

Emmy Noether

Welke namen komen als eerste op wanneer je aan bekende resultaten uit de natuurkunde denkt? Waarschijnlijk die van Albert Einstein en Isaac Newton. Wie verder? Misschien James Clerk Maxwell? Misschien Galileo Galilei? In elk geval zal Emmy Noether niet zo snel opduiken in deze lijst - ikzelf leerde pas over haar tijdens mijn natuurkundestudie. Maar zodra ik begon te leren over moderne theoretische fysica, dook haar naam - en het begrip Noethers (Tweede) Stelling - overal op in de syllabi.



Emmy Noether rond 1900. Noether viel op omdat ze, toen ze actiever werd aan de universiteit, vaak minimale (voor een vrouw van die tijd) moeite stak in haar haar en uiterlijk en zo gemakkelijk mogelijke kleding droeg. Foto via

[Wikimedia Commons](#), auteur onbekend.

De wiskundige stelling die Noether bewees is van fundamenteel belang voor de moderne natuurkunde, en daarnaast ook van een enorme conceptuele schoonheid: ze stelt dat elke symmetrie samengaat met een behouden grootheid. Behoud van energie, bijvoorbeeld – een wet waarvan ik gedurende mijn hele natuurkundebachelor dacht dat het een soort axioma was – bleek een consequentie te zijn van tijdstranslatiesymmetrie. Met de stelling koppelde Noether zo twee verschillende fundamentele concepten aan elkaar.

Het belang van de stelling staat in schril contrast tot de onbekendheid van zijn ontdekker. Het is natuurlijk niet helemaal toevallig dat we zoveel horen over Einstein en zo weinig over Noether. Noether had niet alleen [te maken met seksisme](#), ook haar Joodse afkomst en (veronderstelde) socialistische politieke mening hebben haar carrière in de weg gezeten.

Adelie Emmy Noether werd geboren in 1882 in Erlangen in huidig Duitsland. Haar vader Max Noether was professor in de wiskunde aan de universiteit van Erlangen. In 1900 behaalde Emmy haar diploma om Engels en Frans te mogen doceren aan meisjes, maar in plaats van dat te doen, wilde ze verder studeren aan de universiteit. Dat was in die tijd niet toegestaan voor vrouwen (er werd gesteld dat gemengde educatie “alle academische orde omver zou gooien”) dus ze mocht de colleges slechts bijwonen als *auditor*, wat betekent dat ze geen examens mocht doen (*auditor* is Latijn voor ‘horende,’ dus het betekent dat ze slechts de stof mocht *aanhoren* maar geen tentamen mocht doen en dus niet officieel de vakken mocht afronden) In 1903 werd de wet eindelijk veranderd en schreef ze zich officieel in bij de universiteit. Ze behaalde daar haar doctoraat *summa cum laude* onder supervisie van Paul Gordan en begon later, toen haar vader ziek werd, lessen over te nemen van hem, onbetaald en onder zijn naam.

In 1915 werd Noether door David Hilbert en Felix Klein, twee van de meest prominente wiskundigen van die tijd, gevraagd naar de universiteit van Göttingen te komen. Dit voorstel werd in eerste instantie geblokkeerd door de filosofiefaculteit. Iemand zou hebben gezegd: “Wat zouden onze soldaten denken wanneer ze terugkomen op de universiteit en erachter komen dat ze moeten leren aan de voeten van een vrouw?” Hilbert protesteerde en zou hebben gereageerd met: “Mannen! We zijn een universiteit, geen badhuis!” Hilbert was een vrij excentrieke wiskundige die sowieso niet zo in de smaak viel bij de iets traditioneler

Een kaart aan E. Fischer. Noether stuurde vaak ansichtkaarten vol met wiskundige ideeën naar collega's en vrienden. Afbeelding via [Wikimedia Commons](#).

In die tijd leek er een probleem te zijn met de ontwikkeling van de algemene relativiteitstheorie, namelijk dat de theorie de wet van behoud van energie tartte. De theorie leek te impliceren dat het mogelijk zou zijn om energie te creëren en te vernietigen. Dat kwam omdat de ruimtetijd, het geheel van ruimte en tijd, volgens Einsteins berekeningen kan buigen, en dat daardoor een stukje ruimte kan uitdijen of inkrimpen. Wat gebeurt er dan met de energie binnen dat stukje ruimte? De energiedichtheid of de totale energie binnen het stukje moet veranderlijk zijn. Hilbert dacht hierover mee met Einstein en vroeg Noether om het probleem ook te onderzoeken. Dit leidde haar uiteindelijk tot de ontdekking van de Tweede Stelling van Noether³, die zoals gezegd stelt dat elke symmetrie samengaat met een behouden grootheid. In dit geval wil dat zeggen dat uit tijdstranslatiesymmetrie (het feit dat de uitkomsten van natuurkundige experimenten hetzelfde blijven als je ze eerder of later in de tijd uitvoert) behoud van energie volgt. Systemen die tijdstranslatiesymmetrie breken, kunnen dus ook de wet van behoud van energie breken. Ons universum is nietinvariant onder tijdstranslatie: het dijt uit. Noether's resultaat redde dus niet de "wet" van behoud van energie, maar gooide 'm juist omver: ze liet zien dat de totale energie in het universum helemaal niet constant hoeft te zijn. Het blijkt dat de belangrijkste energiedichtheid van het universum, de zogeheten kosmologische constante, wél constant blijft over de tijd, wat betekent dat de *totale* energie in het universum vermeerderd.

De werkelijke invloed van Noethers ideeën is moeilijk op waarde te schatten omdat veel van haar bijdragen in discussies met collega's uiteindelijk werden gepubliceerd onder de naam van de mannen. Dit wordt soms het Mathilda-effect⁴ genoemd, naar het essay *Woman as Inventor* geschreven door Matilda Joslyn Gage aan het einde van de negentiende eeuw. Zelf schreef Noether in 1931 aan een collega: "Mijn [algebraïsche] methodes zijn eigenlijk werken redeneermethodes; daarom zijn ze overal anoniem ingeslopen." Op latere leeftijd werd haar toegestaan om PhD-studenten te begeleiden en had ze vele (mannelijke) volgelingen, die ze onderwees. Het schijnt dat Noether zelfs behoorlijk vrijgevig is geweest met wiskundige resultaten, als die het carrièrepad van haar discipelen vooruit konden brengen. Ze stond bekend als enorm hulpvaardig.⁵ Bartel Leendert van der Waerden, een van de "Noether Boys," zei over haar dat ze "compleet onegoïstisch en vrij van ijdelheid nooit iets

voor zichzelf behield, maar met name het werk van haar studenten promootte.” Het boek *Moderne Algebra* dat Van der Waerden later zelf schreef is voor een groot deel gebaseerd op Noethers ideeën. Dit boek is het eerste boek dat de theorie van ringen, idealen en velden axiomatisch uiteenzette en werd een van de standaardboeken in dit veld. Noether kan dus worden gezien als een van de grondleggers van de moderne abstracte algebra. Dit zou Noether zelf waarschijnlijk haar belangrijkste bijdrage hebben gevonden – ze focuste gedurende haar carrière op de algebra en de natuurkundige stelling waarmee ze met name beroemd is geworden beschouwde ze als een bijzaak. Het zijn ook anderen geweest, waaronder Hermann Weyl, die de gevolgen van haar stelling in verschillende richtingen binnen de natuurkunde zijn gaan onderzoeken. Uiteindelijk heeft het toepassen van de theorie op symmetrie-eigenschappen van deeltjes de basis gelegd voor het Standaardmodel van de elementaire deeltjes, het model dat materie voor zover we het tot nu toe begrijpen beschrijft.

In de aanloop naar de Tweede Wereldoorlog werden steeds meer Joodse wis- en natuurkundigen weggestuurd van de universiteit. Noether ging, net als Einstein, naar Amerika, maar in plaats van een positie te krijgen op het prestigieuze Princeton Institute for Advanced Studies, kreeg ze er een op een instituut, genaamd Bryan Mawr, specifiek gericht op vrouwen. Helaas heeft ze niet lang kunnen genieten van de vrijere academische sfeer in Amerika, want na twee jaar, in 1935, overleed ze plotseling aan de gevolgen van een cyste.



Emmy Noether, 1882-1935. De bescheiden steen waaronder Emmy Noethers as ligt, op de campus van Bryn Mawr. Foto uit [A Refugee Scholar from Nazi Germany: Emmy Noether and Bryn Mawr College](#).

Naar aanleiding van haar overlijden schreef Einstein in 1935 een artikel voor de New York Times⁶, waarin hij stelde dat “Juffrouw Noether het belangrijkste creatieve wiskundige genie is dat tot dusver geproduceerd is sinds de hogere scholing van vrouwen begon.” Om nog een citaat van dit type te noemen: Norbert Wiener, een wiskundige en informaticus, zou hebben gezegd: “Juffrouw Noether is de grootste vrouwelijke wiskundige die ooit heeft geleefd, en de grootste vrouwelijke nog levende wetenschapper en een geleerde van hetzelfde niveau als Madame Curie.” Het zou je moeten opvallen dat veel mannen het nodig vinden om bij hun lof niet alleen te vermelden dat ze een vrouw was, maar ook de impressie geven dat haar genialiteit bijzonderder of anders was vanwege haar vrouw-zijn... Terwijl duidelijk is dat ook in vergelijking met haar mannelijke collega’s Emmy Noethers genialiteit ongelooflijk was. Daarom verdient haar naam mijns inziens zeker meer bekendheid. Bij deze.

[1] Edmund Landau, die enorm belangrijk is geweest voor de theoretische vastestoffysica, en deel uitmaakte van de commissie die mocht bepalen of Noether zou mogen lesgeven, zei: “Hoe makkelijk zou deze beslissing zijn voor ons als dit een man was... Ik zou veel liever hebben dat deze uitbreiding van ons lessenprogramma mogelijk zou zijn zonder de habilitatie van een vrouw. [...] Het vrouwelijke brein is niet geschikt voor wiskundige productie, maar ik zie Juffrouw N als een van de zeldzame uitzonderingen.” Later zou hij hebben gezegd: “Ik kan getuigen dat ze een groot wiskundige was, maar dat ze een vrouw was, kan ik niet zweren.”

[2] Als je dit artikel interessant vindt, raad ik je zeker aan om dit boek ook te lezen! Het legt Noethers stelling uitgebreid uit en gaat daarnaast ook diep in op de ontstaansgeschiedenis van de stelling en van de algemene relativiteitstheorie in het algemeen: hoe seksisme, het antisemitisme van net voor de Tweede Wereldoorlog, de belangen van de universiteit en persoonlijke belangen en karaktertrekken van wis- en natuurkundigen allemaal van invloed zijn op dat proces (iets waar ik hopelijk in dit artikel al een klein inkijkje in heb gegeven). Dit artikel is grotendeels gebaseerd op dit boek en de citaten komen ook hieruit.

[3] Over deze stelling schreef Jorrit Kruthoff al eens een [artikel op deze website](#).

[4] Zie bijvoorbeeld [de artikelen van Sumedha Biswas](#) over dit onderwerp.

[5] Dit staat in contrast tot Einstein zelf, die - zo blijkt uit brieven die hij schreef naar vrienden gedurende de periode dat hij werkte aan de algemene relativiteitstheorie - erg bang was dat iemand anders met de credits voor de theorie zou weglopen. Hij schreef bijvoorbeeld over zijn vriend Marcel Grossmann, die hem wees op de moderne differentiaalmeetkunde van Riemann die cruciaal was voor het uitwerken van de theorie en hem hielp de moeilijke stof te begrijpen, en tegen wie hij eerder zei “Grossmann, je moet me helpen anders word ik gek!” aan een andere vriend dat hij “nooit aanspraak zal maken op het zijn van mede-ontdekker. Hij hielp me alleen de weg te vinden door de wiskundige literatuur, maar heeft niks van waarde bijgedragen aan de resultaten.” Hij liet Grossmanns naam, net als die van Hilbert, Noether, Felix Klein, Michele Besso en misschien nog anderen weg uit zijn latere artikelen over het onderwerp. De discussie over wie precies allemaal de werkelijke

credits voor de ontwikkeling van de algemene relativiteitstheorie verdienen wordt nog steeds gevoerd.

[6] Je kan het artikel hier vinden:

<https://www.nytimes.com/1935/05/04/archives/the-late-emmy-noether-professor-einstein-writes-in-appreciation-of.html>