

Beschouwing AVT

Sander Worm

11 december 2023

STUDENTNUMMER	15181391
TUTORGROEP	W
BEGELEIDER	Quirijn Boeren
VAK	Academische Vaardigheden & Tutoraat
OPDRACHT	Beschouwing
VERSIE	Eindversie
STUDIE	Natuur- en sterrenkunde

De noodzaak van snaren

Aan het begin van de twintigste eeuw heeft Albert Einstein zijn algemene relativiteitstheorie (ART) ontwikkeld. Deze theorie beschreef het universum op grote schaal door middel van de kromming van ruimtetijd. De ART was daarentegen niet in staat om fenomenen op kleinere schaal te beschrijven. Rond dezelfde tijdsperiode ontstond de kwantummechanica, een theorie die interacties op minuscule afstanden kon verklaren. De combinatie van deze twee theorieën zou het fundament vormen voor een beschrijving van het gehele universum, een theorie van kwantumgravitatie. Sinds 1960 hebben theoretische natuurkundigen een raamwerk gecreëerd voor deze unificatie, de snaartheorie. Hiermee worden deeltjes en interacties beschreven als trillende snaren in tien dimensies [1].

Echter neemt de mens het universum waar als een vierdimensionale ruimte, inclusief een tijdsdimensie. Bovendien is er momenteel nog geen enkel experimenteel bewijs geleverd dat impliceert dat de snaartheorie correct is [1]. Daarnaast zijn er nog andere pogingen tot het opstellen van een theorie van kwantumgravitatie. Toch beargumenteren sommige natuurkundigen dat er meer onderzoek gedaan moet worden naar snaartheorie, omdat snaartheoretici bruikbare inzichten leveren voor de wiskunde [2]. Vanwege deze redenen wordt snaartheorie gezien als een controversieel onderwerp binnen de natuurkunde. In deze beschouwing worden de voor- en nadelen van de snaartheorie afgewogen en wordt er besproken in hoeverre natuurkundigen van mening verschillen op het gebied van snaartheorie.

Ten eerste levert de snaartheorie impactvolle bijdragen aan de wiskunde. De snaartheorie is een van de meeste complexe en wiskundig rijke theorieën en produceert daarom vaak nieuwe concepten die niet eerder zijn gebruikt binnen de wiskunde. Vakgebieden zoals algebraïsche meetkunde zijn in de afgelopen decennia verrijkt door de ontdekking van supersymmetrie en de Calabi-Yau-variëteit, concepten afkomstig van de snaartheorie [2]. In de algebraïsche meetkunde wordt er onderzoek gedaan naar algebra door middel van meetkundige problemen. Toepassingen hiervan zijn terug te vinden in de statistiek en robotica bijvoorbeeld. Op deze manier kan men beargumenteren dat snaartheorie van maatschappelijk belang is.

Bovendien hebben theoretici al een indirect bewijs gevonden voor snaartheorie. Pedro Vieira en Andrea Guerrieri, van de universiteit van Tel Aviv, en João Penedones van ‘the Swiss Federal Institute of Technology Lausanne’ hebben door middel van ‘bootstrap’ een overeenkomst gevonden tussen correcties van de ART en een resultaat uit de snaartheorie. Bootstrap is een methode

waarbij aanpassingen op bekende theorieën gebruikt worden om nieuwe feiten af te leiden over de realiteit. Om de ART beter overeen te laten komen met de realiteit voegen natuurkundigen de correcties α , β en γ toe aan Einsteins vergelijkingen. Op deze manier kan de theorie interacties op kleinere schaal accurater beschrijven. De grootste correctie van de ART, α , heeft een ondergrens van 0.1389 volgens de snaartheorie. Vieira en zijn collega's vonden door middel van bootstrap een waarde van 0.14. Dit impliceert dat snaartheorie nauwkeurig overeenkomt met beide kwantummechanica en de ART [1].

Hoewel dit veelbelovende resultaat natuurkundigen stimuleert om meer onderzoek te doen naar snaartheorie, lijkt de theorie niet overeen te komen met de realiteit. Snaartheorie vereist namelijk een concept genaamd supersymmetrie. Als gevolg zouden bepaalde deeltjes meer massa moeten hebben dan dat onderzoekers momenteel waarnemen in experimenten [3, 1]. Daarnaast kunnen de trillende snaren die voorspeld zijn door deze theorie alleen bestaan in tien dimensies. Echter neemt de mens het universum waar als vier dimensionale ruimte. De overige zes dimensies zouden opgerold moeten zijn als compacte minuscule objecten, zodat onderzoekers deze niet kunnen observeren [1]. Daarom proberen natuurkundigen ook om andere kandidaten voor een theorie van kwantumgravitatie te vinden.

Een van die andere kandidaten is 'loop quantum gravity' (LQG), een theorie die ruimtetijd benadert als een netwerk. Aan dit netwerk worden kwantummechanische eigenschappen toegekend. LQG is echter niet verenigbaar met de speciale relativiteitstheorie. Volgens sommige theoretische natuurkundigen, zoals Herman Verlinde, is een combinatie van snaartheorie en LQG een veelbelovende oplossing. Deze dualiteit wordt vormgegeven door middel van een conforme veldtheorie (CVT) in een zogenaamde Anti-de Sitter-ruimte (AdS), ofwel de AdS/CVT correspondentie [4]. Met de CVT bestuderen natuurkundigen structuren waarbij afstanden variëren, maar waarbij hoeken gelijk blijven [5]. Toch vereist de AdS/CVT correspondentie een negatieve kosmologische constante. Dit zou impliceren dat de uitdijning van het universum vertraagd wordt, terwijl de uitdijning juist versneld wordt [6].

Al met al hebben snaartheoretici de afgelopen decennia belangrijke inzichten voor de wiskunde geleverd, zoals de bijdrage van supersymmetrie aan de algebraïsche meetkunde [2]. Daarnaast is de grootste correctie van Einsteins vergelijkingen accuraat voorspeld door snaartheorie. Dit betekent dat snaartheorie nauw overeenkomt met kwantummechanica en de ART. Daarentegen vereist snaartheorie supersymmetrie en tien dimensies [1]. Daarom zijn sommige natuurkundigen op zoek naar andere kandidaten voor een theorie van kwantumgravitatie. Voorbeelden zijn LQG en de AdS/CVT correspondentie [4]. De snaartheorie is dus een controversieel onderwerp waar theoretische natuurkundigen verschillende meningen over hebben.

Naar mijn mening is de snaartheorie een veelbelovend vakgebied binnen de natuurkunde, ondanks dat de theorie niet volledig overeenkomt met de werkelijkheid. De inzichten die de snaartheorie oplevert, en de toepassingen hiervan, zijn van maatschappelijk belang en zouden voldoende moeten zijn om potentiële toekomstige snaartheoretici te stimuleren om meer onderzoek te doen naar dit wiskundig rijke vakgebied. Bovendien is de overeenkomst tussen de voorspellingen van α een hoopgevend resultaat voor de snaartheorie. De snaartheorie lijkt mij een betere kandidaat voor een theorie van kwantumgravitatie dan andere theorieën zoals LQG en de AdS/CVT correspondentie, aangezien deze beschrijvingen van de werkelijkheid in tegenspraak zijn met de meest basale feiten over het universum. Het lijkt inderdaad onwaarschijnlijk dat we in een tien dimensionale ruimte met supersymmetrie leven, maar de voordelen van onderzoek op het gebied van snaartheorie overheersen de nadelen hiervan overduidelijk.

Referenties

- [1] Natalie Wolchover. *In a Numerical Coincidence, Some See Evidence for String Theory*. URL: <https://www.quantamagazine.org/a-correction-to-einstein-hints-at-evidence-for-string-theory-20220121/>.
- [2] Robbert Dijkgraaf. „The Mathematics of String Theory”. In: *Séminaire Poincaré* 1 (2004), p. 45–59. DOI: <http://www.bourbaphy.fr/dijkgraaf.pdf>.
- [3] Edward Witten. „String theory dynamics in various dimensions”. In: *Nuclear Physics B* 443 (1995), p. 85–126. DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.hep-th/9503124>.
- [4] Sabine Hossenfelder. *String Theory Meets Loop Quantum Gravity*. URL: <https://www.quantamagazine.org/string-theory-meets-loop-quantum-gravity-20160112/>.
- [5] Paul Ginsparg. „Applied Conformal Field Theory”. In: *High Energy Physics* (1988). DOI: <https://doi.org/10.48550/arXiv.hep-th/9108028>.
- [6] Luca Visinelli, Sunny Vagnozzi en Ulf Danielsson. „Revisiting a Negative Cosmological Constant from Low-Redshift Data”. In: *Symmetry* 11.1035 (2019). DOI: <https://doi.org/10.3390/sym11081035>.