

In voorgaande bulletins hebben we diverse malen gezien hoe Martin Wagenschein de betekenis van zijn pedagogisch-didactisch gedachtegoed duidelijk maakte aan de hand van beschrijvingen van concrete situaties. In het artikel hieronder vindt u twee voorbeelden van zulke beschrijvingen. Het inleidende deel gaat over een kleine jongen die vol verbazing ontdekt wat er gebeurt als hij kiezelsteentjes laat vallen. Dit verhaal werd door Wagenschein zelf een 'Kleine Geschiede' genoemd. Het tweede deel is de beschrijving van een onderwijssituatie waarin Wagenschein met zijn leerlingen stil stond bij de vraag of een steen valt omdat dat nu eenmaal een eigenschap van een steen is of omdat er door de aarde een kracht op de steen wordt uitgeoefend. De uitspraken van oude wetenschappers, waarmee het tweede verhaal doorspekt is, geven aan hoe Wagenschein de geschiedenis van de natuurwetenschappen niet als historisch aanhangsel behandelde, maar deze binnen zijn onderwijs een zinvolle plaats gaf. Hij betrok deze wetenschappers bij de les, liet hen als het ware op de vragen van de kinderen ingaan, hen begeleiden en aanmoedigen.

Kiezelsteentjes laten vallen¹

Onvergetelijk, dat kleine tweejarige Italiaanse jongetje met zijn blonde haar en zijn donkere ogen. Hij staat op het terras en ontdekt dat er dingen bestaan die herhaalbaar zijn en die ons op die manier leren dat we vertrouwen mogen hebben in de wereld. Hij gaat helemaal op in zijn bezigheid, hurkt heel serieus neer, vult beide handen met witte kiezelsteentjes, staat langzaam op, zijn blik op zijn handjes gericht, overtuigt zich ervan dat er toch echt niets verloren gaat, en dan maakt hij zijn handen langzaam open: vanzelf vallen de steentjes op grond, telkens weer. Hij wordt er niet moe van het steeds weer opnieuw te doen, het in twijfel te trekken, het uit te dagen, telkens opnieuw bevestiging te zoeken, ja het te oefenen en het uit te proberen. Wat hij zoekt en nodig heeft: betrouwbaarheid. Tenslotte verlaat de glimlach zijn gezichtje niet meer en elke keer als het weer gelukt² is, kijkt hij mij met zijn bruine ogen aan, alsof hij wilde zeggen: "Heb jij het ook gezien? Wat ik kan? En wat ik kan bewerkstelligen, kan laten gebeuren?"

Op dat moment kon hij nauwelijks spreken. Ik hoefde ook niet te antwoorden. Helemaal alleen deed hij de basale oerervaring op die later tot de natuurwetenschappen zou uitgroeien: orde, herhaling en voorspelbaarheid zijn – in bepaalde omstandigheden – in onze hand gegeven. Straks zal Claudio niet meer verbaasd zijn. Hij zal wennen. Hij zal zich thuis gaan voelen in deze wereld en vallende dingen zullen gewoon voor hem worden. Hij zal dan niet meer vragen, niet met blikken en niet met woorden: "Waarom vallen de stenen?"

Maar het is best mogelijk dat hij er na jaren weer naar vraagt, maar dan op een andere manier. Dan zal hij misschien fysica geleerd hebben. Ook die begint met de verwondering over het onverwachte, en via de orde van zaken, die ons zo vertrouwd is, krijgt zij haar verbazing terug.

'Wil' een steen of 'moet' hij vallen?³

Het gesprek dat hier volgt vond plaats in een 'jonge', spontane klas van 16-jarige jongens en meisjes. Ik ben ervan overtuigd dat zowel jonge als oudere kinderen en zelfs volwassenen ook zo'n gesprek zouden kunnen voeren. Nog voordat we het hadden over gravitatie, kwamen de vragen op: Waarom valt een steen eigenlijk? En: Wil hij vallen of moet hij vallen? – twee vragen die wellicht als onwetenschappelijk kunnen worden afgedaan. Eigenlijk is het heel vreemd dat die vragen in onze kant-en-klare natuurwetenschap zo weinig meer gesteld worden. Want fundamentele vragen bestaan er niet.

Dat we ze serieus moeten nemen, blijkt wel uit een stelling van Aristoteles: "Alles wat zich beweegt, beweegt zich óf door de natuur óf vanwege een uitwendige kracht óf uit vrije wil". Francis Bacon stelt in zijn *Novum Organon*: "Óf de zware en gewichtige lichamen moeten omwille van hun natuur, hun innerlijke kwaliteit, naar het middelpunt van de aarde streven óf ze moeten door de massa van de aarde zelf als een opeenhoping van dezelfde lichamen aangetrokken en weggetrokken worden". En de grote mathematicus Leonard Euler uit de 18^e eeuw schreef in zijn 'brieven aan een Duitse prinses over verschillende kwesties der natuurkunde en filosofie' het volgende: "De filosofen strijden over de vraag of er werkelijk een kracht bestaat die onzichtbaar op alle lichamen inwerkt en ze naar beneden drijft, of dat het niet veel eerder een innerlijk, in het wezen van alle lichamen liggende eigenschap is, als 't ware een soort instinct, die ze aandrijft, ze naar de aarde toe beweegt. Deze vraag doet een andere vraag opkomen, namelijk of de oorzaak van de zwaarte in de natuur van ieder lichaam zelf bestaat of daarbuiten..."

Het was snel te merken dat de kinderen (want het waren eigenlijk nog kinderen) met dat wat

ze zeiden over de oorzaak van het vallen van een steen het volgende bedoelden: Het is toch zo dat alle dingen naar het middelpunt van de aarde vallen? Wat zou daar aan de hand zijn? Wat zit daar? Daar, binnen in de aarde, stelden ze zich een krachtencentrum voor, een soort aardgeest, om het onverbloemd te zeggen. Tegenwoordig durft niemand dat meer zo te zeggen en kinderen op school zijn bang om voor zo'n uitspraak uitgelachen te worden, zeker tijdens een natuurkundeles. Maar daadwerkelijk denken ze tóch zoiets. Waarom ook niet? Probeer het maar uit: heel wat volwassenen redeneren ook zo.

Maar nu naar de tweede vraag: Wil of moet een steen vallen? Hoe kun je daar achter komen? Zij kwamen niet op een criterium. Ik gaf een hint: "Als je een pendule (slinger) naar Tibet brengt (of naar Bolivia), dan gaat hij daar een beetje langzamer heen en weer!" "Als dat zo is", zeiden ze, "dan moet hij vallen, die steen. Dan is namelijk ook de aarde er de oorzaak van. Dan 'wil' hij niet van zichzelf uit, dan moet hij ook, vanwege de aarde. -En dan is het misschien zo dat de stenen van buitenaf, door een kracht naar de aarde gedreven worden- op zo'n manier dat hun gewicht toeneemt naargelang zij lager komen, waar zij immers dichterbij het middelpunt van de aarde zijn. Dus moet de aarde er mede schuldig aan zijn. Lag de oorzaak buiten de aarde, dan was immers Tibet (en Bolivia) dichterbij de oorzaak, en zou er dus iets moeten zijn wat de pendule juist heel hard naar de grond trok." Deze redenering was begrijpelijkerwijs koren op de molens van de middelpuntsaanhangers. Om ze aan het twijfelen te brengen, vertelde ik vervolgens dat een pendule (een stilstaande pendule, geen bewegende deze keer) niet helemaal loodrecht naar beneden hangt, als hij in de buurt van een steile berg staat. Het wijst dan een klein beetje schuin naar de berg toe. Euler schreef over dit onderwerp aan de prinses: "Ik heb aan Uwe Hoogheid al laten zien dat men inderdaad geobserveerd heeft dat een grote berg in Amerika een kleine attractie bewerkstelligd heeft".

Verbazing, nadenken, en vervolgens een uitroep die getuigt van een sterke onafhankelijkheid en oorspronkelijkheid van denken: "Nee, dat moet niet betekenen dat de berg zelf trekt. Het kan best zo zijn dat de berg de kracht die in het centrum van de aarde ontspringt gewoon beter geleidt." Daar staan we dan met onze geleerdheid. Ik moest een hele poos nadenken tot het doorslaggevende experiment me te binnen kwam: "In een mijn, diep in de aarde, bevindt zich een slingerende pendule. Wat denken jullie, zal deze, omdat hij nu dichterbij het middelpunt is, sneller of langzamer slingeren?" Allen waren van mening dat hij nu sneller heen en weer moest gaan. "Nee", informeerde ik. "Het gaat nu weer

langzamer, net als in Tibet (of Bolivia)!"

Euler: "We zien nu in dat de zwaartekracht aan het oppervlak van de aarde de sterkste werking heeft en dat zij minder wordt, wanneer men van haar weggaat: zowel wanneer men binnen de aarde in de richting van haar middelpunt gaat als wanneer men bij de aarde vandaan omhoog stijgt".

Dit verbaasde de leerlingen zeer. Iemand opperde: "Dan woont de zwaartekracht dus helemaal niet binnen in de aarde, dan woont hij in de aardkorst". Weer waren de leerlingen helemaal verbaasd, maar uiteindelijk schoten ze hard in de lach. Dan moest een pendule in een mijnschacht immers op zijn kop hangen, of tenminste stil hangen. Zodoende was de vraag dus opgelost. En wel op dezelfde manier als al honderd jaar vóór Newtons

'Het gewicht is voor de steen dus geen werkzaamheid, maar een lijden'

gravitatieleer Johannes Kepler het antwoord had gegeven (in een taal die voor alle kinderen (kleine en grote) te behappen is): "Dat alle dingen loodrecht naar beneden vallen ... dat komt door het aantrekkingsgeweld van de aarde, die niet in het centrum maar in het gehele lichaam (van de aarde) ligt. En die stukken (van de aarde) trekken het hardst aan de stenen die het dichtst bij hen zijn." En later, als Kepler over vallende dingen spreekt: "Zij (de stenen) begeren niet de plaats, zoals Aristoteles beweert maar alleen het lichaam (van de aarde)". En in een brief van 28 maart 1605 schrijft Kepler aan Herwart von Hohenburg: "Zou men naast onze aarde nog een andere, grotere aarde plaatsen, dan zou onze aarde zich als een grote steen gedragen met betrekking tot de grotere aarde, dat wil zeggen dat zij door haar aangetrokken zou worden, op dezelfde manier als onze aarde dat met de stenen doet. Het gewicht is voor de steen dus geen werkzaamheid, maar een lijden...".

¹ Vertaling van de 'Kleine Geschichte nr. 3' uit Martin Wagenschein: Ursprüngliches Verstehen und Exaktes Denken I. Stuttgart: Klett, 2^e druk, p. 487/488 (Vertaling: P. Buck).

² Wat een mooi woord 'gelukt' – denkt de vertaler naar het Nederlands moet hij zeggen; 'gelungen', geslaagd dus.

³ Vertaling van 'Will' der Stein oder 'muss' er fallen? uit Martin Wagenschein: Ursprüngliches Verstehen und Exaktes Denken I. Stuttgart: Klett, 2^e druk, p. 282-284 (Vertaling P. Buck).