie³⁵. Het bestaan van de genius van Laplace (en daarmee het determinisme) gaat uit van twee vooronderstellingen:

a) De gehele werkelijkheid moet beschouwd worden als een mechanisch systeem van bewegende en botsende atomen.

b) De beweging en botsing van deze atomen kunnen volledig beschreven worden met de drie bewegingswetten van Newton.

Wanneer beide vooronderstellingen juist zijn, zijn heden, verleden en toekomst gedetermineerd en is alles noodzakelijk. Het vroege werk van Kohnstamm bestaat uit het bekritisieren van deze twee pijlers onder het determinisme.

Hij schrijft veel over de eerste aanname dat de werkelijkheid een mechanisch systeem zou zijn.³⁶ Volgens hem laat de natuurkunde juist zien dat er aanwijzingen zijn dat de werkelijkheid geen mechanisch systeem is. In een zuiver mechanisch systeem treden namelijk alleen veranderingen op die ook omkeerbaar zijn. Wanneer bijvoorbeeld in het heelal de planeten, de zon en de maan op hetzelfde moment met dezelfde snelheid in tegengestelde richting zouden gaan bewegen, dan zouden zonder probleem alle eerder doorlopen posities weer doorlopen worden, maar dan in omgekeerde volgorde.³⁷ Om ons heen zien we echter de meeste processen in de natuur in een bepaalde richting verlopen. De beste voorstelling van deze omgekeerde processen kan men maken door een film terug te draaien. Dan schiet bijvoorbeeld uit

35 N.B. Volgens Kohnstamm zijn de wetten van Newton niet noodzakelijk en determineren zij de werkelijkheid niet. Al in 1916 beschrijft hij in zijn artikel 'Ontwikkeling en onttroning van het begrip natuurwet' hoe er een omslag is gekomen in het denken over het begrip natuurwet en hoe zij een noodzakelijk karakter heeft gekregen. Newton zelf zag zijn wetten ook niet als noodzakelijk. Volgens hem beschrijven zijn wetten alleen de temporele opeenvolging van gebeurtenissen. Newton wil dus alleen de natuur beschrijven en niet de natuur iets voorschrijven. Deze visie op het contingente karakter van de natuurwet werkt Kohnstamm uit in andere boeken en artikelen. Ik noem enkele plaatsen: *Het Waarheidsprobleem*, 223. 'Ontwikkeling en onttroning van het begrip natuurwet', 68-79. Kohnstamm, *Mensch en wereld*, 86-91. Kohnstamm, *Vrije wil of determinisme: een mathematisch-fysische en kennistheoretische uiteenzetting voor juristen, paedagogen, theologen en andere niet-fysici*, 48-55. In dit artikel ga ik niet verder in op het contingente karakter van de natuurwet, maar beschrijf ik alleen de argumentatie van Kohnstamm dat een analyse van de verschillende natuurwetten al duidelijk maakt dat het determinisme niet houdbaar is.

36 Kohnstamm, *Warmteleer*, 199-235. Kohnstamm, 'Ontwikkeling en onttroning van het begrip natuurwet', *Synthese* 3, 2, 80-119.

37 Dit heeft te maken met het feit dat de wetten van Newton geen richting van de tijd aangeven. Mathematisch wordt dit duidelijk omdat de tijd alleen als tweede macht voorkomt in de wetten van Newton. Voor het verloop van wat met een mechanisch systeem over 5 seconden gebeurt, maakt het geen verschil of men voor de tijd +5s (5 seconden later), of -5s (5 seconden eerder) invult, mits het lichaam op $t=0$ in rust was. De formule is $F=m \cdot a$. Hierbij is a de versnelling in meter*s⁻².

de beschadigde balk de geweerkogel terug, gevolgd door het achterlaten van een gave balk.

Zijn beschouwingen over dit probleem zijn te uitgebreid en te complex om in dit artikel verder te bespreken. Samenvattend zijn er volgens Kohnstamm meer fysieke argumenten dat de wereld geen zuiver mechanisch systeem is dan dat zij het wel zou zijn. De eerste aanname van het determinisme berust daarom volgens hem op een geloof, niet op wetenschappelijke gronden. Ten tweede vraagt Kohnstamm naar de grond voor de aanname dat onze werkelijkheid bestaat uit kleine ondeelbare atomen die zich gedragen als botsende biljartballen. Er is geen empirisch bewijs dat de kleinste deeltjes inderdaad zo beschouwd kunnen worden, maar het vereist opnieuw een stap in geloof om de werkelijkheid zo te beschouwen.

Ten derde vraagt Kohnstamm naar bewijzen dat de wetten van Newton ook gelden in de wereld van de kleine ondeelbare atomen. Het is opnieuw een stap in geloof dat de wetten die gelden voor grote lichamen ook zullen gelden voor de allerkleinste deeltjes om ons heen, wat die ook mogen zijn. Gedurende het leven van Kohnstamm zouden de resultaten van de natuurkunde zelf hem op de laatste twee vragen gelijk geven. De moderne natuurkunde zou laten zien dat een atoom niets te doen heeft met een biljartbal. Atomen bleken opgebouwd uit protonen, neutronen en elektronen. Protonen en neutronen bevinden zich in de atoomkern. Elektronen bevinden zich in 'schillen' in een elektronenwolk om de atoomkern heen. Ook werd duidelijk dat op dit atomaire niveau de wetten van Newton niet bleken te gelden. Sterker nog, op dit atomaire niveau bleken zelfs geen determinerende natuurwetten te gelden.³⁸

6. *Evaluatie*

Kohnstamm groeide op in een tijd dat het natuurwetenschappelijke determinisme sterk was. Dit determinisme leidt tot een bepaalde 'systeemdwang': de werkelijkheid bestaat uit een verzameling botsende atomen die volledig beschreven kunnen worden met behulp van ijzeren natuurwetten. Als fysicus heeft Kohnstamm de mogelijkheid om de wetenschappelijke houdbaarheid van deze stelling te onderzoeken. Hij richt zich op de analyse van de verschillende natuurwetten en stelt zich de vraag: 'Wat zijn nu precies die ijzeren natuurwetten die onze werkelijkheid determineren?'

Hij komt tot de conclusie dat de meeste natuurwetten de werkelijkheid niet determineren. De meeste wetten geven slechts een randvoorwaarde aan, of een eerste benadering waarmee een fysisch systeem in grote lijnen be-

³⁸ De quantummechanica laat zien dat het gedrag van een individueel elementair deeltje slechts in termen van waarschijnlijkheid kan worden beschreven.

schreven kan worden. Alleen de drie wetten van Newton kunnen beschouwd worden als echte determinerende wetten. Het vereist echter een stap in geloof om aan te nemen dat deze wetten ook op atomair niveau zouden gelden. Daar is in de tijd van Kohnstamm nog geen enkel bewijs voor. Samenvattend laat Kohnstamm zien dat er wetenschappelijk gezien geen reden tot de aanname van het determinisme is.

De actualiteit van de analyse van Kohnstamm voor vandaag de dag ligt in het feit dat het natuurwetenschappelijke determinisme steeds in de huidige wetenschap sterk aanwezig is. De systeemdwang van de negentiende eeuw om alles te reduceren tot een mechanisch systeem van atomen vindt nu plaats door alles te reduceren tot bijvoorbeeld genen of hersenen.³⁹ Deze genen of hersenen zouden vervolgens de werkelijkheid determineren en alles noodzakelijk maken. Wanneer men echter deze wetten analyseert, blijken zij geen determinerende wetten te zijn. De wetten die uit het hersenonderzoek volgen, geven bepaalde randvoorwaarden aan, of zijn ideale benaderingregels die aangeven wat er in grote lijnen gebeurt bij bepaalde defecten in de hersenen. Uit deze randvoorwaarden of eerste benaderingen mag men echter niet de conclusie trekken dat de werkelijkheid gedetermineerd is door onze hersenen. Samengevat mag men stellen dat de conclusie van Kohnstamm nog steeds geldt en dat er natuurwetenschappelijk gezien geen dwingende redenen zijn om het determinisme aan te hangen.

39 Een recent voorbeeld is het boek: Dick Swaab, *Wij zijn ons brein: van baarmoeder tot Alzheimer*. Amsterdam / Antwerpen: Uitgeverij Contact, ¹¹2011, 357, 379-394.