Emmy Noether, de miskende wetenschapper

Noether's theorema corrigeert Einsteins Algemene Relativiteit

Inleiding en relevantie

Emmy Noether (1882 – 1935) was een briljant wiskundige, zij creëerde een van de pijlers van de fysica: de definitie van referentiekaders waarbinnen energie- en impuls-behoud kan worden bewezen. Echter ze was op het verkeerde moment op de verkeerde plaats. De beste positie die ze kon krijgen was die van assistent aan een Universiteit in Duitsland. Daarna, in 1933, vluchtte ze naar de Verenigde Staten waar ze twee jaar later stierf.

In 1915, werd ze aangesteld door professor Hilbert aan de Universiteit van Göttingen, die verklaarde: "Ik begrijp niet dat het geslacht van de kandidaat een argument is tegen haar toelating als docent. Wij zijn immers een universiteit en niet een badhuis". Hilbert negeerde haar dus niet, in tegenstelling tot de meeste mannelijke wetenschappers. In 1918 werd Noether's theorema gepubliceerd, een jaar *nadat* Einstein zijn theorie van de Algemene Relativiteitstheorie had gepubliceerd. Een ongelukkige timing, omdat juist haar theorema Einstein met zijn theorie geholpen zou hebben.

De Algemene Relativiteitstheorie is in sommige opzichten in strijd gebleven met het theorema van Noether. Hoewel ze deze inconsistenties aan Einstein opstuurde en ondanks zijn bewondering voor haar werk, nam hij om onbekende redenen haar opmerkingen niet ter harte en negeerde haar. Emmy Noether is nog steeds een miskende wetenschapper omdat haar theorema nog altijd niet is geïmplementeerd in Einsteins theorie. Einsteins theorie is briljant maar niet perfect.

Energiebehoud vereist bijvoorbeeld dat de lichtsnelheid invariant is voor tijd in een groter referentiekader, niet alleen in een lokaal referentiekader. Omdat Einstein zijn theorie niet corrigeerde met het theorema van Noether, blijft een foutje hangen in de Schwarzschild oplossing en dat verhindert dat de Shapiro vertraging verklaard kon worden met die Schwarzschild oplossing.
Het is verbazingwekkend, dat het theorema van Noether zelfs niet eens genoemd wordt in een belangrijk werk over de Relativiteitstheorie: "Gravitation" door Misner, Thorne en Wheeler. Dus: Emmy Noether, de *miskende* wetenschapper.

Laten we nu dieper ingaan op Noethers theorema, de resulterende fout in de Algemene Relativiteitstheorie vaststellen, de gevolgen ervan voor de Schwarzschild oplossing vaststellen en de inconsistentie ervan met het Shapiro-experiment bekijken. Vervolgens repareren de auteurs de Schwarzschild oplossing met het theorema van Noether en dit levert verbluffende resultaten op!

Noether's theorema van energie en impulsbehoud

Het theorema van Noether is gebaseerd op symmetrieën, elke symmetrie resulteert in het behoud van een natuurkundige grootheid. De symmetrie van de ruimte en oriëntatie (ruimte is overal hetzelfde, ook in alle richtingen) resulteert in het behoud van impuls(moment). De symmetrie van tijd leidt tot het behoud van energie; de wetten van de fysica en zijn constanten zoals de lichtsnelheid "c", de Newton constante "G" en de Hubble constante "H" moeten hetzelfde blijven na verloop van tijd om behoud van energie te garanderen.

Echter, Einsteins Algemene Relativiteitstheorie behoudt impuls(moment) in een lokaal Lorentz

kader. Uit de tweede en derde orde partiële afgeleiden van zijn theorie blijkt dat het resultaat lokaal is. Wanneer een kader zodanig beperkt wordt, dat het Euclidisch is (ook genoemd "lokaal Lorentz"), blijft energie- en impuls-behoud gegarandeerd, conform het theorema van Noether. Kritiek (door Noether en Hilbert) dat in Einsteins Algemene Relativiteitstheorie energie- en impuls-behoud niet behouden blijft, is dus ten dele juist; het is niet gegarandeerd binnen het grote ruimtetijd-referentiekader.

De auteurs maken onderscheid tussen energie- en impuls-behoud in een lokaal Lorentz kader, en energie- en impulsbehoud binnen een breder "Noether kader"; een Noetherkader is een Euclidisch referentiekader waarbinnen de wetten van de fysica gelden. Binnen een Noether kader, wordt energie en impuls behouden, terwijl daarin de natuurconstanten zoals "c", "G" en "H" overal hetzelfde zijn, zowel in alle richtingen als na verloop van tijd.

Om Einsteins Relativiteitstheorie te verenigen met het theorema van Noether, moeten we Einsteins ruimtetijd plaatsen in het bredere, hypothetische Noetherkader. De bredere coördinaten, hetzij Cartesische of polaire coördinaten, zijn coördinaten binnen een Euclidisch (vlak en hypothetisch) Noetherkader. Bijvoorbeeld: licht van een ster buigt rond de zon zoals waargenomen door Eddington in 1919. Het sterlicht gaat door de ruimtetijd, maar wordt gebogen ten opzichte van het bredere Euclidische Noetherkader (ten opzichte van de verre sterren).

Gevolg is een fout in de Algemene relativiteit, herroepen door Einstein

In 1915, stelde Einstein dat de determinant van de covariante metrische tensor gelijk moest zijn aan min één ($g = -1$). Deze eis is echter in conflict met het theorema van Noether, nl. dat *isotropie* vereist is in het referentiekader. Bijvoorbeeld wordt in de Schwarzschild oplossing, de radiale richting (dr) anders behandeld dan de transversale richtingen ($r.d\theta$ en $r.\sin\theta.d\varphi$). Dat is niet Schwarzschilds fout, hij maakte gebruik van Einsteins eis van $g = -1$ om zijn eerste oplossing te vinden in januari 1916.

Maar Einstein liet deze eis vallen in zijn laatste publicatie, in een enkele voetnoot in 1917, ná het overlijden van Schwarzschild. Verbazingwekkend: niemand corrigeerde vervolgens de Schwarzschild oplossing (n.a.v. het vervallen van de $g = -1$ eis), zelfs Einstein niet. Als hij Noether's kritiek ter harte had genomen, zou hij de eis hebben veranderd in de constantheid van de lichtsnelheid "c" in alle richtingen, zowel in het lokale kader als ook in het bredere referentiekader, in overeenstemming met zijn eerdere Speciale relativiteit. Dus weer: Emmy Noether, de *miskende* wetenschapper.

Gevolg: een blijvende fout in de Schwarzschild oplossing

In 1922 schreef Eddington zijn boek "The wiskundige theorie van Relativiteit", waarin hij de oplossing voor een massapunt beschrijft. Hij komt tot een enigszins ander resultaat dan Schwarzschild had verkregen in 1916. Terwijl Schwarzschild een extra variabele "R" gebruikt om tot zijn oplossing te komen ($R^3 = r^3 + R_S^3$, waarin "R_S" de Schwarzschild straal is), gebruikt Eddington direct de polaire coördinaat "r", zie de formule (1) op de volgende pagina. Het directe gebruik van de polaire coördinaat "r" lost de Noether eis van een invariante lichtsnelheid "c" echter alleen op in radiale richting (dr).

Emmy Noether, de miskende wetenschapper

Noether's theorema corrigeert Einsteins Algemene Relativiteit

Het is verbazingwekkend, dat Eddington een variabele V(r) unificeerde (één maakte) door zomaar "het achtervoegsel te laten vallen". Het lijkt alsof hij zijn oplossing wilde laten aansluiten op de Schwarzschild oplossing door V(r) te unificeren. Dus Eddington herstelde wel de invariante lichtsnelheid in radiale richting (dr), maar deed niet hetzelfde voor beide transversale richtingen! Als hij Noether niet had genegeerd, had ook hij de sleutel kunnen hebben tot verklaring van de Shapiro vertraging. Emmy Noether, weer de *miskende* wetenschapper.

Shapiros experiment

In 1963 voerde Shapiro een bijna ongelooflijk experiment uit. Hij stuurde een radarsignaal naar Venus en terug, terwijl de planeet vrijwel aan de andere kant van de zon stond. Het radarsignaal deed er ongeveer een half uur over om terug te keren. Dit radarsignaal is enigszins vertraagd. Deze "Shapiro vertraging" meet slechts 190 microseconden als het signaal de zon passeert op drie keer de straal afstand.

Om deze vertraging te verklaren, zou de keuze voor de Schwarzschild oplossing met de zon als een massapunt alleszins redelijk zijn, maar Shapiro deed dit niet. Waarom weten we niet, hoewel de auteurs vermoeden dat het conflicterende resultaat de reden is. Want rekenend met de (foutieve) Schwarzschild oplossing wordt een onjuiste vertraging verkregen!

De vertraging in het radarsignaal is niet over het hele traject hetzelfde. De vertraging is in werkelijkheid sterker naarmate het signaal dichter bij de zon komt. Echter, in Eddington's foutieve versie van de Schwarzschild oplossing, is het effect nul het dichtst bij de zon! Als Eddington dus niet "het achtervoegsel had laten vallen", had hij de Shapiro vertraging kunnen verklaren. Shapiro moest terugkeren naar Einsteins veldvergelijkingen om de vertraging zelf te berekenen. Ook Shapiro had de Schwarzschild oplossing dan met het theorema van Noether kunnen repareren maar ook hij deed het niet. Emmy Noether, steeds weer de *miskende* wetenschapper.

Voor specialisten: Reparatie van de Schwarzschild oplossing

Shapiro was de eerste om de relatie te leggen tussen een tijdsverschil gemeten vanaf ver "dt_∞" en het tijdsverschil in afwezigheid van zwaartekracht "dt" (Euclidisch, waar Pythagoras toepasbaar is), ofwel dt_∞ = dt / Φ, waarin "Φ" de zwaartekrachtpotentiaal is, zie formule (2). De auteurs zullen nu deze relatie gaan gebruiken om de Schwarzschild oplossing te repareren met het theorema van Noether. De Schwarzschild oplossing van Eddington (met R_S als Schwarzschild straal 2G.M / c^2) ziet er als volgt uit:

$$c^2.dt_0^2 = c^2.\sigma^2.dt_\infty^2 - dr^2 / \sigma^2 - r^2.(d\theta^2 + \sin^2\theta.d\varphi^2) \qquad [m_0^2] \quad \text{Eddington's versie} \qquad (1)$$

$$\sigma^2 = \Phi = 1 - R_S / r \qquad [\,] \quad \text{zwaartekrachtpotentiaal} \qquad (2)$$

Merk op dat "σ" de vierkantswortel is van de zwaartekrachtpotentiaal genaamd de "zwaartekracht-factor" zie formule (4). Het ontbreken van isotropie zit in de transversale termen r.dθ en r.sinθ.dφ, dit is waar Eddington de term V(r) unificeerde door "het achtervoegsel te laten vallen". Deze huidige Schwarzschild oplossing zoals uitgewerkt door Eddington, heeft slechts twee relatief kleine wijzigingen nodig om te voldoen aan het Noether theorema. Deze wijzigingen

herstellen een invariante lichtsnelheid in alle richtingen en interpreteren tijd zoals Karl Schwarzschild tijd definieerde: gemeten vanaf ver oftewel "dt_∞", meestal geschreven als "dt".

De reparatie ervan omvat weer de term V(r) door het delen van de transversale termen door "σ^2" en gebruikt Shapiros formule voor het tijdsverschil "dt_∞":

$c^2.dt_0^2 = \{c^2.dt^2 - dr^2 - r^2.(d\theta^2 + \sin^2\theta.d\varphi^2)\} / \sigma^2$	$[m_0^2]$	*gerepareerde* Schwarzschild opl.	(3)
$c^2.dt_0^2 = \{c^2.dt^2 - v^2.dt^2\} / \sigma^2$	$[m_0^2]$	gebaseerd op ds = v.dt:	
$dt_0^2 = \{1 - (v^2 / c^2)\}.dt^2 / \sigma^2$	$[m_0^2]$	gebaseerd op $1 / \gamma^2 = (1 - (v^2 / c^2)$:	
$dt_0 = dt / \sigma.\gamma$	$[s_0]$	*compacte* Schwarzschild oplossing	(4)

Formule (4) is dezelfde als formule (3), slechts compacter: $ds^2 = dr^2 + r^2.(d\theta^2 + \sin^2\theta.d\varphi^2)$. De Speciale Relativiteitstheorie verschijnt weer in afwezigheid van zwaartekracht ($\sigma = 1$), ook de boost-factor $1 / \gamma^2 = 1 - (v^2 / c^2)$ verschijnt weer. Dus, gebaseerd op behoud van energie en impuls, krijgen we vervolgens (zie Boek II):

$E = \sigma.\gamma.m_0.c^2$	[J]	energie van een massa-deeltje	(5)

Merk op dat deze overeenstemming van de Schwarzschild-oplossing met Noether's theorema ook de Speciale Relativiteitstheorie verenigt met de (gerepareerde) Schwarzschild oplossing. Ten slotte kunnen we ook de zwaartekracht potentiaal *binnen een bol* met straal "R" berekenen op basis van continuïteit (zie Boek II):

$\Phi = 1 - 1½R_S / R + ½R_S.r^2 / R^3$	[ ]	bol-interne zwaartekracht potentiaal	(6)

Het belang van deze gerepareerde Schwarzschild oplossing

Tot zover is het allemaal theorie; je kan jezelf afvragen welk doel het dient. Naast de prachtige wiskunde en de formule voor de binnenkant van een bol verkrijgen we hiermee toch echt belangrijke toepassingen:

1) de ontsnappingssnelheid van elk object in de ruimte kan nauwkeurig worden vastgesteld;
2) de temperatuur van de kern van de aarde en de zon kan worden berekend (in feite de kerntemperatuur van iedere ster of planeet kan hiermee worden berekend!);
3) de cesium klokken op aarde kunnen beter worden gesynchroniseerd;
4) onze theorie heeft geen singulariteiten nodig omdat de straal "R" altijd groter is dan R_S.

Toelichting:

bij 1): formule (5) kan worden gebruikt voor het berekenen van de ontsnappingssnelheid van een bol ($\sigma.\gamma = 1.0$),

bij 2): formule (6), voor de binnenkant van een bol, is zeer nuttig om de kern temperatuur vast te stellen (r = 0) van de aarde (> 5.380 K) en de zon (> 15.500.000 K),

bij 3): formule (4) beschrijft nauwkeurig het gedrag van cesium klokken op verschillende locaties en bij verschillende rotatiesnelheden op aarde,

bij 4): formule (6) beperkt de straal "R" tot ten minste $1½R_S$, er bestaat dus niet zoiets als het "vallen door de gebeurtenishorizon van een zwart gat"; de Schwarzschild straal "R_S" (de zogenaamde "event horizon") ligt per definitie binnen de echte straal "R": er is géén "event horizon"!

Zie voor verdere details en analyses het Boek II "Repairing Schwarzschild's Solution".

Samenvatting en vervolg

Het negeren van de briljante wetenschapper Emmy Noether, was een verlies voor de vooruitgang van de Relativiteitstheorie. De auteurs hebben hierna het theorema van Noether ook nog toegepast op de Robertson-Walker oplossing. Dat heeft geleid tot een prachtig ruimtetijd model, een model dat Einstein, Minkowski en Noether zeker zou bevallen. Dit kosmologische model, een 3-sphere ruimtetijd, is gebaseerd op Einsteins eerste model, maar met een twist: de vierdimensionale straal is gelijk aan de tijd! Dit gerepareerde model verklaart de waargenomen verdeling van de sterrenstelsels over het universum, de snelle stervorming in verre sterrenstelsels (roodverschuiving plus één sneller) en vooral: er is geen behoefte meer aan raadselachtige 'donkere energie' en de meeste 'donkere materie'.

Meer informatie?

Drie boeken op www.loop-doctor.nl beschrijven de reparatie van Einsteins relativiteit met Noethers theorema in detail. Wij hopen dat u evenveel "aha" ervaringen zult beleven als wij,

Rob Roodenburg (MSc. auteur)
Frans de Winter (MSc. coauteur)
Oscar van Duijn (MSc. coauteur)
Maarten Palthe (MSc. redacteur en vertaler)

Schiedam,
februari, 2018