

# Een zee van tijd

**F.A. Muller**

T.R. Sider, *Four-Dimensionalism: an Ontology of Persistence and Time*, Oxford: Clarendon Press, 2001, ISBN 0-19-924443-X, xxiv+255 blz., index, gebonden

P. Galison, *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps: Empires of Time*, London: Sceptre, 2003, ISBN 0-340-79447-X, 389 blz., index, gebonden

J.N. Butterfield (ed.), *The Arguments of Time*, Oxford: Oxford University Press, 1999, ISBN 0-19-726207-4, xvi+253 blz., index, gebonden

Tijd is een tijdloos en eeuwig dankbaar onderwerp. Geen enkel onderwerp woont tegelijkertijd in zoveel academische provincies — natuurkunde, psychologie, wijsbegeerte, techniek, kosmologie, taalkunde en geschiedenis, om de belangrijkste te noemen. Volgens sommigen gaat alle grootse kunst uiteindelijk over de vergankelijkheid en dus over de tijd. "Time can tear down a building, or destroy a woman's face; hours are like diamonds, don't let them waste", zong de zanger in 1974 die vier jaren eerder, verrassend gekleed in smetteloos wit, voor aanvang van een herdenkingsconcert te Hyde Park, London, de volgende regels uit 1821 van een verwante ziel had voorgedragen: "Invulnerable nothings. *We decay / Like corpses in a charnel; fear and grief / Convulse us and consume us day by day, / And cold hopes swarm like worms within our living clay.*" De tijd wacht voor niemand, zoveel is zeker.

In tegenstelling tot dichters, die in wezen immer hetzelfde klaaglied over de tijd aanheffen waar wij kennelijk geen genoeg van kunnen krijgen, slagen denkers er somtijds in iets nieuws te bedenken over de tijd. In het bijzonder is het de XXste-eeuwse natuurkunde geweest, en de door haar besproeide takken aan de boom der wijsbegeerte, waar de vernieuwende inzichten over de tijd vandaan zijn gekomen. Toen daarom de British Academy de vooraanstaande exacte wijsgeer Jeremy Butterfield — de opvolger van Isaiah Berlin in *All Souls College* te Oxford — verzocht over zijn vakgebied een bundel uit te brengen ter gelegenheid van het honderdjarige bestaan in 2002 van de British Academy, was zijn keus snel gemaakt. Het resultaat is de door

hem samengestelde bundel *The Arguments of Time*, met negen overzichtopstellen op niveau over tijd; vier zijn geheel gewijd aan tijd in de natuurkunde, andere gedeeltelijk; de overige onderwerpen zijn tijd in de literatuur, in de taal en in onze psyche. *Four-Dimensionalism* is de wijsgerige monografie over tijd en bestaan waarmee Theodore Sider in 2003 de prijs won voor het beste filosofische boek van de twee voorgaande jaren, volgens de American Philosophy Association. *Einstein's Clocks, Poincaré's Maps* is de jongste vrucht van de oorspronkelijkste natuurkunde-historicus van zijn generatie, Peter Galison, dat gaat over de tot op heden verwaarloosde rol die klokken en kaarten hebben gespeeld bij het ontstaan van de speciale relativiteitstheorie.

## Filosofie

Het eerste hoofdonderwerp uit *Four-Dimensionalism* is een debat onder filosofen van betrekkelijk recente oorsprong, te weten dat tussen de *enduristen* en de *perduristen* (met verontschuldigen voor deze Anglicismen). Volgens enduristen zijn objecten 3-dimensioneel ruimtelijk uitgebreid. De endurist Descartes sprak van *res extensa*. Op ieder moment dat objecten bestaan, bestaan ze geheel en niet slechts gedeeltelijk. Volgens perduristen daarentegen bestaan objecten op ieder moment slechts gedeeltelijk; hun totale bestaan omvat hun 'geschiedenis door de tijd'. Objecten zijn 3+1-dimensioneel; hun totale bestaan omvat 3 ruimtelijk dimensies en 1 tijd-dimensie. Het debat tussen enduristen en perduristen spitst zich toe op de vraag of objecten 'tijd-delen' hebben. Enduristen antwoorden ontkennend, terwijl perduristen bevestigend antwoorden: mijn leven als peuter en als puber zijn bijvoorbeeld *tijd-delen* van mij, beide delen zijn weer tijd-delen van mijn jeugd, die ook weer een tijd-deel is van mij als geheel, analoog aan het feit dat mijn voet en neus *ruimte-delen* zijn van mij, mijn neus een ruimte-deel is van mijn gezicht, dat ook weer een ruimte-deel is van mij als geheel. Het debat tussen enduristen en perduristen is verweven met een oud thema in de filosofie, te weten de vraag waar de identiteit van een object in gelegen is: *waarom* ben ik bijvoorbeeld dezelfde persoon die ik gisteren was? Sider gaat er uitvoerig op in.

Het tweede hoofdonderwerp uit *Four-Dimensionalism* is het debat tussen aanhangers van wat we gemakshalve *de menselijke visie* en *de goddelijke visie* op tijd zullen noemen, dat de filosofische gemoederen regelmatig verhit. Volgens de menselijke visie is er een objectief onderscheid tussen toekomst en verleden, die naadloos van elkaar gescheiden zijn door het heden: de toekomst is onbepaald, wijl het verleden onveranderlijk vast ligt. Mogelijke toekomstige gebeurtenissen zijn *nu* geen van alle werkelijk; sommige zullen werkelijk worden op het moment dat de tijd bij hun tijdcoördinaten is aangeland. Dan *gebeuren* ze en vanaf dat moment behoren ze tot het onveranderlijke verleden; mogelijke gebeurtenissen die niet plaatsgrijpen, zoals 'In 2000 won Al Gore de verkiezingen van G.W. Bush', behoren niet tot het verleden. Aristoteles was de eerste filosoof die tot een dergelijke visie geraakte naar aanleiding van zijn befaamde *Zeeslag-redenering*.

Indien beweringen waar of onwaar zijn, en waarheid correspondeert met datgene wat gebeurt (en onwaarheid met datgene wat niet gebeurt), en indien waarheid tijdloos is, dan ligt het vandaag vast wie morgen de zeeslag bij plaats *P* zal winnen, namelijk partij *X* die genoemd wordt in de ware bewering 'Partij *X* wint op datum *t* de zeeslag bij plaats *P*'. Hoewel wij nu niet weten welke bewering over morgen waar is, ligt nu al wel vast wat er gaat gebeuren. In filosofische terminologie: de toekomst is *epistemisch* onbepaald doch *ontologisch* bepaald (epistemologie is kenleer en ontologie is zijnsleer).

Ten einde deze fatalistische conclusie af te wenden, verwierp Aristoteles de praemisse dat waarheid en onwaarheid van beweringen over gebeurtenissen in de wereld *tijdloos* zijn. Beweringen over de toekomst zijn *nu* waar noch onwaar; beweringen over het heden en het verleden zijn *nu* wel waar of onwaar. Dit is in harmonie met de menselijke visie op de tijd. De menselijke visie verwoordt onze alledaagse tijdsbeleving en is verankerd in onze taal, waarin wij werkwoorden vervoegen in verleden, heden en toekomstige tijd. De goddelijke visie ontkent dit alles: het onderscheid tussen heden, verleden en toekomst is ontologisch leeg en is een soort van bewustzijnsbegoocheling, door de wetenschapsfilosoof Adolf Grünbaum vergeleken met het zien van kleuren. *Nu* en *toen* hebben geen andere ontologische status dan *hier* en *daar*. Iedere bewering over de wereld is tijd- en plaatsloos waar of onwaar.

De goddelijke visie past uitstekend bij het perdurisme, terwijl de menselijke visie aansluit bij het endurisme, ofschoon Sider driftig beargumenteert dat ook enduristen de goddelijke visie op tijd kunnen aanhangen. Het verschil in gevolgen tussen beide visies op de tijd is onverwacht verstrekkend.

Een befaamd gevolg is dat de menselijke visie moeilijk te verenigen lijkt met de speciale relativiteitstheorie, terwijl dat voor de goddelijke visie een peuleschil lijkt. Immers, wanneer we het heden definiëren als de verzamelingen gebeurtenissen met dezelfde tijd-coördinaat (kijk op de kalender om te weten welke), dan gaat het afhangen van hoe *wij* ons referentie-stelsel, inclusief tijdrekening, *kiezen* of een gebeurtenis heeft plaatsgevonden, of niet, vanwege de relativiteit van gelijktijdigheid. Voor ten opzichte van elkaar bewegende referentie-stelsels *verschillen* de verzamelingen gelijktijdige gebeurtenissen, en de discrepantie groeit naarmate het snelheidsverschil de lichtsnelheid nadert. Voor Aardbewoners ligt een zekere gebeurtenis aan het andere uiteinde van het heelal in het verleden en heeft dus plaatsgevonden, terwijl voor een ander wezen, langs de aarde scherend in zijn ruimteschip, die gebeurtenis in de toekomst ligt en dus niet heeft plaats gevonden, en dus in beginsel voorkomen kan worden (hoewel niet door dat wezen). Dit botst met de menselijke visie: of een gebeurtenis heeft plaatsgevonden of niet, *dat* kunnen wij niet kiezen. Wij kunnen kiezen welke ruimte-tijd-coördinaten we aan de gebeurtenissen toeschrijven. En sommige mogelijke toekomstige gebeurtenissen die binnen onze macht liggen kunnen we laten gebeuren of voorkomen, zoals de gebeurtenis om dadelijk *Adonais* van Shelley eens te lezen, of het nummer *Time waits for no one* van de Rolling Stones te beluisteren). Maar ik ben geboren in dit heelal en *dat* kan niemand veranderen door op de trein te stappen, op Aarde of op de planeet Bracchus aan het andere uiteinde van het heelal. Kortom, de menselijke visie lijkt frontaal te botsen met de speciale relativiteitstheorie door de relativiteit van gelijktijdigheid.

*Four-Dimensionalism* is een beoordelende samenvatting van de hedendaagse stand van zaken in deze debatten: de menselijke versus de goddelijke visie op tijd, en endurisme versus perdurisme; metafysische, wetenschappelijke en linguïstische argumenten wisselen elkaar af. Sider schroomt niet te laten zien waar hij staat — om

niet te zeggen dat hij daar geen genoeg van kan krijgen: hij toont zich een overtuigd perdurist die de goddelijke visie op de tijd aanhangt.

Bij wijze van kritische kanttekening moet mij van het hart dat Sider's behandeling van de tijdlogica, die ontegenzeggelijk een paradepaard van de analytische filosofie is — olympisch bereden door A.N. Prior (1914-1969), onder andere in zijn meesterwerken *Time and Modality* (1957) en *Past, Present and Future* (1967) — ronduit amateuristisch aandoet. Een lacune in *Four-Dimensionalism* is echter de afwezigheid van wat ik zonder aarzelen tot de tien belangwekkendste bijdragen reken op het terrein van het tijdsvisie-debat aangaande de speciale relativiteitstheorie, te weten het artikel 'Past, Present, Future and Special Relativity' van Nataša Rakić, verschenen in *The British Journal for the Philosophy of Science* (1997). Deze promovenda van de Amsterdamse logicus Johan van Benthem heeft een formele axiomatisering van de ruimte-tijd van Minkowski (de kern van de speciale relativiteitstheorie) opgesteld, het idee van de menselijke visie op tijd geformaliseerd, *bewezen* dat de menselijke visie ondefinieerbaar is in de ruimte-tijd van Minkowski en *bewezen* dat de menselijke visie consistent toegevoegd kan worden aan de speciale relativiteitstheorie. Het laatste resultaat impliceert dat het debat over de logische verenigbaarheid van de speciale relativiteitstheorie en de menselijke visie op tijd achterhaald is. Niettemin sluit Sider zijn bespreking van de menselijke visie in de context van de speciale relativiteitstheorie doodleuk af met de tegengestelde conclusie, te weten dat voorlopige *verwerping* van de menselijke visie in orde is (blz. 52).

## **Geschiedenis**

Galison's bijdrage aan de geschiedschrijving van de theorie die de hoofdrol speelt in de filosofische debatten over tijd, namelijk de speciale relativiteitstheorie, zal van blijvende waarde zijn. De reden is dat Galison een element in die geschiedschrijving brengt dat tot nu toe over het hoofd is gezien. De enorme maatschappelijke behoefte aan nauwkeurige klokken en kaarten in de beschaafde wereld gedurende de tweede helft van de XIXde Eeuw leidde tot een even enorme aandacht voor het probleem van de synchronisatie van klokken die verspreid staan over de gehele Aarde. De koopvaardij, de marine, de landmacht, de politiek (denk aan het bepalen van lands-

grenzen, in het bijzonder die van de toenmalige kolonieën), de wetenschap (aardrijkskunde, geologie, sterrenkunde), de spoorwegen: de roep om wereldwijde overeenstemming over plaats en tijd kwam uit alle mogelijke richtingen en was een oeroverdovend crescendo. Een wereldwijd web van honderdduizenden kilometers telegraafdraad en -kabel werd gesponnen door de techniek. Als gigantische stalen spinnen kropen de oceaanstomers over de Atlantische oceaan en rolden hun mandikke kabels op de bodem uit. Eenmaal gelegd, deed zich het synchronisatieprobleem voor: hoe zet je klokken die op transatlantische afstanden van elkaar staan gelijk? Eigenlijk een technisch probleem.

Wie dit probleem heeft opgelost, weet niemand. XIXde-eeuwse technici gebruikten hiervoor de *telegraafvergelijking*. Wanneer een signaal van Oost naar West reist, zeg door een transatlantische kabel van Europa naar Amerika, dan is het schijnbare tijdsverschil gelijk aan het werkelijke, gemeten tijdsverschil in lengtegraad *plus* de *transmissietijd* (de tijd nodig voor het signaal om de kabel te doorlopen). Gaat een signaal van West naar Oost, dan moet men van het schijnbare tijdsverschil de transmissietijd *aftrekken* vanwege het feit dat de Aarde in West-Oostelijke richting draait, en niet andersom. Dit leidt tot twee lineaire vergelijkingen in plaats en tijd. De exacte bepaling van het werkelijke verschil in lengtegraad is echter moeilijk: om dat te bepalen moest men *gelijktijdig* de positie van de klokken in Europa en Amerika bepalen ten opzichte van een gekozen referentie-punt in de sterrenhemel. Dat is lastig, want dag en nacht in Europa en Amerika vallen niet samen en sterren kun je alleen aan een nachthemel zien. Fataal is echter dat we bezig waren met een synchronisatie-procedure: wanneer die procedure het bestaan van gelijk lopende klokken in Europa en Amerika vooronderstelt, dan zitten we gevangen in een cirkel. Het verlossende inzicht is nu dat we het werkelijke tijdsverschil niet hoeven te weten, weshalve we dat verschil uit de twee bovengenoemde lineaire vergelijkingen kunnen elimineren door ze te combineren (met wiskunde uit de 2de klas van de middelbare school). De oplossing luidt dat de transmissietijd gelijk is aan de helft van het verschil tussen het verschil tussen het schijnbare Oost-West verschil en het schijnbare West-Oost verschil; dit resultaat heet de telegraafvergelijking. Het schijnbare verschil is exact te bepalen: dat is het verschil tussen vertrek- en aankomsttijd van het

signaal en die tijden kun je nauwkeurig aflezen op de twee plaatselijke klokken. Eenvoud is het kenmerk van het ware.

Henri Poincaré, Franse baanbreker in de wiskunde, zette als jarenlange medewerker van het *Bureau des Longitudes* synchronisatie-expedities op touw. Hij kon de telegraafvergelijking dromen. Einstein zag gedurende zijn achtjarige loopbaan (1901-1909) als beoordeelaar van octrooi-aanvragen te Bern talloze ontwerpen van elektrische klokken en toestellen voorbij komen, die men wilde gebruiken bij synchronisatie-netwerken. Ofschoon er geen direct bewijs is dat de telegraafvergelijking ooit onder Einstein's ogen is gekomen, acht Galison het zeer onwaarschijnlijk dat deze vergelijking niet in enige octrooi-aanvraag voorkwam (niet meer te achterhalen uit het archiefmateriaal). Bekend is dat Einstein een Duitse vertaling van de wetenschapsfilosofische kassakraker van Poincaré heeft gelezen, *La science et l'hypothèse* (1902), waarin ook een deel van Poincaré's artikel 'Tijdmeting' was opgenomen. Daarin komt de telegraafvergelijking voor, in de vorm die iedere natuurkunde-student kent: de synchronisatie-vergelijking van klokken in het algemeen. Het vermaarde artikel van Einstein uit 1905, 'Zur Elektrodynamik bewegter Körper', munt uit in precieze beschrijvingen, bevat weinig formules en nauwelijks verwijzingen. Daardoor vertoont het meer overeenkomsten met een octrooi-aanvraag dan met een gangbaar theoretisch-fysisch artikel, aldus Galison.

Poincaré was, zoals onder wetenschapshistorici genoegzaam bekend, een eind op weg naar de speciale relativiteitstheorie voordat Einstein haar vond. Beiden namen het Relativiteitsbeginsel van Galilei als pijler. Volgens dit beginsel hebben dezelfde experimenten uitgevoerd in ten opzichte van elkaar eenparig bewegende referentie-stelsels dezelfde resultaten, zodat de relatieve snelheid tussen referentie-stelsels niet mag voorkomen in de wiskundige formulering van de natuurwetten ... die immers alle experimentele resultaten dienen te omvatten. Beiden kwamen uit bij de transformatieformules van H.A. Lorentz om resultaten van referentie-stelsels in elkaar om te zetten. Einstein daarentegen voegde het Lichtpostulaat toe, waarvolgens de snelheid van het licht onafhankelijk is van de snelheid van de lichtbron. De synchronisatie-procedure is de ijzeren brug die Einstein tussen het Relativiteitsbeginselen het Lichtpostulaat hing. Op basis daarvan bouwde hij de speciale relativiteitstheo-

rie op en leidde spectaculaire gevolgen af, zonder een beroep te doen op de 'ether', zoals *lengtekrimp* (bewegende meetlatten worden korter), *tijdrek* (bewegende klokken lopen langzamer), de onmogelijkheid om materie sneller dan het licht te laten bewegen, en de omzetbaarheid van materie in energie:  $E=mc^2$ .

Een beslissend verschil tussen Poincaré en Einstein is dat de Fransman het bestaan onloochenbaar achtte van een medium waarin lichtgolven zich voortplanten, zoals lucht het voortplantingsmedium is van geluidsgolven en de zee van tsunami's. Einstein schafte dit medium, de *ether* genaamd, af, en verkondigde dat licht, en elektromagnetische golven in het algemeen, periodieke, opzichzelf bestaande elektromagnetische velden zijn, oplossingen van de vergelijkingen van Maxwell die zich door de lege ruimte kunnen voortplanten. Men kan volhouden dat Einstein het Etherpostulaat van Poincaré en Lorentz verving door zijn Lichtpostulaat.

In de wordingsgeschiedenis van de speciale relativiteitstheorie, beweert Galison, zien we overal locale fluctuaties tussen idee en instrument, tussen het abstracte en het concrete, tussen fabriek en laboratorium, tussen wijsbegeerte en technologie. Er is geen sprake van eenrichtingsverkeer tussen al deze polen, bedadrukt Galison.

Het verschil tussen Poincaré en Einstein is dat de bejaarde, behoudende Fransman continuïteit met de traditie in de natuurkunde benadrukte en zijn werk naadloos zag aansluiten bij de klassieke elektrodynamika, waarin de ether het trillende medium is waarin licht zich voortplant; terwijl de jonge, rebelse Zwitser zelfbewust een breuk forceerde met de traditie door de ether af te schaffen en de golven op te vatten als een periodiek veranderend opzichzelf staand elektromagnetisch veld — en spoedig zou opvatten als een stroom van energie-pakketjes, later *fotonen* genaamd. Galison laat overtuigend zien dat Poincaré aan tweerichtingsverkeer deelneemt. Maar de zaak voor Einstein wankelt en bibbert. De zojuist genoemde beslissende stap die Einstein zet en Poincaré niet zet, daar weet Galison eigenlijk geen raad mee. Ineens maken de plaatjes in zijn boek van klokkentorens in Bern en advertenties van de *Elektrotechnische Fabrik* van vader Jacob Einstein & Cie., ten einde aanneemelijk te maken dat ook bij Einstein externe invloeden hun aandeel opeisen, een machteloze indruk. De beslissende stap van Einstein is de intellectuele stoutmoedigheid die het historisch onherleidbare genie definitief onderscheidt van al zijn tijd-

genoten. Het is dezelfde stoutmoedigheid die Einstein onmiddellijk deed inzien welke onverwachte gevolgen zijn theorie had. Hier staart het mysterie van het genie, de *creator ex nihilo*, het zwarte gat van de stomgeslagen wetenschapshistoricus, ons recht in de ogen. Mijns inziens is de armoede van de wetenschapshistoricus vergelijkbaar met die van de literatuurhistoricus: ook hij kan met indrukwekkende beleving zijn van voetnoten geboetseerde externe poppetjes in de periferie van het geniale opstellen, en zelfs danspasjes laten uitvoeren en daarmee applaus oogsten, zoals de alomgeprezen *puppetmaster* Galison doet, doch wanneer de poppetjes in de nabijheid komen van de kern van het geniale, maken ze een lachwekkende indruk en spatten uiteen gelijk druppels water die in de mond van een vulkaan vallen. De essentie van het genie blijft onaanraakbaar. Eigenlijk zijn alleen de natuurkunde-filosofen in staat gebleken de creaties van Einstein te verdiepen --- ze verklaren kan niemand.

## Natuurkunde

De speciale relativiteitstheorie dateert van 1905. Sindsdien is er meer gebeurd in de natuurkunde dat repercussies heeft voor ons begrip van tijd. Na de speciale bedacht Einstein gedurende de periode 1907-1916 de algemene relativiteitstheorie. Volgens deze theorie beïnvloedt materie de structuur van de ruimte-tijd en bestaat zwaarte niet langer als wisselwerking tussen materie: licht, en lichamen waarop geen krachten werken, volgen altijd de kortste weg door de ruimte-tijd (geodeten). Die weg hoeft niet recht te zijn, doordat materie de ruimte-tijd *kromt*. Kromming is zwaarte. In een gekromde ruimte is een kromme de kortste verbinding tussen twee punten — denk aan een boloppervlak. Niet alleen de bewegingstoestand van een klok ten opzichte van een andere klok beïnvloedt het tijdsverschil tussen de klokken, zoals de speciale relativiteitstheorie dicteert, ook de aanwezigheid van materie beïnvloedt de loop van klokken, via de kromming van de ruimte-tijd, dicteert de algemene relativiteitstheorie. Ineens krijgt het spreekwoord ‘Zoals het klokje thuis tikt, tikt het nergens’ een onverwachte wetenschappelijke lading.

En dan zijn er ‘singulariteiten’, punt-gaatjes in de ruimte-tijd die ontstaan wanneer zware sterren aan het einde van hun levensloop imploderen, door J.A.

Wheeler ooit *zwarte gaten* genoemd omdat ze alle opvallende straling absorberen. Daarin ‘bestaat tijd en ruimte niet’. Zulke gaatjes zijn ‘het niets’. Tijd en ruimte zijn er overigens niet altijd geweest. Met de Oerknal is alles er gekomen: ruimte-tijd en energie, en via een lange en moeizame evolutie ook complexe molekulen en zelfs bewustzijn. (Oerknal-kosmologie is trouwens een uitvloeisel van de algemene relativiteitstheorie.)

In de bundel *The Arguments of Time* komen naast de beide relativiteitstheorieën ook andere, jongere, speculatieve natuurkundige theorieën aan bod, in het bijzonder de pogingen om een quantum-versie van de algemene relativiteitstheorie te maken. Laatstgenoemde theorie heeft een gigantisch bereik, van planeet tot heelal, doch de algemene verwachting is dat zij op zeer kleine afstandschaal hopeloos ontoereikend zal blijken omdat in de microfysische wereld de quantumfysika regeert. In diverse ‘quantum-zwaartetheorieën’ die thans op de markt zijn, is de ruimte-tijd en daarmee ook de tijd echter zoek geraakt. Men kan niets in deze theorieën ondubbelzinnig aanwijzen als datgene wat door klokken wordt gemeten. Tijd is vermoedelijk in zulke theorieën niet meer ‘fundamenteel’ — geen primitief begrip, in logisch jargon —, doch zal uit andere, ‘meer fundamentele’ structuren moeten ‘verschijnen’. De vraag is hoe we *dat* moeten begrijpen — een vraag die menig exact wijsgeer doet kwijlen. De gezamenlijke bijdrage van samensteller Butterfield en wiskundig natuurkundige C.J. Isham is een even inzichtrijke als hypergeorganiseerde inleiding op deze vraag in de context van zogenaamde ‘canonieke quantum-zwaartetheorieën’. De theoretische natuurkundige Karel Kuchař treedt meer in de bijzonderheden van het probleem van de verloren tijd.

*The Arguments of Time* is geen samenraapsel van essays over een enkel thema, doch een sterk samenhangende bundel geworden, waarvan de essays naar elkaar verwijzen, elkaar aanvullen en soms verdiepen. Het is natuurkunde wat de klok slaat. De auteurs zijn zonder uitzondering kopstukken. Naast bovengenoemde bijdragen mag de geestdriftige en informatieve bijdrage van Julian Barbour, bekend van *The End of Time* (1999), over het lot van de kritiek op absolute tijd (Mach), niet onvermeld blijven. En evenmin de bijdrage van Gregory Currie, die zich afvraagt of

literaire fictie ons iets leert over tijd — Past, Present, Proust — en met lege handen eindigt.

Kuchař vertelt in een voetnoot dat toen de Italiaanse kernfysicus Enrico Fermi naar de Verenigde Staten was geëmigreerd, hij een dollarcent gaf voor iedere correctie van zijn Engels, en voegt toe \$1.56 schuldig te zijn aan de samensteller. Dit zegt iets over de ernst en nauwgezetheid waarmee Butterfield zich van zijn taak heeft gekweten. Het is aan alle kanten af te lezen van dit monument van het denken over tijd. Met *The Arguments of Time* is men verzekerd van uren van heerlijke intellectuele inspanning: over tijd in de wijsbegeerte, in de taal, in de kunst, in de psyche en vooral in de natuurkunde. ■

*F.A. Muller is als post-doc in de exacte wijsbegeerte verbonden aan het Instituut voor Geschiedenis en Grondslagen van de Natuurwetenschappen van Universiteit Utrecht en de Faculteit Wijsbegeerte van de Erasmus-Universiteit te Rotterdam.*