

Newton's Wet moet rechtgezet!

Hoe een 18e-eeuwse vertaalfout de wereld in de war bracht over de Eerste Wet van Newton

De eerste wet van Newton, ook bekend als het traagheidsprincipe, staat al eeuwenlang verkeerd in de boeken. Dit is het gevolg van een betreurenswaardige vergissing door de broer van een haastige boekenverkoper uit de achttiende eeuw. Het wordt hoog tijd om dit mistverstand eindelijk eens recht te zetten: Newtons *echte* eerste wet is fundamenteleler en minder verwarrend dan de versie die we kennen.

DANIEL.HOEK@VT.EDU, VIRGINIA TECH, JANUARI 2024, *NEDERLANDS TIJDSCHRIFT VOOR NATUURKUNDE*

Wie kent 'm niet, de Eerste Wet van Newton? *“Een lichaam waarop geen externe krachten werken (waar niet aan geduwd of getrokken wordt) blijft stil staan of beweegt door met constante snelheid in een rechte lijn.”* Zo ongeveer hebben we het allemaal op school ooit geleerd.

Een tijdje geleden kwam ik er echter tot mijn verbazing achter dat dit helemaal niet klopt.ⁱ De formulering die al eeuwen in scholen en collegezalen over de hele wereld wordt onderwezen wijkt op een belangrijk punt af van de echte Eerste Wet: het principe dat Isaac Newton optekende in zijn grote meesterwerk, de *Principia Mathematica*. Newtons *échte* eerste wet is logisch gezien sterker, fysisch gezien fundamenteleler en bovendien een stuk minder verwarrend dan de versie die we op school voorgeschoteld kregen.

Een overbodige natuurwet?

Er was altijd al iets merkwaardigs was aan de Eerste Wet zoals we hem kennen. Om te beginnen, waarom is er eigenlijk een aparte natuurwet die alleen geldt voor objecten waarop geen krachten werken? Er zijn toch ook geen natuurwetten speciaal voor lichamen waar een kracht van één Newton op werkt? Of wetten voor objecten die precies twintig gram wegen, of die een temperatuur hebben van dertien graden Celsius?

Wat dit nog vreemder maakt, is dat die krachtenvrije objecten waar de eerste wet over zou moeten gaan niet eens bestaan. Zoals Henri Poincaré al haarscherp opmerkte: niemand heeft ooit een experiment kunnen doen op een krachtenvrij lichaam.ⁱⁱ Soms wordt het voorbeeld gegeven van een hockeypuck die over het ijs glijdt, of een astronaut die door een ruimtestation zweeft. Maar deze lichamen zijn niet echt krachtenvrij: de ijspuck wordt aangetrokken door de aarde, omhooggeduwd door het ijs en vertraagd door wrijving. En ook die astronaut beweegt zich niet in een rechte lijn, maar in een boog rond de aarde.

Geen wonder, want krachtenvrije lichamen bestaan helemaal niet: door de zwaartekracht alleen al trekt alles in het universum elkaar een beetje aan. Waarom zou Newton zijn grote werk over de mechanica beginnen met een wet die nergens op toepasbaar is? De beroemde Britse astronoom Arthur Eddington vroeg zich dit ook al af, en concludeerde plagend: *“Every body continues in its state of rest or uniform motion in a straight line, except insofar as it doesn't.”*ⁱⁱⁱ

Dan is er nog een ander mysterie: waarom is er überhaupt een aparte eerste wet, gezien het feit dat deze volgt uit Newtons tweede wet? Volgens die tweede wet is de kracht die op een lichaam wordt uitgeoefend proportioneel aan de versnelling (momentumverandering) van dat lichaam, of zoals dat nu in de natuurkundeboeken staat, $\mathbf{F} = m \cdot \mathbf{a}$. Hieruit blijkt al dat er zonder kracht geen versnelling is, en dat een krachtenvrij lichaam dus zijn constante rechtlijnige beweging voortzet. Ook hier is Newton vaak over bekritiseerd, bijvoorbeeld door natuurkundige Lloyd Taylor: “the first law could have been stated more logically as a corollary to the second law, which it is, rather than as an independent law which it most certainly is not.”^{iv}

Wat er eigenlijk staat

Zoals blijkt uit deze citaten hebben heel wat commentatoren uit deze bekende problemen de conclusie getrokken dat Isaac Newton zijn eigen theorie blijkbaar nog niet helemaal op een rijtje had. Tja, het zou natuurlijk kunnen. Maar Newton was een ongelofelijk scherp en helder denker, die zijn woorden met de grootst mogelijke voorzichtigheid koos. En we hebben het hier niet over een duister achterhoekje van de *Principia*, maar over de voorgevel: dit is de natuurwet die Newton met trots vooraan presenteert. Dus dat hij die eerste wet slordig en onnauwkeurig zou hebben geformuleerd is toch niet erg aannemelijk.

Laten we daarom nog eens onbevangen kijken naar wat er nou precies staat. Hier krijgt u Newtons eerste wet in de uitstekende Nederlandse vertaling van H.J.E. Beth (“eenparig” betekent “met constante snelheid”):

Ieder lichaam volhardt in de toestand van rust of rechtlijnige eenparige beweging, behalve voor zover het door de inwerking van krachten gedwongen wordt, die toestand te wijzigen.^v

Lees die zin nu nog een keer, en stel uzelf dan de volgende vraag: wat zegt dit principe over de bewegingstoestand van lichamen die aan krachten onderhevig zijn? Kunnen zulke objecten willekeurig ver van die rechtlijnige eenparige beweging afwijken, of wordt ook aan objecten die aan krachten onderhevig zijn een beperking opgelegd?

Het antwoord lijkt me zonneklaar. Er staat dat ook lichamen waarop krachten inwerken eenparig doorgaan in een rechte lijn *voor zover het kan*; zij wijken alleen van dit pad af voor zover die krachten hen daartoe dwingen. Met andere woorden: in de eerste wet staat dat *elke afwijking van rechtlijnige eenparige beweging is toe te schrijven aan uitwendige krachten*.

Dit is net een wat ander principe dan we kennen. De verwarrende discrepanties waar we het zojuist over hadden verdwijnen nu als sneeuw voor de zon. Want deze wet is wel gewoon op echte objecten toepasbaar. Onze ijspuck is bij nader inzien toch een voorbeeld van de eerste wet: de puck glijdt eenparig en rechtlijnig door *behalve voor zover het door de inwerking van krachten gedwongen wordt van dat pad af te wijken*. Sterker nog, Newtons eerste wet is toepasbaar op *alle* lichamen: *elke versnelling, vertraging of afbuiging komt van uitwendige krachten*.

Het mysterie over de logische relatie tussen de eerste en de tweede wet lost zich zo ook op. Met de tweede wet beschrijft Newton namelijk *welke* afwijking een externe kracht precies veroorzaakt.

De eerste wet kan hier niet uit worden afgeleid, omdat in Newtons formulering de tweede wet op zich niet uitsluit dat er naast die door krachten veroorzaakte afwijkingen nog verdere acceleraties zouden kunnen zijn.

Bovendien is de traagheidswet zoals we hem nu lezen er eentje die wél trots op de pui kan. Vóór Newton dacht men dat objecten uit zichzelf vertraagden als hun *impetus* opraakte (Buridan), dat stenen van nature richting de aarde buigen doordat ze van aarde zijn gemaakt (Aristoteles) of dat atomen rondansen uit pure willekeur (Lucretius). Het uitbannen van dit soort ideeën ligt aan het hart van Newtons revolutie. Dus het principe dat elke versnelling, vertraging en richtingsverandering door externe krachten wordt veroorzaakt is een fundamenteel en waardig grondbeginsel van de moderne mechanica.

Newton's Tol

Dat Newton zelf bij de eerste wet niet aan krachtenvrije lichamen dacht, blijkt duidelijk als we zijn toelichting lezen, die net onder de eerste wet zelf staat. Ter illustratie geeft Newton daar wat praktijktoepassingen. Zo noemt hij het feit dat de planeten eindeloos volharden in hun elliptische baan rond de zon omdat ze niet onderhevig zijn aan wrijving. Een ander voorbeeld is dat van een tol die alsmaar doordraait, behalve voor zover wrijving dit tegenhoudt.

Newtonexperts verwonderen zich wel eens over deze voorbeelden: dit zijn duidelijk helemaal geen krachtenvrije objecten, en ook de rechtlijnigheid is ver te zoeken. De beroemde Nederlandse wetenschapshistoricus E.J. Dijksterhuis schrijft streng dat deze tol “hier natuurlijk niet thuishoort” en laat zien “hoezeer Newtons traagheidsbeschouwing in het verleden wortelt.”^{vi} Voor de duidelijkheid: Dijksterhuis beweert dus dat Newton zijn eigen eerste wet zo slecht had begrepen dat hij hem al verkeerd toepaste tijdens zijn uitleg van die wet zelf.

Maar het is toch echt Dijksterhuis die in de war was over de eerste wet, en niet Newton. Natuurlijk wijken delen van een tol af van eenparige rechtlijnige beweging, maar Newton's punt is dat ze alleen afwijken *voor zover uitwendige krachten ze daartoe dwingen*. Hij legt dat in deze passage heel precies uit: de onderdelen van een tol dwingen elkaar door hun samenhang van het rechte pad af (anders zou de tol uiteenspatten). Daardoor is ‘alleen afwijken van een rechte lijn voor zover krachten daartoe dwingen’ in dit geval een kwestie van rondjes draaien: de cohesiekrachten buigen de rechte lijn om tot een cirkel. Zodoende voldoet elk stuk tol dus aan de eerste wet door te volharden in een cirkelbeweging, behalve voor zover wrijving de boel vertraagt.

Wat Newton laat zien met deze voorbeelden is precies wat Dijksterhuis, Poincaré, Eddington en zoveel anderen hebben gemist: namelijk dat de eerste wet wel degelijk toepasbaar is op lichamen die aan krachten onderhevig zijn.

Hoe is het mogelijk dat al die experts dit al die tijd collectief over het hoofd hebben gezien? We mogen toch zeker aannemen dat deze bollebozen allemaal de *Principia* ergens in de boekenkast hadden staan. Dan hadden ze die eerste wet toch wel even kunnen opzoeken, en dan hadden ze toch ook, net als wij, gezien wat er staat? Zo simpel ligt het echter niet.

De gebroeders Motte

Toen Isaac Newton in 1727 overleed, bestond zijn *Principia* alleen nog in het Latijn. Kort daarna werd op meerdere plaatsen aangekondigd dat Newtons naaste collega Henry Pemberton een Engelse vertaling zou gaan maken. Pemberton was de ideale man voor de klus: hij had intensief met Newton samengewerkt bij het prepareren van de laatste editie van dit enorme werk, die net was gepubliceerd. Maar die vertaling van Pemberton is er helaas nooit gekomen. Dat heeft er waarschijnlijk alles mee te maken dat al in 1729, twee jaar na Newtons dood, plotseling een andere Engelse vertaling op de markt kwam, uitgegeven door de Londense boekhandelaar Benjamin Motte. En aan welke illustere natuurkundige gaf Motte de eer van die vertaling? Aan zijn eigen broer, Andrew.

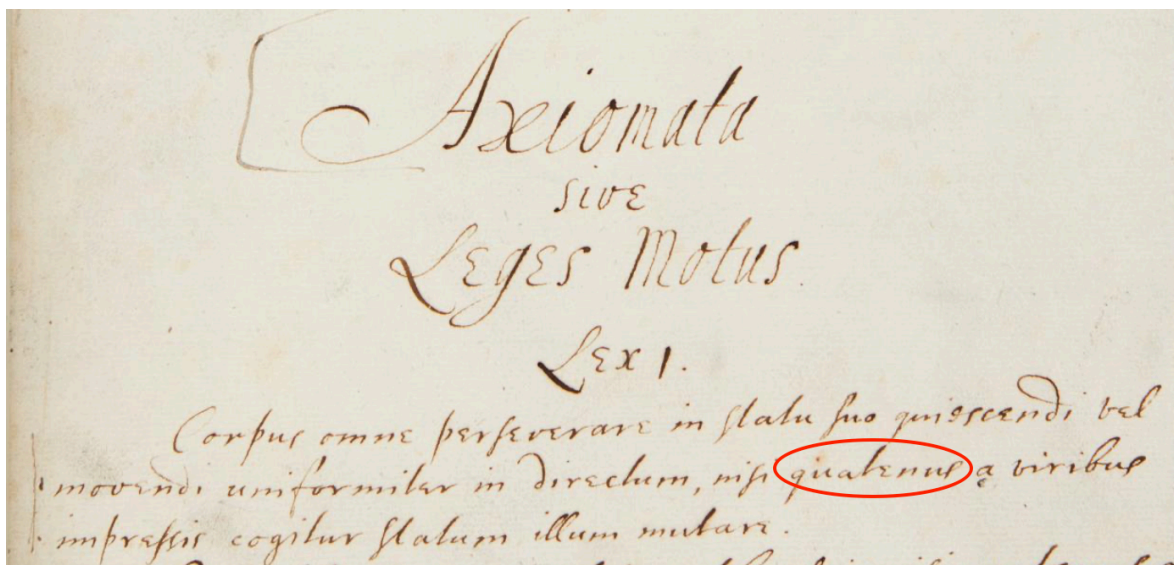
Volgens historicus I.B. Cohen, die de Mottes bestudeerde, was Benjamin Motte een gewiekste zakenman, voor wie “het niet onkarakteristiek zou zijn om deze opdracht al bij Newtons leven aan zijn broer te geven, om hem zo snel mogelijk klaar te hebben wanneer de bejaarde Newton stierf.” Nogal een haastklus dus. Toch moet gezegd dat Andrew Motte erin is geslaagd in korte tijd een goede vertaling te produceren, die de tand des tijds wonderwel heeft doorstaan.^{vii}

Behalve dan één detail. Bij het vertalen van de eerste wet sloeg Motte een cruciaal woordje over, het Latijnse woord “quatenus”, wat “voor zover” betekent:

Every body perseveres in its state of rest, or of uniform motion in a right line, unless it is compelled to change that state by forces impress'd thereon.^{viii}

Ieder lichaam volhardt in de toestand van rust of rechtlijnige eenparige beweging, tenzij het door de inwerking van krachten gedwongen wordt, die toestand te wijzigen.

“Tenzij” dus, in plaats van “behalve voor zover.” Het lijkt misschien een subtiel verschil, maar



De Eerste Wet in Newtons handschrift, met het woordje “quatenus” (“voor zover”) omcirkeld

het maakt wel uit: Motte doet het klinken alsof de eerste wet een *uitzondering* maakt voor lichamen die aan krachten onderhevig zijn, in plaats van een *kwalificatie*. Daardoor ontstaat het misverstand dat de eerste wet alleen krachtenvrije lichamen beschrijft.

Omdat het Latijn allang de voertaal van de wetenschap niet meer is, is die vertaling van Motte eeuwenlang *de facto* de standaardeditie van Newtons *Principia* geweest. Zodoende heeft Mottes “tenzij” onze collectieve interpretatie van de eerste wet bepaald. Mottes vergissing vond zijn weg in latere edities, in de Franse, Duitse en Italiaanse vertalingen, en is in talloze schoolboeken en academische geschriften overgenomen.^{ix} Ook in Nederlandse natuurkundeboeken zie je vaker “tenzij” dan “behalve voor zover”. Als Poincaré zijn *Principia* erop nakeek, dan kwam hij dus die verkeerde vertaling tegen.

Er zijn wel correcte vertalingen, zoals de hierboven geciteerde Nederlandse. In 1999 kwam er een nieuwe Engelse academische standaardeditie van de *Principia* uit, en ook daar staat netjes “except insofar”.^x Maar het is nu eenmaal een robuust psychologisch fenomeen dat mensen zien wat we verwachten te zien. Na eeuwen gewenning en educatie gaat een juiste vertaling niet gelijk gepaard met een juiste interpretatie. Dus ook degenen die wel een correcte vertaling hanteren lezen daar meestal nog steeds de oude, verkeerde interpretatie in terug.

Dijksterhuis is hier een duidelijk voorbeeld van. En in de bijlage van die nieuwe Engelse vertaling staat een gedetailleerde beschouwing over de vertaalfouten van Motte, waarin die “tenzij” niet eens wordt genoemd: ook de vertalers zelf zagen de transitie naar “behalve voor zover” als een cosmetische ingreep, die geen significant verschil maakte voor de inhoud van de eerste wet. Maar zoals we net hebben gezien, maakt het wel degelijk een groot verschil.

Uw studenten verdienen de échte Newton!

Voor de meeste scholieren is het de eerste wet van Newton het allereerste voorbeeld dat ze zien van een echte natuurwet. Er is geen goede reden om in de natuurkundeles het door de gebroeders Motte geïntroduceerde misverstand nog langer te propageren. Het wordt tijd dat we onze leerlingen en studenten Newtons échte eerste wet laten zien: het principe dat elke versnelling, vertraging en afbuiging door externe krachten wordt veroorzaakt.

We zijn dat aan Newton verschuldigd, en het is een win-win situatie. Uit historisch oogpunt is deze interpretatie juist, uit fysisch oogpunt drukt zij een fundamenteeler principe uit, en uit educatief oogpunt is de wet zo een stuk minder verwarrend. Kinderen hebben van nature vaak ideeën over beweging die verassend veel lijken op die van Buridan en Aristoteles.^{xi} Lesgeven over de eerste wet is een prachtige kans om die intuïties direct met ze te bespreken.

Eindnoten

i. D. Hoek, 2023, “Forced Changes Only: A New Take on Inertia,” *Philosophy of Science* 90(1): p. 60-76; Pappas, S. “Mistranslation of Newton’s First Law Discovered after Nearly 300 Years,” *Scientific American*, 5 September 2023; P. de Jong, “Filosoof Daan Hoek ontdekte fout in vertaling van Newtons eerste wet,” *Het Parool*, 26 oktober 2023.

-
- ii. H. Poincaré, 1902, *La Science et l'Hypothèse*, p. 112-3. Paris: Ernest Flammarion.
 - iii. A. Eddington, 1929, *The Nature of the Physical World*, p. 123-5. New York: Macmillan.
 - iv. L.W. Taylor, 1959, *Physics, the Pioneer Science*, deel 1, p. 131. New York: Dover.
 - v. I. Newton, 1928, *Principia*, deel 1, p. 58. Vertaling H.E.J. Beth, Groningen: Noordhoff. (Spelling gemoderniseerd.)
 - vi. E.J. Dijksterhuis, 1996, *De Mechanisering van het wereldbeeld*, p. 513. Zevende druk. Amsterdam: Meulenhoff.
 - vii. Het verhaal over Pemberton en Motte staat beschreven in I.B. Cohen, 1963, "Pemberton's Translation of Newton's Principia, with Notes on Motte's Translation." *Isis* 54(3): 319-351. Het directe citaat komt van p. 325.
 - viii. I. Newton, 1729, *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Vertaling Andrew Motte, London: Benjamin Motte. Online beschikbaar op en.wikisource.org.
 - ix. Voor specifieke verwijzingen, zie Hoek 2023.
 - x. I. Newton, 1999, *The Principia. The Mathematical Principles of Natural Philosophy*. Vertaling I.B. Cohen en A. Whitman. Los Angeles: University of California Press.
 - xi. Zie bijvoorbeeld Andrea diSessa, 1982, "Unlearning Aristotelean Physics: A study of knowledge-based learning." *Cognitive Science* 6(1): 37-75.