



Universiteit  
Utrecht

Sharing science,  
*shaping tomorrow*



ORATIE

Je moet het wel willen  
weten

Prof. dr. mr. Ralph Meulenbroeks

11 maart 2026

Je moet het wel willen weten

Welnu dan. Wetenschappelijke geletterdheid.

Om te beginnen: was is het? Deze vraag is verbazend moeilijk te beantwoorden.

### Wall Association and Recirculation in Expanding Thermal Arc Plasmas

R. F. G. Meulenbroeks, D. C. Schram, M. C. M. van de Sanden, and J. A. M. van der Mullen  
*Department of Physics, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513 5600 MB Eindhoven, The Netherlands*  
(Received 1 November 1995)

In recent years, extremely rapid recombination as well as other effects in expanding thermal arc plasmas have been attributed to wall association of radicals (mainly H) and recirculation in the expansion vessel. Coherent anti-Stokes Raman scattering measurements on H<sub>2</sub> and HD when the arc burns on a mixture of H<sub>2</sub> and D<sub>2</sub> show new evidence for this view.

PACS numbers: 52.80.Mg, 52.40.Hf, 52.75.Rx, 82.40.Ra

Models and experiments in the field of plasma chemistry generally focus on the description of radical kinetics and radical detection. Because of the very complex plasma kinetics (literally hundreds of reactions may be involved), global understanding is difficult to attain [1]. In this Letter we want to specifically address the formation of stable molecules, which appears to dominate the plasma we have studied and may play an essential role in many other types of plasmas as well. The simple view resulting from this consideration may rapidly lead to a clear understanding of the plasma chemistry in many cases.

Plasma deposition and etching techniques are becoming ever more important tools for the manufacturing of small structures in semiconductor materials, as well as for the

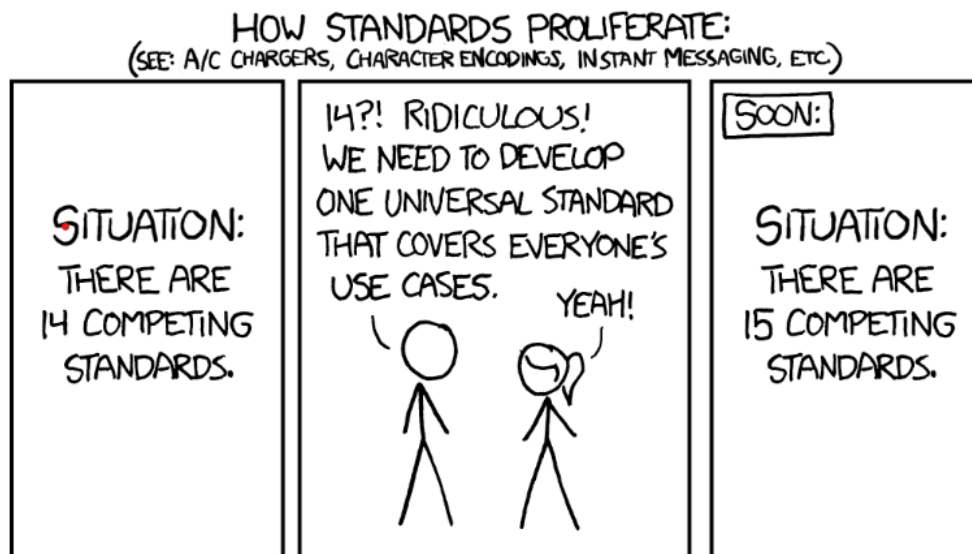
residence times are around 0.3–2 sec, and a recirculation flow is present in the vessel. These characteristics favor a major role for wall processes, leading to the formation of stable molecules from radicals (e.g., H<sub>2</sub> from H and H). The plasma is recombining and afterglowlike, with low electron temperatures ( $T_e$  around 0.2 eV) and low electron densities [ $n_e$  around  $10^{16}$  m<sup>-3</sup>, when H<sub>2</sub> is used in considerable amounts (e.g., 10 vol % H<sub>2</sub> in argon [4])]. These  $T_e$  and  $n_e$  values rule out a major importance for electron kinetics.

The research on the above mentioned wall phenomena is performed with the experiment in Fig. 1 [7]. As the wall association process creates a population of stable molecules around the plasma jet itself, i.e., in the "dark"

Het doet me soms met enige weemoed terugdenken aan mijn werk in de plasmafysica, waar begrippen als de virtuele energieniveaus in coherente anti-Stokes Ramanverstrooiing weliswaar intuïtief niet altijd even eenvoudig, maar uiteindelijk met heldere benaderingen precies te definiëren bleken.

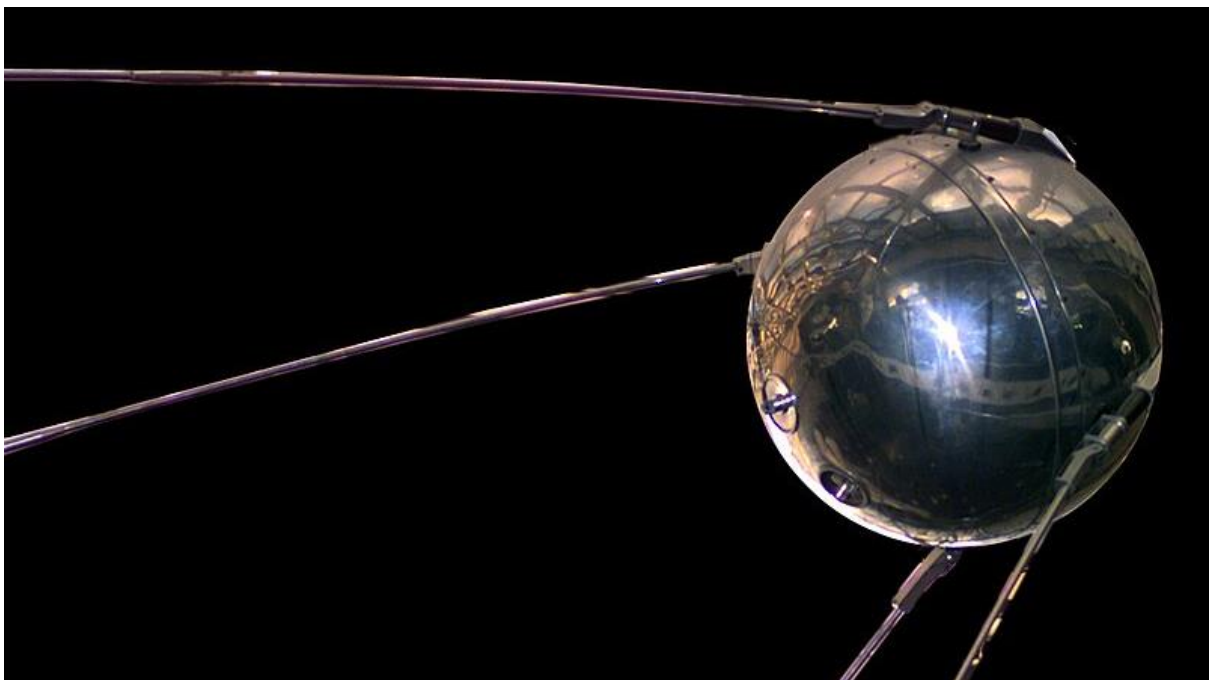
Wetenschappelijke geletterdheid lijkt zo gemakkelijk te definiëren dat iedereen het kan. In elk geval zijn er sinds de jaren veertig van de vorige eeuw letterlijk honderden definities van wetenschappelijke geletterdheid ontstaan. Een zoektocht in Google Scholar op "science literacy" en "scientific literacy" leidt tot een half miljoen artikelen.

Een veel geprobeerde oplossing is, om via een literatuurstudie tot een synthese te komen om de ultieme definitie te vinden. Wat meestal niet tot het gewenste resultaat leidt.



Toch zou het wel merkwaardig zijn wanneer ik hier niet zou kunnen vertellen wat wetenschappelijke geletterdheid is. *Spoiler alert*: het wordt een pragmatische keuze.

Hoewel het echte verhaal -zoals zo vaak- minder spectaculair is, wordt de opkomst van het begrip wetenschappelijke geletterdheid meestal toegeschreven aan deze bol.



Voorpagina's in de hele wereld kopten met grote, zwarte letters, dat de Sovjetunie erin geslaagd was voor het eerst een satelliet in een baan om de aarde te brengen.

"All the News  
That's Fit to Print"

# The New York Times.

VOL. CVII., No. 36,414. NEW YORK, SATURDAY, OCTOBER 5, 1957. FIVE CENTS

**LATE CITY EDITION**  
U. S. Weather Bureau Service: Partly cloudy and cool today and tonight. Mostly fair tomorrow. Temp. range: 65-51. Tuesday: 62-49-2.

## SOVIET FIRES EARTH SATELLITE INTO SPACE; IT IS CIRCLING THE GLOBE AT 18,000 M. P. H.; SPHERE TRACKED IN 4 CROSSINGS OVER U. S.

### HOFFA IS ELECTED TEAMSTERS' HEAD; WARNS OF BATTLE

Defeats Two Foes 3 to 1—Says Union Will Fight 'With Every Ounce'

Text of the Hoffa address is printed on Page 6.

By A. H. RANSKY  
Special to The New York Times  
MIAMI BEACH, Oct. 4.—The scandal-ridden International Brotherhood of Teamsters elected James R. Hoffa as its president today.

He won by a margin of nearly 3 to 1 over the combined vote of two rivals who campaigned on pledges to clean up the union's biggest union.

Senate racketeers investigators and Hoffa critics in the union rank-and-file immediately opened actions to strip the 64-year-old former warehouseman from Detroit of his election victory.

A Judgment Hoffa exhibited, however, greater concern over the possibility that his union might be ousted from the American Federation of Labor and Congress of Industrial Organizations. He opposed efforts to prove that he could make the teamsters "a model of trade unionism."

The parent organization has ordered the 140,000-member Teamsters Union to get rid of corrupt leadership by Oct. 24 or face suspension. Hoffa and his followers at the union's last week-long convention here should satisfy the federation.



IN TOKEN OF VICTORY: Dave Beck, retiring head of the Teamsters Union, raises hand of James R. Hoffa upon his election as union's president. At right is Mrs. Hoffa.

### COURSE RECORDED

Navy Picks Up Radio Signals—4 Report Sighting Device

By WALTER SULLIVAN  
Special to The New York Times  
WASHINGTON, Saturday, Oct. 5.—The Naval Research Laboratory announced early today that it had recorded four crossings of the Soviet earth satellite over the United States.

It said that one had passed near Washington. Two crossings were farther to the west. The location of the fourth was not made available immediately.

It added that tracking would be continued in an attempt to pin down the orbit sufficiently to obtain scientific information of the type sought in the International Geophysical Year.

(Four visual sightings, one of which was in conjunction with a radio contact, were reported by early Saturday morning. Two sightings were made at Columbus, Ohio, and one each from Terre Haute, Ind., and Whittier, Calif.)

Press Reports Noted  
Soviet newspapers reported several weeks ago that the Soviet satellite would broadcast on frequencies in the neighborhood of twenty and forty megacycles. More exact frequencies were given by Soviet scientists at a conference on rockets and satellites that took place here this week.

Presumably the Naval Research Laboratory, which is responsible for the United States satellite program under the National Academy of Sciences, immediately set up receivers on those frequencies.

The tracking system estab-



The approximate orbit of the Russian earth satellite is shown by black line. The rotation of the earth will bring the United States under the orbit of Soviet-made moon.

### 560 MILES HIGH

Visible With Simple Binoculars, Moscow Statement Says

Text of this announcement appears on Page 3.

By WILLIAM Z. FORDEN  
Special to The New York Times  
MOSCOW, Saturday, Oct. 5.—The Soviet Union announced this morning that it successfully launched a man-made earth satellite into space yesterday.

The Russians calculated the satellite's orbit at a maximum of 560 miles above the earth and its speed at 18,000 miles an hour.

The official Soviet news agency Tass said the artificial moon, with a diameter of twenty-two inches and a weight of 184 pounds, was circling the earth once every hour and thirty-five minutes. This means more than fifteen times a day.

Two radio transmitters, Tass said, are sending signals continuously on frequencies of 20,000 and 40,000 megacycles. These signals were said to be strong enough to be picked up by amateur radio operators. The trajectory of the satellite is being tracked by numerous scientific stations.

Doe Over Moscow Today  
Tass said the satellite was moving at an angle of 66 degrees to the equatorial plane and would pass over the Moscow area twice today.

"The flight," the announcement added, "will be observed in the rays of the rising and setting sun with the aid of the simplest optical instruments, such as binoculars and app-

### FAUBUS COMPARES HIS STAND TO LEE'S

Says He Will Remain Loyal to People of Arkansas—All Is Quiet at School

By HOMER BOGART  
Special to The New York Times  
LITTLE ROCK, Ark., Oct. 4.—Gov. Orval E. Faubus said to-

### Flu Widens in City; 10% Rate Predicted; 200,000 Pupils Out

By ROBERT ALDEN  
Asian influenza continued to spread through the city yesterday.

Commissioner of Hospitals Morris A. Zarche reported that there were ten times more respiratory infections than during the comparable period a year ago.

### ARGENTINA TAKES EMERGENCY STEPS

Stats of Siege Proclaimed in Buenos Aires Region—Arrests Reported

By RUSTEN  
BUENOS AIRES, Oct. 4.—A state of siege, suspending constitutional guarantees, was

### Device Is 8 Times Heavier Than One Planned by U.S.

Special to The New York Times  
WASHINGTON, Oct. 4.—Leaders of the United States earth satellite program were astonished tonight to learn that the Soviet Union had launched a satellite eight times heavier than that contemplated by this country.

Dr. Joseph Kaplan, chairman of the United States program for the International Geophysical Year, described the 184-pound weight as "shocking."

The heaviest American satellites are to weigh twenty-one and a half pounds.

The actual launching, nevertheless, did not take the American scientists by surprise. At the end of working sessions on

### SATELLITE SIGNAL BROADCAST HERE

Impulse Carried on Radio and TV—First Reported by Long Island Station

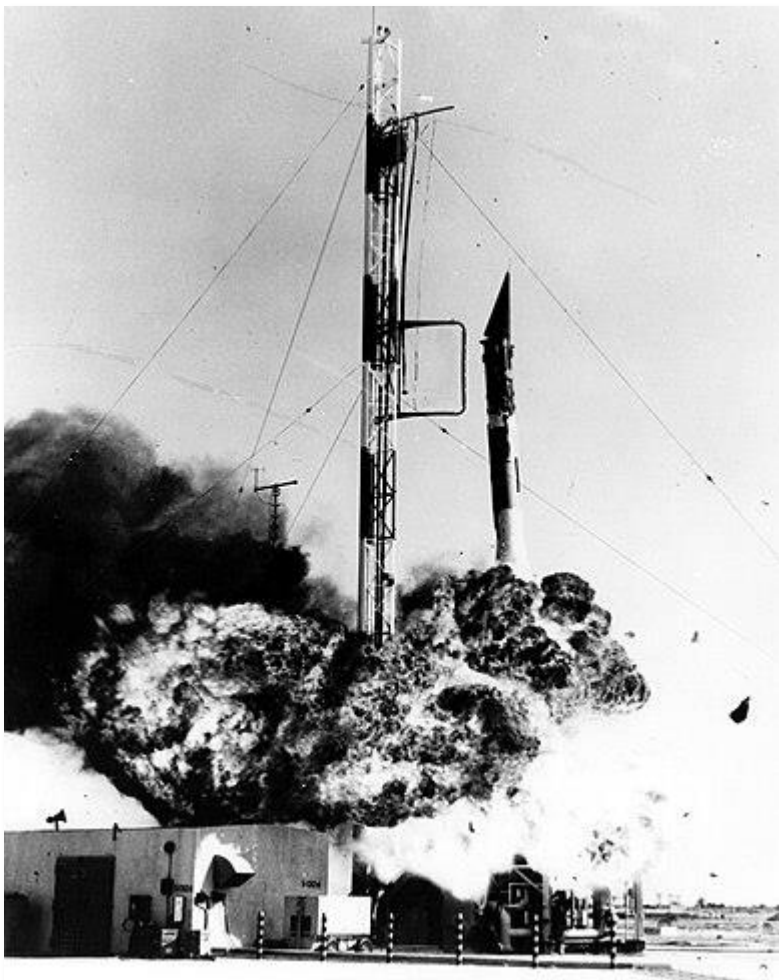
Het was zaterdag 5 oktober 1957. De lancering had de dag ervoor plaatsgevonden. Zonder enige hindernis vloog er een satelliet van de Sovjetunie, het Grote Rode Gevaar, rond de Aarde en zelfs over het grondgebied van de Verenigde Staten. Uitdagend zond Spoetnik piepjes uit op frequenties die vooraf waren aangekondigd en de kunstmaan kon met eenvoudige hulpmiddelen zelfs visueel gevolgd worden. Het duurde maanden voordat de bol met een diameter van 58 centimeter in de atmosfeer opbrandde.

Op YouTube vind je nog gemakkelijk fragmenten die illustreren hoe deze demonstratie van de voorsprong van de sovjetwetenschap op die van het

Westeren de Amerikaanse bevolking destijds raakte. En het zou nog erger worden.



Een maand later lanceerden de Sovjets Sputnik II, met het hondje Layka aan boord - het was de tijd ver vóór ethische commissies.



En toen de lancering van de Amerikaanse satelliet Vanguard op 6 december 1957 voor de ogen van journalisten én tv-camera's rampzalig mislukte was de vernedering compleet. Er moest wat gebeuren.

Dit leidde tot een voor elk land, maar zeker de VS, zeldzaam moment van nationale introspectie (...betekenisvolle stilte...). Amerika keek naar zichzelf en trok harde conclusies over de staat van het onderwijs.



President Eisenhower zei: “We hebben wetenschappers nodig, en we hebben er duizenden meer nodig dan we nu plannen.” Dat waren andere tijden. En laat het duidelijk zijn: met wetenschappers werd in die tijd bedoeld: bèta's. Exacte wetenschappers. Natuurwetenschappers. Technici. Ingenieurs.

### 1959: President Eisenhower meets STS finalists

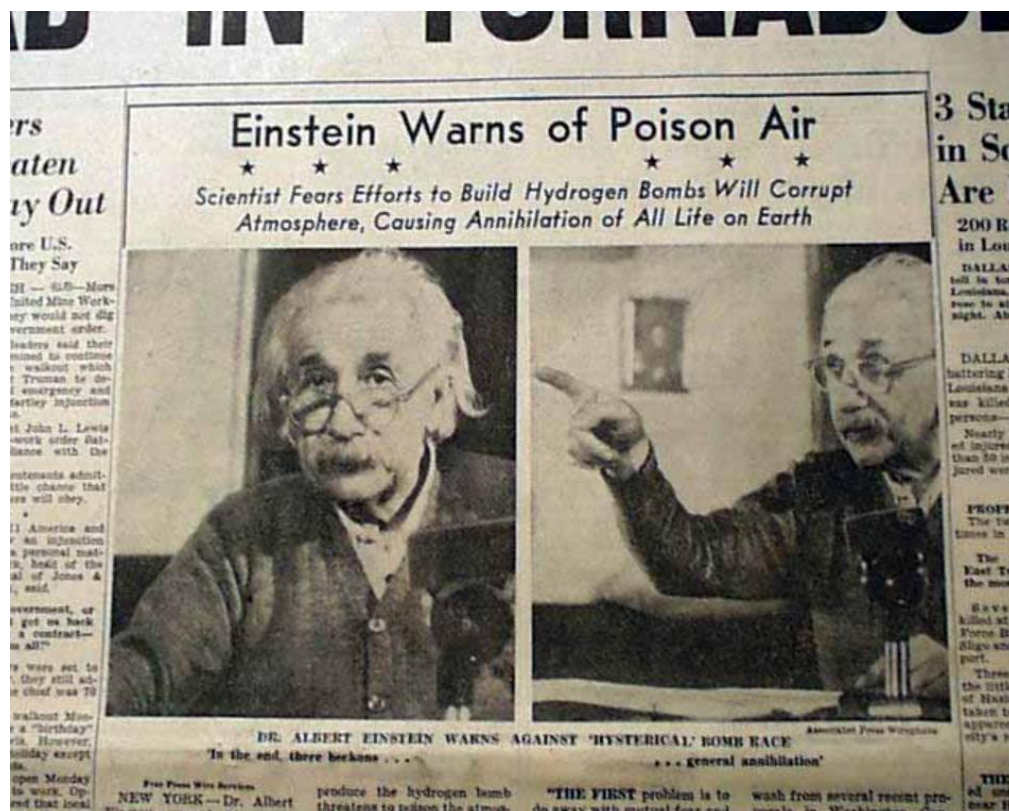
Science Talent Search (STS) winners met with President Dwight Eisenhower in the Oval Office in 1959. During his administration, Eisenhower increased funding for science education and actively sought scientists' advice when making policy decisions. After Russia launched the Sputnik satellite in 1957, Eisenhower created the President's Science Advisory Committee to counsel the president on scientific and technological matters — particularly those related to national defense.

Zoals Paul Hurd van Stanford het verwoordde: Amerika moest en zou wetenschappelijk geletterd worden.

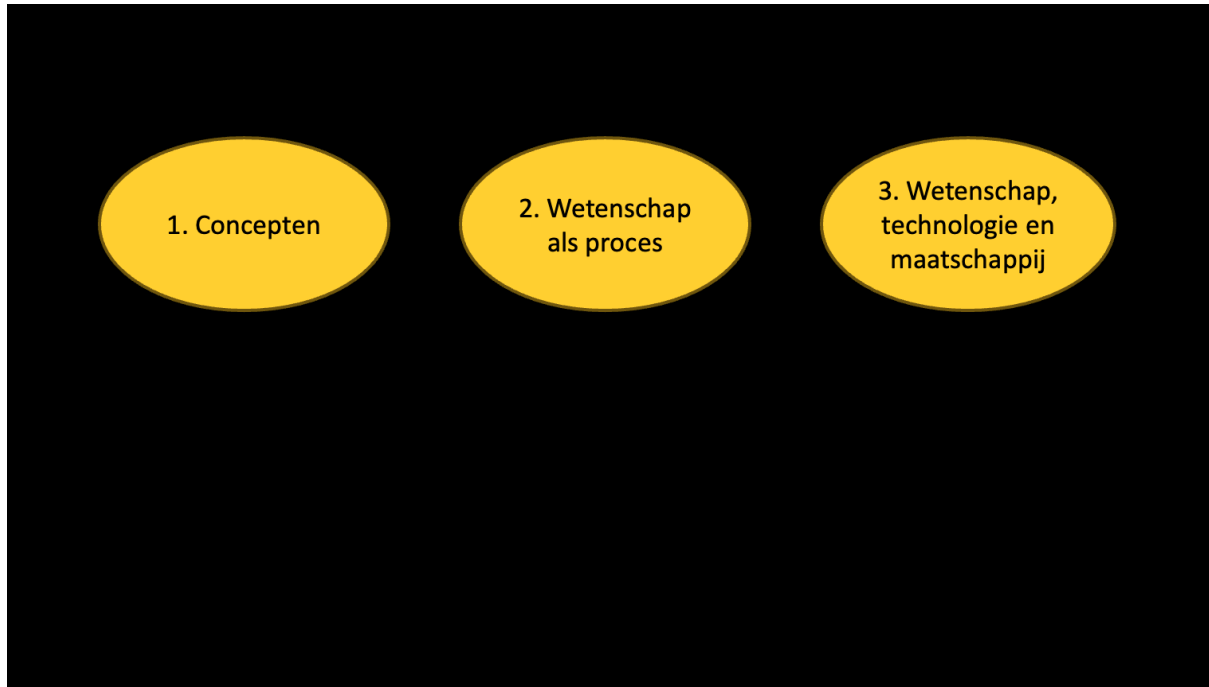
Het onderwijs was aan zet. Onderwijsfilosoof John Dewey sprak al sinds de jaren dertig over het belang van het onderwijs om via een “wetenschappelijke houding” burgers voor te bereiden op het meebeslissen in een democratische en technologische maatschappij. Die wetenschappelijke houding werd destijds door Ira Davis in een gezaghebbend essay benoemd als: een open houding richting (natuur-)wetenschappelijk bewijs, bewustzijn van eventuele vooroordelen, kennis van de relatie tussen oorzaken en gevolgen, en kennis van het onderscheid tussen feiten en theorie. Ik moet zeggen: voor een honderd jaar oude definitie vind ik deze akelig actueel. Een wetenschappelijk geletterde bevolking is essentiëler dan ooit.

Het valt wellicht op dat het tot nu toe over Amerika gaat. De eerlijkheid gebiedt te zeggen, dat het begrip wetenschappelijke geletterdheid van oorsprong een sterk Westers karakter heeft. En hoewel het Westen nog steeds overheerst, komen veel recente publicaties uit andere landen zoals Indonesië. Dat vind ik een hoopvol teken. Nog iets anders: valt het u ook op hoeveel vrouwen er op deze foto te zien zijn als technisch talent in 1959?

In die jaren was wetenschappelijke geletterdheid nauw gedefinieerd: het ging over kennis van natuurwetenschappelijke concepten en over de wetenschappelijke methode, dus over de manier waarop de wetenschap tot kennis komt. Het ging tenslotte om meer wetenschappers.



Maar gaandeweg -we kennen allemaal de beroemde foto's van Einstein tijdens zijn betoog tegen de waterstofbom- werd het duidelijk dat wetenschap en samenleving helemaal niet los van elkaar te zien zijn. Iedereen kreeg met wetenschap te maken.



Begin jaren tachtig is het begrip wetenschappelijke geletterdheid via publicaties van Shen, Morison, Branscombe en Millar daarom uitgegroeid tot een concept met drie pijlers die in grote lijnen nog steeds bepalend zijn.

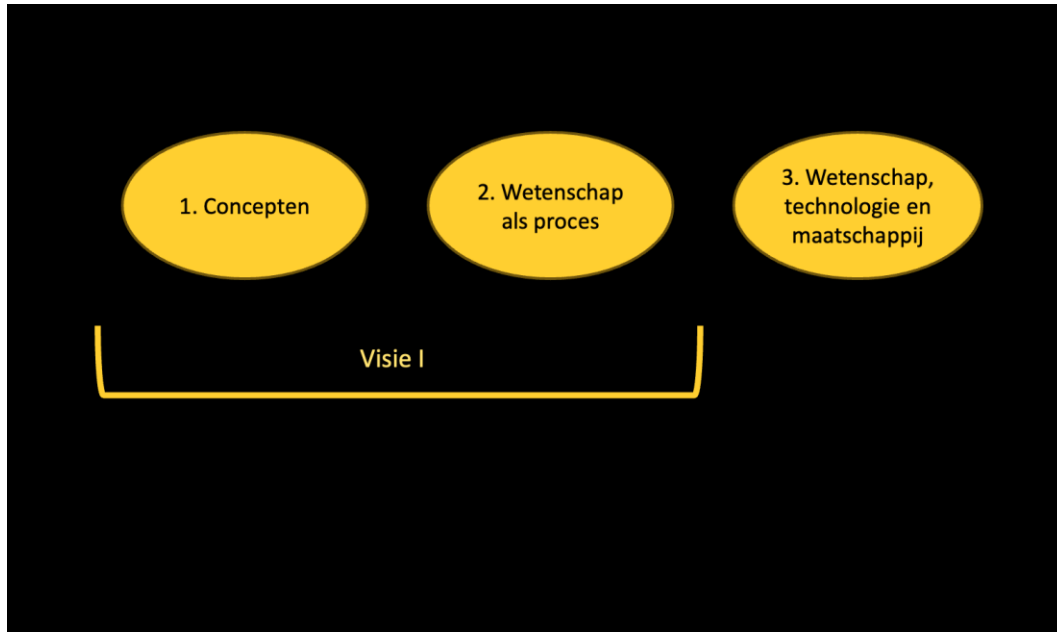
1. Kennis van bepaalde basisconcepten binnen de exacte wetenschappen, zoals straling, atomen en moleculen, cellen, DNA, beweging, energie, etc., maar ook van de wiskundige gereedschappen als grafieken, formules, assenstelsels en rekenen!

2. “Weten hoe je iets te weten kunt komen”, om Branscombe te citeren: een basiskennis van de manier van werken binnen de exacte wetenschap, bijvoorbeeld over het opstellen en testen van hypothesen, het doen van metingen, de inherente onzekerheid van elke meting (ik kan me herinneren hoe moeilijk vwo-4 dit te verteren vond), reproduceerbaarheid, *peer-review*, etc.

3. Een bewustzijn van de impact van wetenschappelijke ontwikkelingen op de maatschappij, zoals de invloed van onze acties op de atmosfeer en de planeet, veiligheidsrisico's van bepaalde manieren van energieopwekking, maar ook van de effecten van technologische ontwikkeling op sociale ongelijkheid tussen de

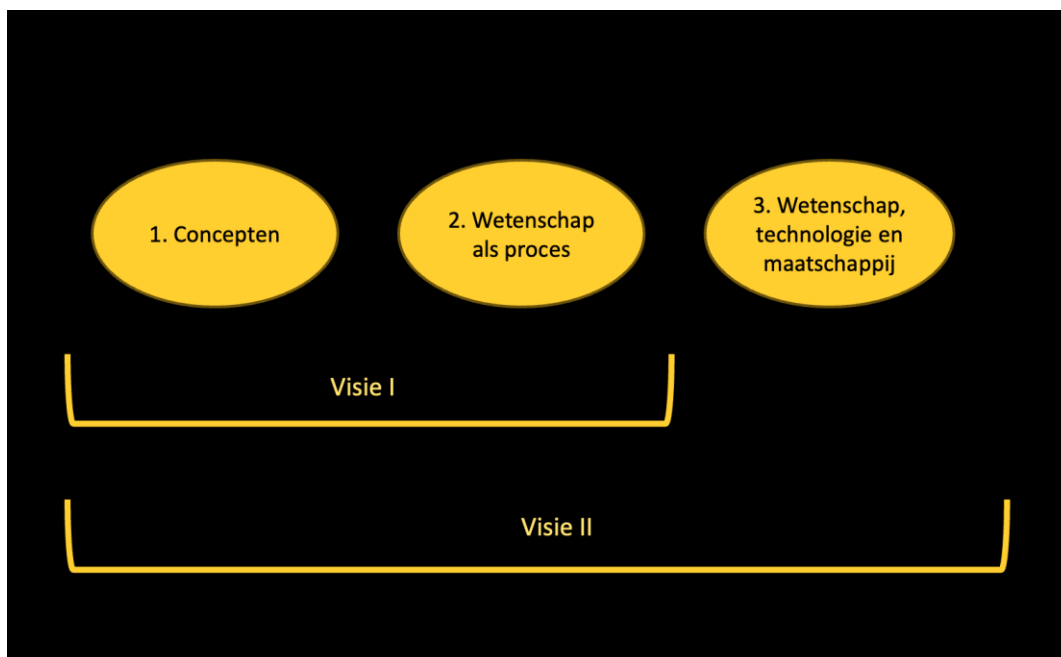
verschillende werelddelen en bevolkingsgroepen. Wetenschapscommunicatie speelt hier een belangrijke rol.

In de literatuur vind je deze pijlers nog steeds terug. Maar daarmee is de grootste gemene deler qua definities ook wel bereikt. Pijler 1 en 2 worden sinds een publicatie van Roberts en Bybee uit 2014 ook wel “Visie 1” genoemd.



Dat is de nauwe visie waarmee het allemaal begon, na Spoetnik. Voor de toekomstige wetenschappers.

Met pijler 3 erbij wordt het “Visie 2”. En die is voor iedereen.



En tegenwoordig worden er nieuwe visies toegevoegd, die steeds meer richting maatschappelijke betrokkenheid en activisme uit naam van de wetenschap gaan. Met Erik van Sebille, Jelle Boeve-De Pauw, Kim Krijtenburg-Lewerissa en Wouter van Joolingen heb ik er regelmatig discussies over. We zijn duidelijk nog niet toe aan een ultieme definitie en misschien is het begrip inherent voortdurend in ontwikkeling. En hoewel wetenschappelijke geletterdheid sinds de jaren negentig de gehele breedte van de wetenschap is gaan omvatten, zal ik me hier -ook gezien mijn eigen achtergrond- beperken tot de bètawetenschappen.

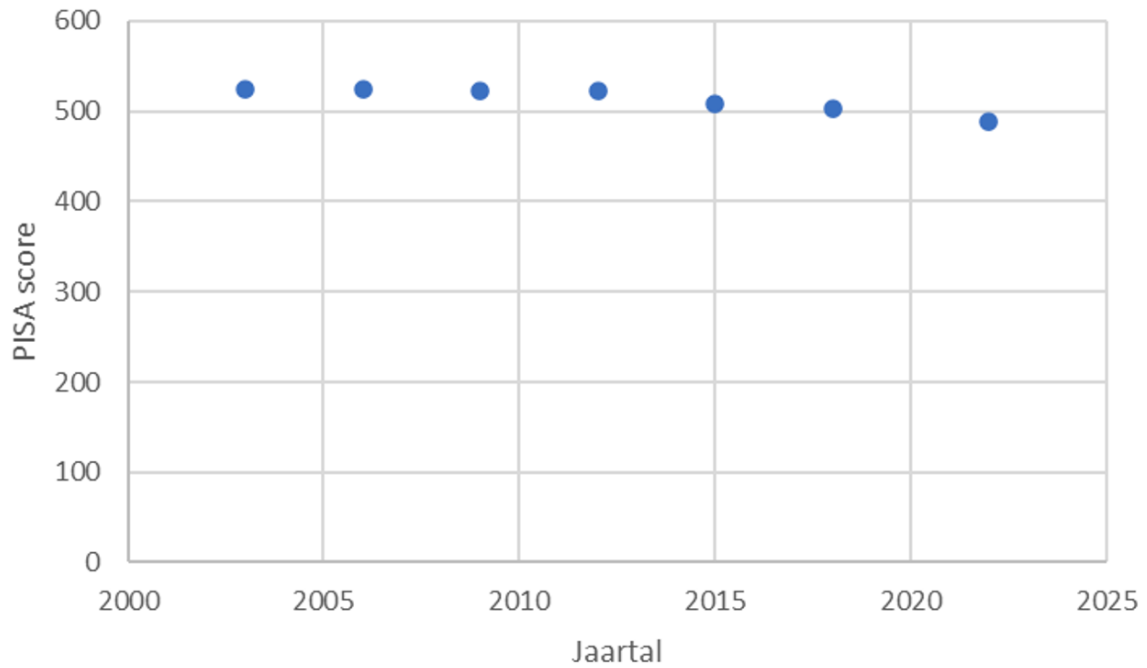
-

Hoe weet je hoe het gesteld is met wetenschappelijke geletterdheid? Concrete kennis kun je vrij eenvoudig toetsen. Maar hoe weet je, of iemand voldoende bewustzijn heeft over de impact van technologie op de maatschappij?

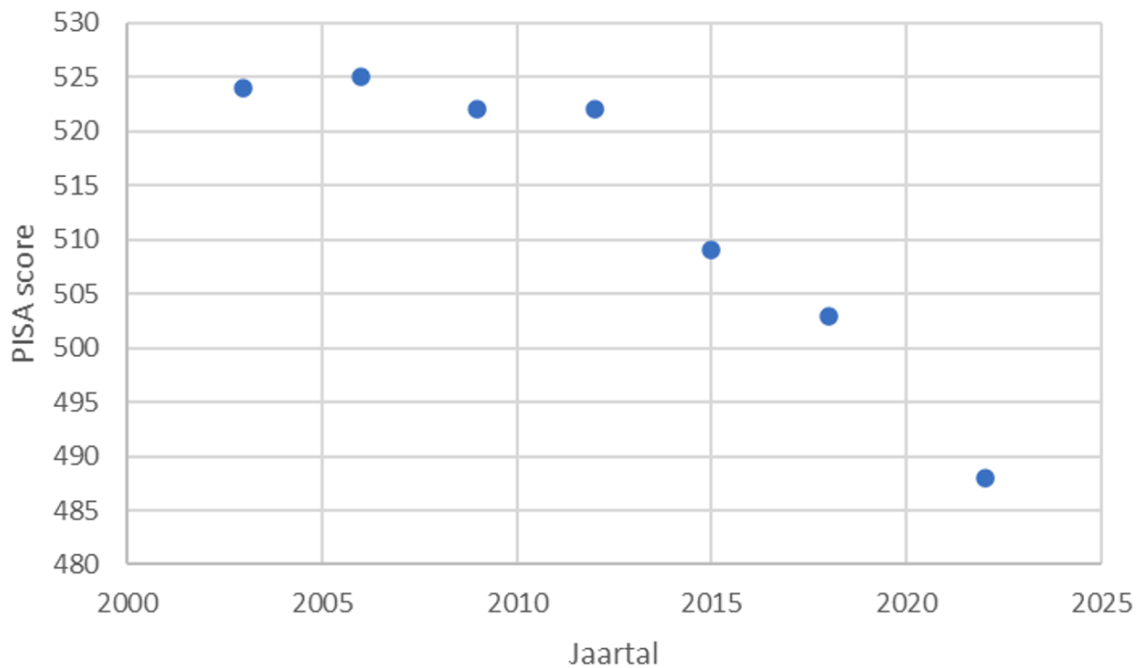
Laat ik beginnen met waarschijnlijk de meest bekende meting van wetenschappelijke geletterdheid in OECD-landen: Het *Program for International Student Assessment* (PISA). PISA toetst sinds het begin van deze eeuw met intervallen van drie jaar hoe het in die landen zit met de kennis op het gebied van taal, wiskunde en wetenschappelijke geletterdheid onder leerlingen van 15 jaar. U heeft er vast van gehoord. Het is altijd weer groot nieuws als de resultaten naar buiten komen: eind dit jaar verschijnen de meest recente.

De definitie van wetenschappelijke geletterdheid die door PISA wordt gehanteerd heeft elementen van de drie pijlers, maar zit toch vrij strak richting Visie 1, dus richting concepten en de methode van de wetenschap. Dit heeft ongetwijfeld te maken met het feit, dat juist deze aspecten relatief eenvoudig te testen zijn.

Maar laten we toch eens kijken hoe Nederlandse leerlingen van 15 jaar het de afgelopen decennia gedaan hebben op deze PISA tests. Let op: dit zijn dus alleen de resultaten voor wetenschappelijke geletterdheid, niet voor wiskunde en taal.

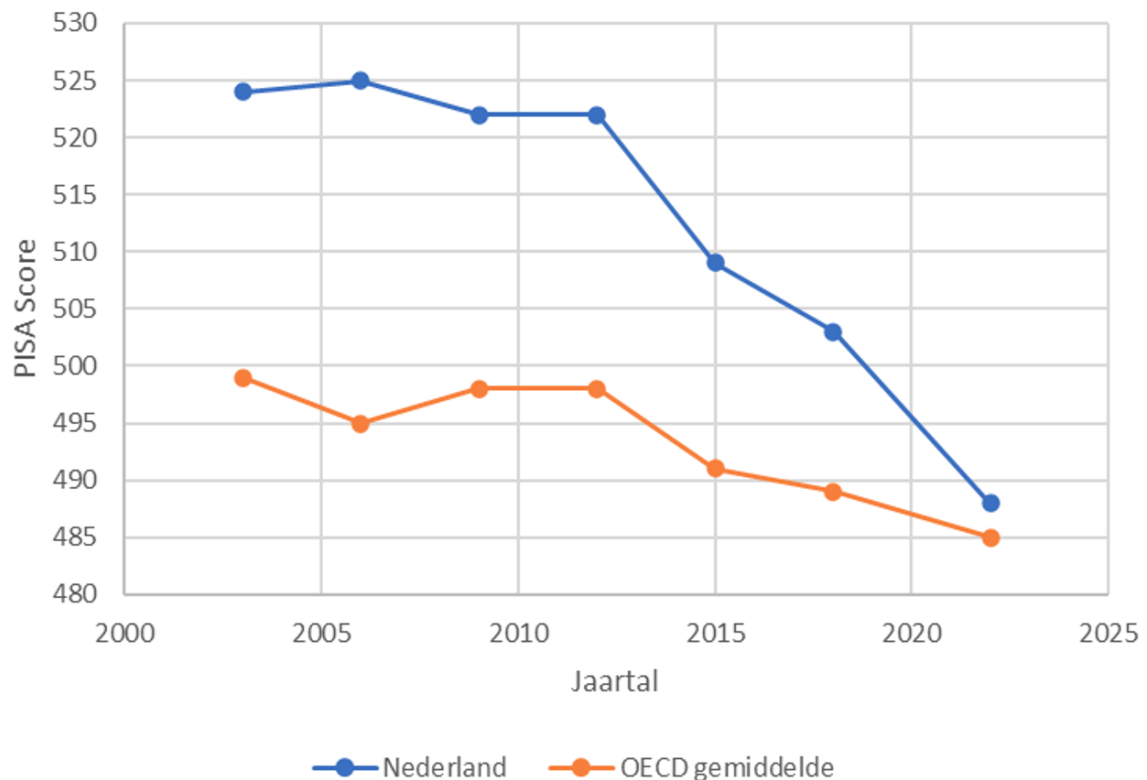


We zien een daling in de scores over de periode. PISA zelf presenteert de data overigens ongeveer zo:



Dit is een voorbeeld van een ingreep die overigens zeer veel wordt uitgehaald: je geeft een grafiek een andere as, hier links, en ineens ziet het er dramatisch uit. De resultaten “hollen achteruit”! Het woord “crisis” valt al snel. Het is ongelooflijk hoe vaak je dit op allerlei plekken ziet om bepaalde resultaten in de meest letterlijke zin *“te framen”*. Ik ben vast niet de eerste die u hierop wijst.

Maar goed, terug naar PISA. Met het eveneens dalende gemiddelde van alle OECD-landen erbij krijg je dit:



De gemiddelde wetenschappelijke geletterdheid van de steekproef van Nederlandse 15-jarigen zoals getoetst binnen PISA is in de afgelopen decennia gedaald van ruim bovengemiddeld naar net boven het gemiddelde. Dat zijn de feiten. Niet minder, maar ook niet meer. Ik wil deze trend niet bagatelliseren. Ik vind het zorgelijk dat de PISA-scores jarenlang dalen. Daarom ben ik momenteel met Noortje Scholte Lubberink, Emma Versteegh en Harrie Eijkelhof onderzoek aan het doen over de manier waarop ons onderwijs aansluit bij wetenschappelijke geletterdheid zoals getoetst door PISA. Niet omdat hoog scoren op PISA-toetsen het doel van het onderwijs is, maar wel om te onderzoeken hoe ons onderwijs aan wetenschappelijke geletterdheid kan bijdragen.

-

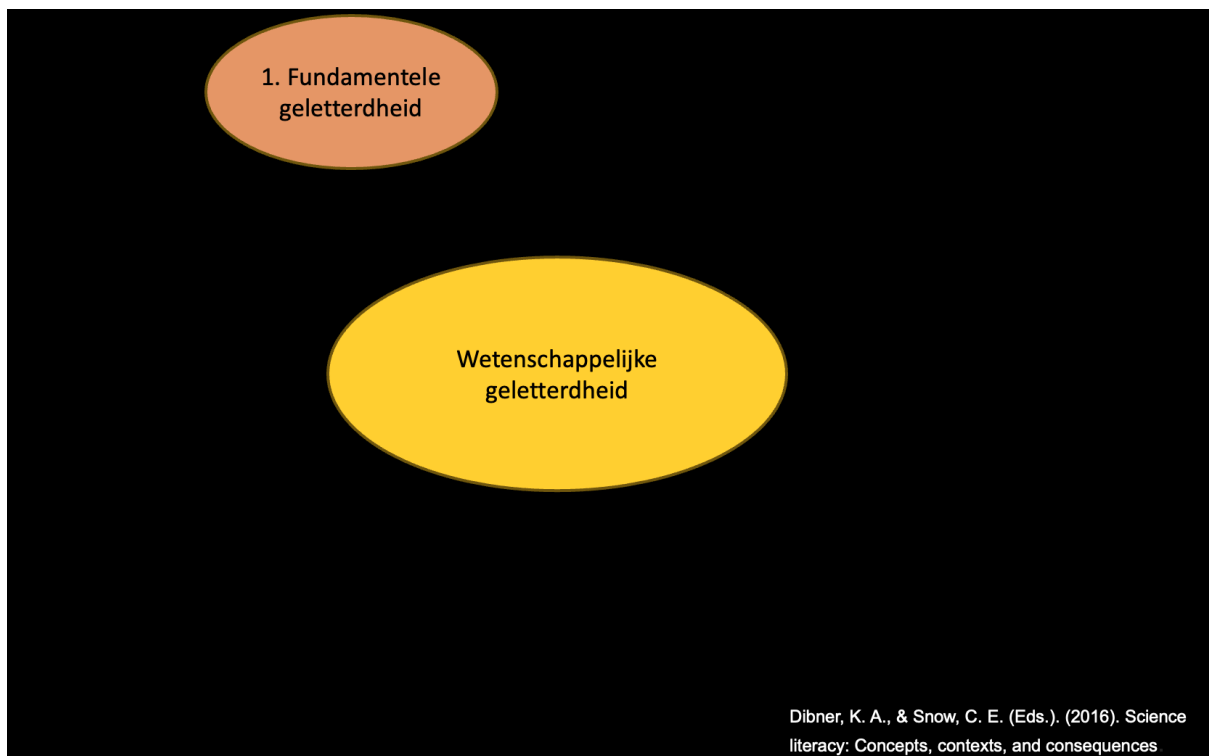
Juist omdat de PISA-definitie tamelijk nauw is gericht op Visie 1, kregen Jenny Dauer van de universiteit van Nebraska, Valentina Bravo Gaona en ik het idee om een overzicht te maken van enquêtes en toetsen die juist de meer complexe aspecten van wetenschappelijke geletterdheid meten. Het meten van Visie 2 dus. Om dat op een systematische manier te kunnen doen, hadden ook

wij een meer uitgebreide werkdefinitie nodig van wetenschappelijke geletterdheid.

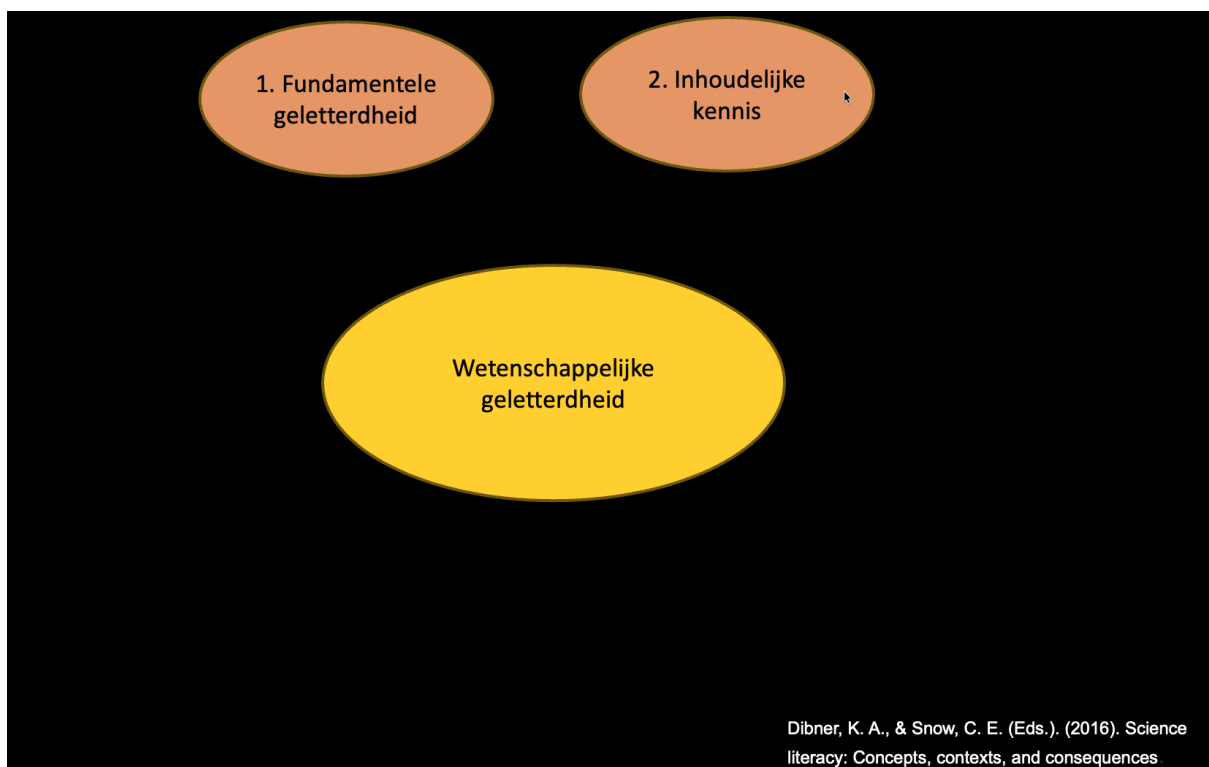
En daar komt de beloofde pragmatische keuze. We besloten na veel discussie om niet te gaan voor een definitie van één veelgeciteerde auteur, zeg George DeBoer of Rudiger Laugksch, maar om een publicatie met wat meer afstand te gebruiken. De keuze viel op een synthese van de *National Academy of Sciences, Engineering, and Medicine* (afgekort NASEM). Wederom Amerikaans en met alle mogelijke vooringenomenheid, maar wel expliciet gebaseerd op de literatuur vóór 2016. Het leek ons een relatief veilige en pragmatische keuze. Niet meer en niet minder.

In de NASEM-conceptualisering worden de drie pijlers verdeeld in zeven subcategorieën, die ik aan de hand van een voorbeeld wil toelichten: kunstmatige intelligentie of AI. Het gaat er in dit kader dus niet om dat je een expert moet worden op het gebied van AI, het gaat erom dat je er genoeg van weet om er als kritische burger over te kunnen meedenken. Dat is waar wetenschappelijke geletterdheid in essentie over gaat.

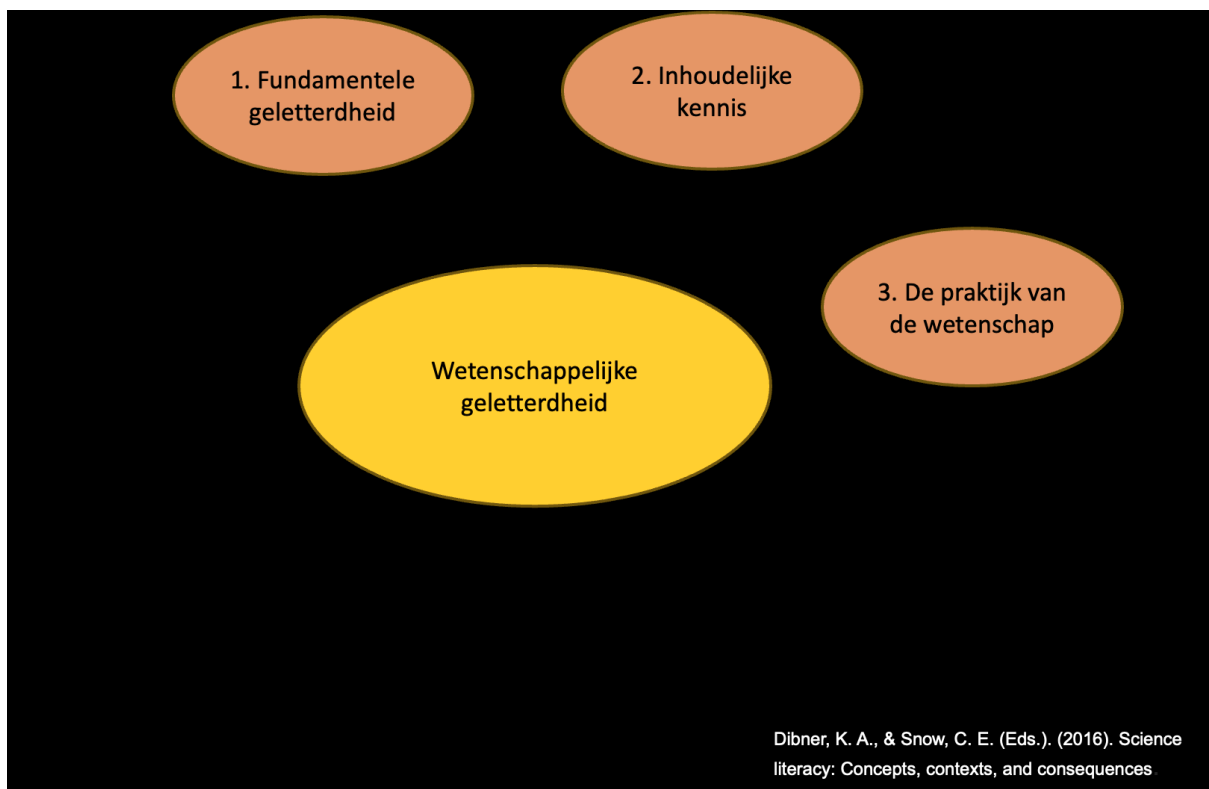




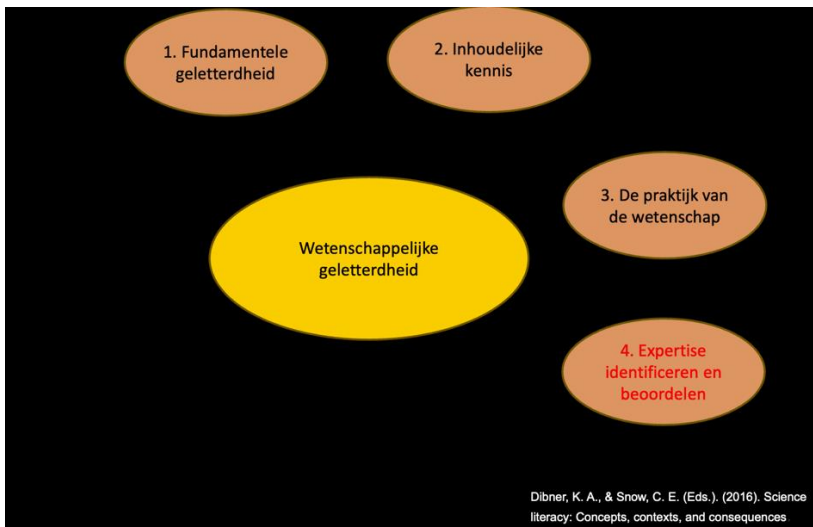
Een soms vergeten basisvoorwaarde is precies dat: de basis. Lezen, schrijven, rekenen, inclusief het lezen van grafieken en tabellen. Enig begrip van een programmeertaal hoort hier ook bij als het over AI gaat. Een andere reden waarom we informatica-onderwijs niet moeten laten sloffen.



Wanneer we het over de AI-revolutie hebben, bedoelen we meestal de opkomst van bijvoorbeeld ChatGPT. Dat is maar één type AI, maar wel het type waar zoveel mensen gebruik van maken: de *Large Language Models* of LLM's. De inhoudelijke kennis die hierbij een rol speelt is: begrip van kansen en waarschijnlijkheid. Het verdelen van woorden, beelden en geluiden in zogenaamde "tokens" die de basis vormen voor de kansberekeningen van het model. Dat berekent in essentie het meest waarschijnlijke eerstvolgende token na een bepaalde reeks. En dan de trainingsdata: van het internet, maar ook speciaal gegenereerd door mensen. Die trainingsdata ligt dus noodzakelijkerwijs in het verleden. Vervolgens heb je verschillende soorten prompts: prompts die je als gebruiker invoert en prompts die -voor jou onzichtbaar- in het systeem zitten. Enzovoort. Enorm veel, vaak nieuwe, concepten.

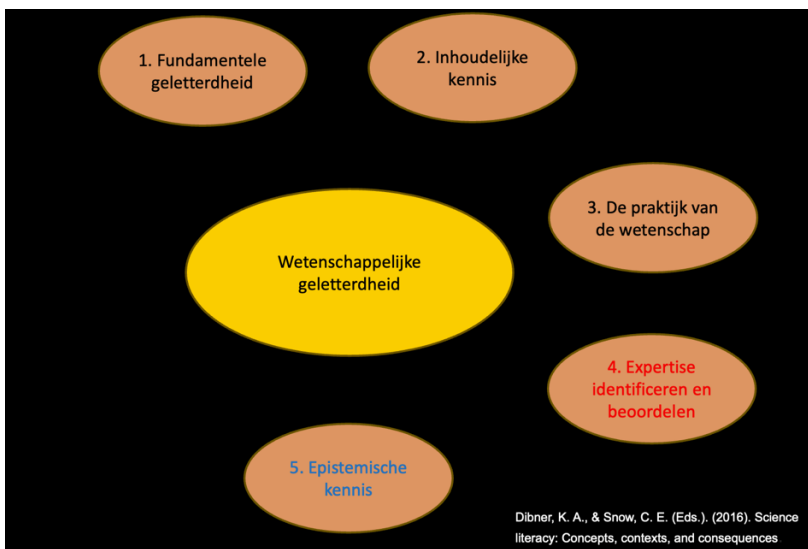


Er wordt een enorme hoeveelheid onderzoek uitgevoerd op het gebied van AI en sommige van deze onderzoeken halen de bredere pers. Om deze onderzoeken te kunnen duiden, is enige kennis van de onderzoekscyclus nodig: een hypothese, een onderzoeksvraag, een methode, uitvoering van het onderzoek en de interpretatie. Wat zijn sterke en zwakke kanten van een bepaald onderzoek? Maar ook: wat is een model eigenlijk? Waar komt een hypothese vandaan?



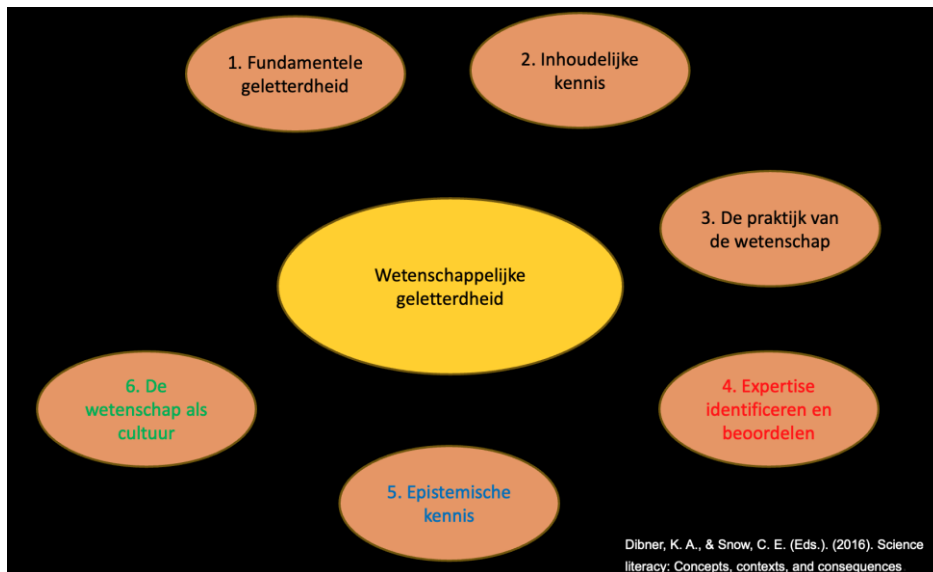
De kleurtjes komen straks terug!

Dit is natuurlijk een heel grote binnen AI. Wie zijn de experts? Wie kun je vertrouwen in deze discussie? Het is om te beginnen belangrijk dat de LLM's tot nu toe in overgrote meerderheid producten zijn van (vaak Amerikaanse) bedrijven. Wanneer een bepaald onderzoek laat zien dat een organisatie 60% effectiever werkt met AI, wie heeft dat onderzoek dan uitgevoerd? Wie heeft het betaald? En wanneer een ander onderzoek laat zien dat leerlingen juist dommer worden door het gebruik van LLM's, hoe zit het dan daarmee? Dit aspect van wetenschappelijke geletterdheid is volgens mij momenteel belangrijker dan ooit, en al helemaal wanneer wij het LLM zélf als een expert gaan zien!

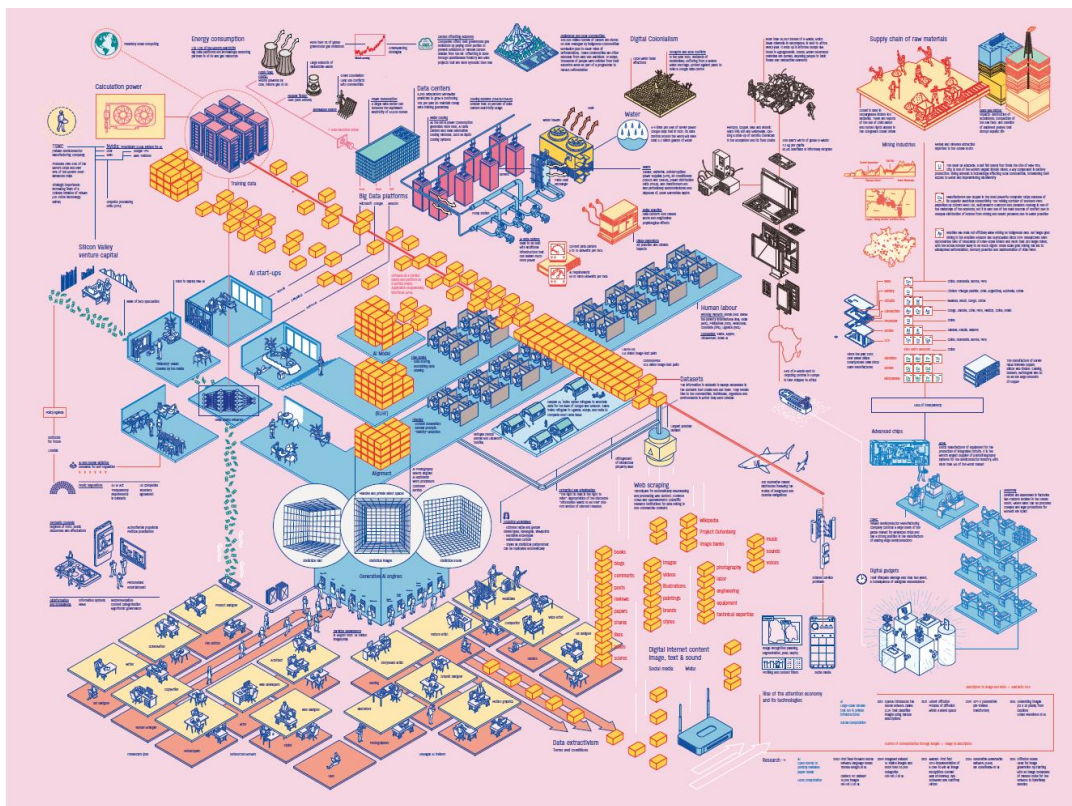


Terugkomend op de wetenschappelijke onderbouwing van claims: dit aspect vertelt hoe wetenschappers tot een conclusie komen. Het gaat dus verder dan de wetenschappelijke methode in punt drie. Epistemische kennis gaat onder

andere over hoe de wetenschappelijke procedures de conclusies kunnen onderbouwen. Hoe peer review kan helpen om meer objectiviteit te verkrijgen en wat de beperkingen zijn.



Ik zou dit aspect een andere naam gegeven hebben, maar we volgen even de definitie. Dit is echt Visie 2: de interactie van wetenschap en samenleving. En die is voor AI wel heel sterk.

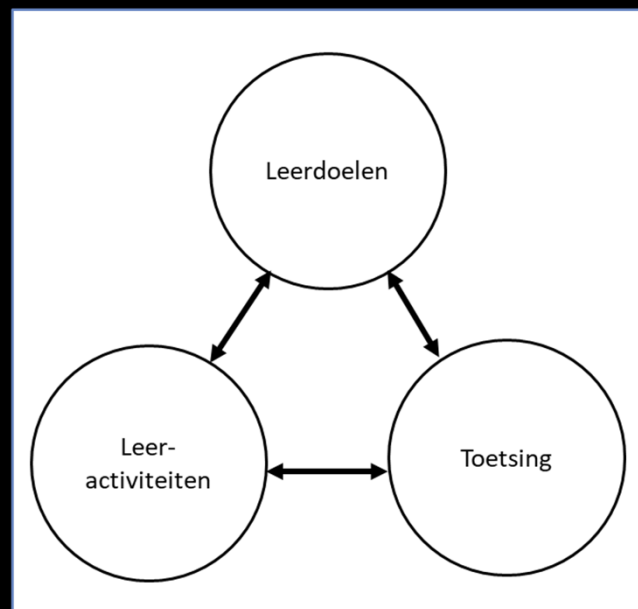


Het trainen van de modellen kost enorm veel rekenkracht en energie. Maar het basismodel dat hier uitkomt is nog niet voldoende om tot een overtuigende

“chat” te komen. Daarvoor is extra trainingsdata nodig. En die komt -en dat was voor mij volstrekt nieuw- van zogenaamde “*human labelers*”. Dat zijn mensen die dag-in-dag-uit achter hun scherm, op basis van instructies van het bedrijf gefingeerde conversaties intypen of plaatjes rangschikken. Menselijke trainingsdata. Sommige van deze labelers worden redelijk gecompenseerd, dat zijn de experts op een gebied, zeg vliegtuigmotoren uit de Tweede Wereldoorlog. Maar de meesten ervan zijn er alleen om een “menselijk” karakter aan de chat te geven. Die labelers bevinden zich vooral in, u raadt het al, lagelonenlanden.

Wat hier ook thuishoort, is de enorme impact die het gebruik van LLM’s heeft, bijvoorbeeld in het onderwijs. In geen veld heeft AI volgens mij tot zoveel paniek geleid. Ineens konden studenten of leerlingen met een druk op de knop een verslag maken dat er op zijn minst heel redelijk uitzag. Waarin je tussen de volzinnen moest zoeken naar de inbreng van de leerling of student. Die manier van toetsen bleek al snel niet meer houdbaar. Wat nu?

Met Yvette Roman, Joki van de Poel, Federica Russo, Iris van der Tuin, Jan van Tartwijk en Bald de Vries heb ik de afgelopen tijd nagedacht over deze uitdaging. Onze conclusie: ook met deze enorme technische vooruitgang blijft de essentie van onderwijs hetzelfde.

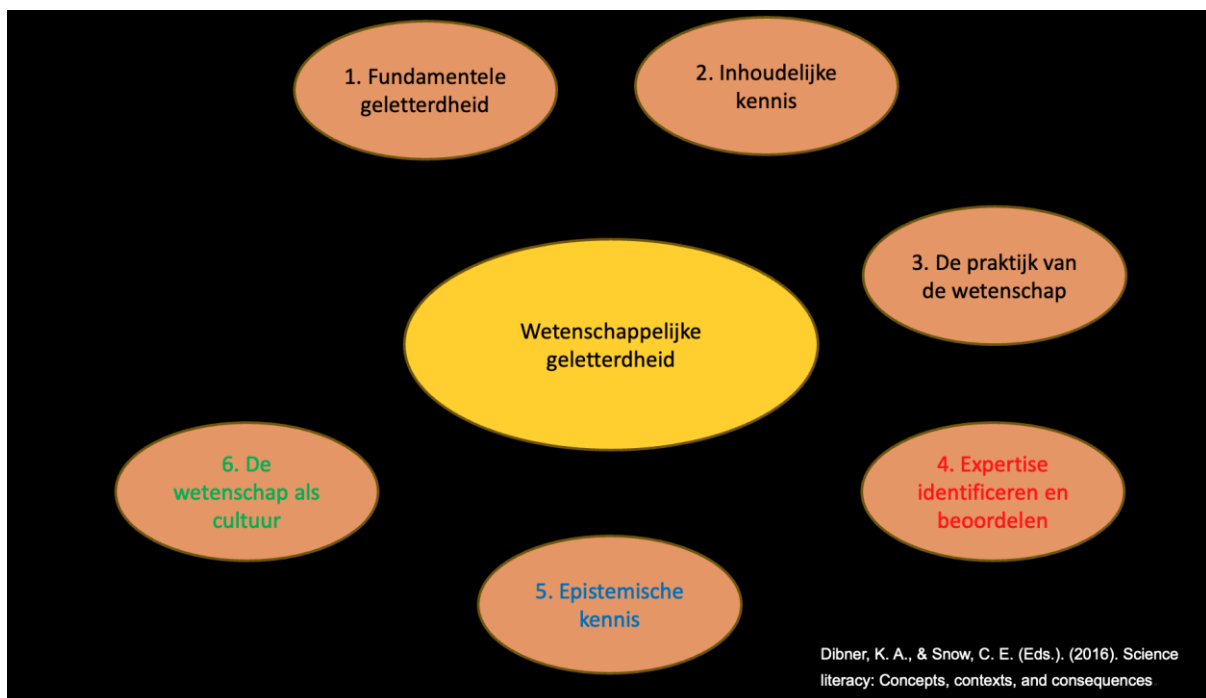


Biggs, J. (1996). Enhancing teaching through constructive alignment. *Higher education*, 32(3), 347-364.

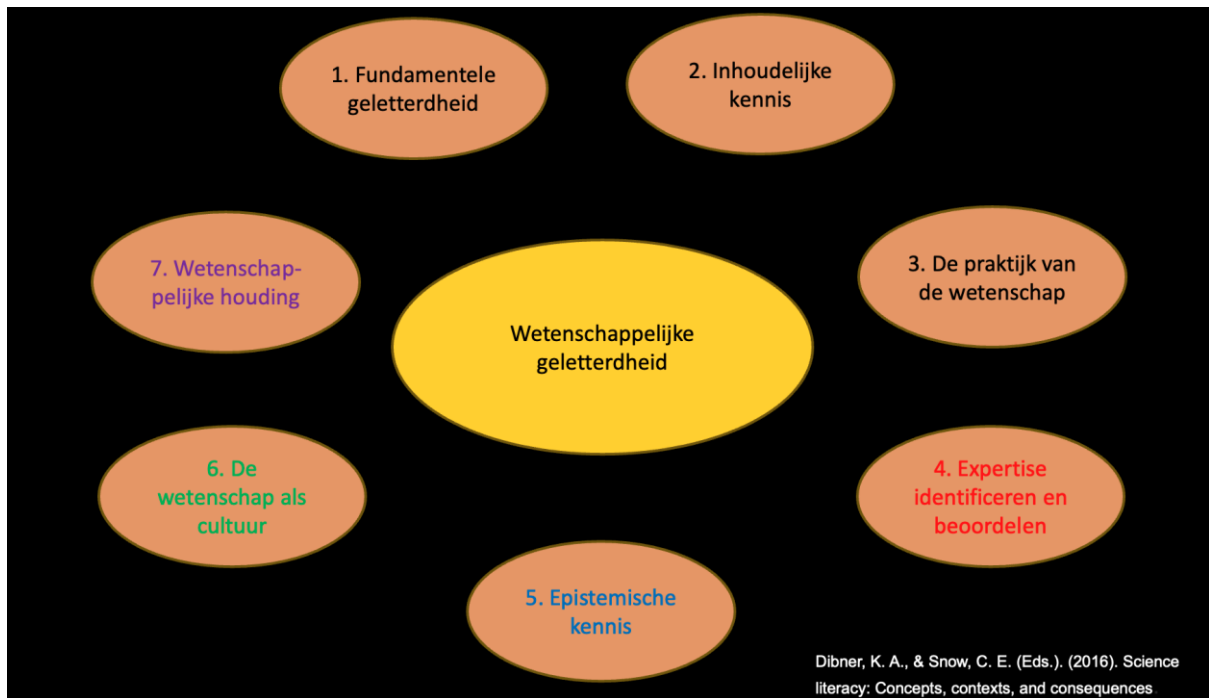
Iedere vorm van *formeel* onderwijs begint met leerdoelen. We willen iets leren. Doelen van heel concreet (“de wetten van Maxwell”) tot zeer veelomvattend (“Bildung” of “subjectificatie”). Uit die doelen volgen leeractiviteiten van

allerlei soort en uiteindelijk komt er een vorm van toetsing. Deze drie elementen moeten volstrekt bij elkaar passen. De komst van AI verandert hier in onze visie niets aan. Wél moeten sommige doelen veranderen en een AI-element krijgen. Bijvoorbeeld: het verwerken van grote hoeveelheden data. In dat geval gebruik je AI ook bij de activiteiten en bij de toetsing. Maar wanneer je doel is, dat een student zelfstandig een samenvatting kan schrijven, dan betekent dat in elk geval dat er bij de toets geen AI kan worden getolereerd. Of je AI vervolgens als hulpmiddel inzet bij de leeractiviteiten is aan de docent. Maar de student zal het uiteindelijk zelfstandig moeten kunnen: dat is het leerdoel en dat is leidend.

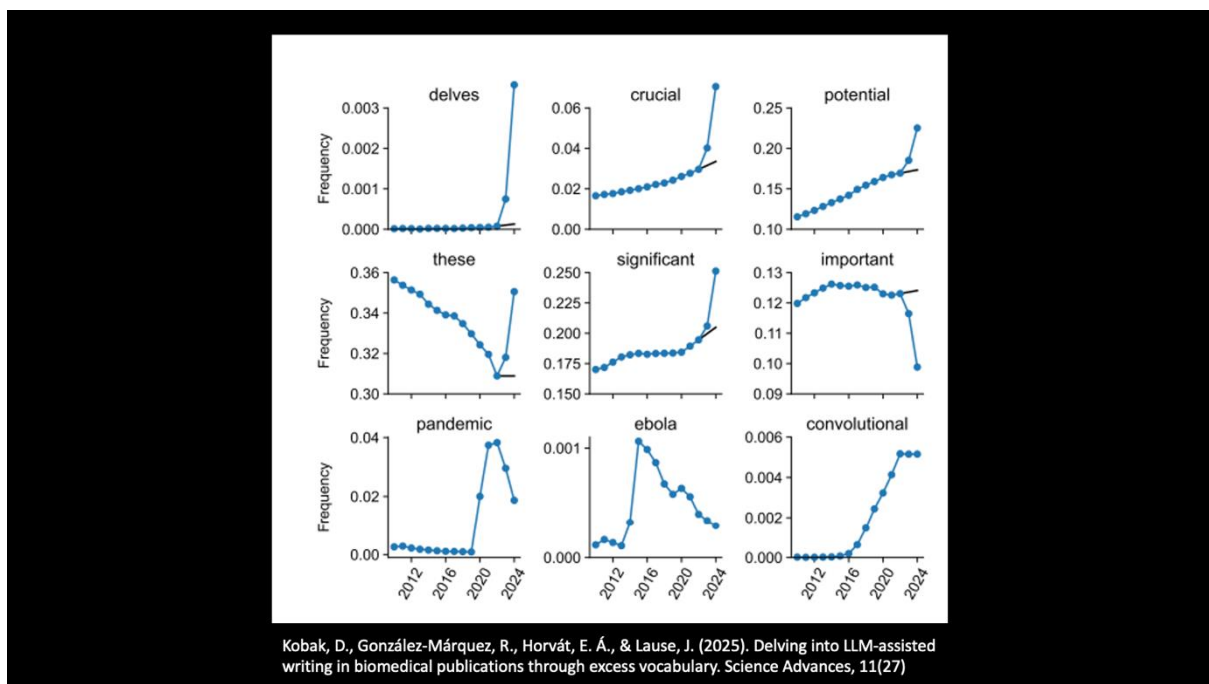
Even terzijde: wanneer de leerdoelen vereisen dat AI er even niet is, dan vind ik dat we dat als universiteit ook moeten durven faciliteren. Zodat we ruimte houden voor discussies, reflectie, communicatie en samenwerking. Allemaal doelen die door onze universiteit in de zogenaamde *graduate attributes* zijn vastgelegd.



Terug naar onze definitie. Aspect zes is dus erg uitgebreid bij AI. Dat kan bij andere voorbeelden anders zijn. Dan hebben we nog één aspect over.



Het laatste en misschien wel het belangrijkste aspect: de eerdergenoemde open houding, de kritische houding. Als het over LLM's gaat is het sleutelwoord hierbij: vooringenomenheid. In het Engels: *bias*. Bias bij de verzameling van de trainingsdata, bias bij de instructies van de *human labelers*, bias bij de "system prompts". Om dat te illustreren hierbij een tegelijkertijd amusante en alarmerende studie op basis van 15 miljoen samenvattingen van wetenschappelijke publicaties in het biomedische veld.



We zien hier dat er sinds de introductie van ChapGPT 3 een uiterst opvallende stijging is in het gebruik van “dure” woorden, zoals “*delve into*” en “*crucial*”. Terwijl eenvoudige, maar duidelijke woorden als “*important*” steeds minder vaak voorkomen. De snelle lezer ziet ook dat er enige controle-items (“*pandemic*”) zijn meegenomen. Die dure woorden komen natuurlijk uit de trainingsdata voor de LLM’s, die vaak reclameteksten bevatten. Bedenk trouwens dat de meeste wetenschappelijke tijdschriften het gebruik van LLM’s bij het schrijven van artikelen expliciet verbieden. Hmm.

Op basis van de aspecten van wetenschappelijke geletterdheid in deze definitie bekeken Jenny, Valentina en ik tientallen vragenlijsten en toetsmethoden en classificeerden die naar de punten van de definitie, waarbij we ons specifiek op de Visie 2-aspecten, punten 4 t/m 6 richtten. De uitkomst was de volgende tabel, let even op de gekleurde vinkjes.

Naam van het meetinstrument	Publication	Onderdeel van de NASEM definitie				Type vraag en manier van vragen (context)	Is de volledige test vrij beschikbaar?	Test of Science-Related Attitudes (TOSRA)	Long & Fraser, 2015	✓✓ Likert	Light	Ja					
		4	5	6	7												
		Type	Context														
Views on Science-Technology-Society (VOSTS)	Aikenhead & Ryan, 1992	✓	✓			MCQ	Light	Ja	Scientific Attitude Inventory: A Revision (SAL-II)	Moore & Foy, 1997		✓	Likert	Light	Ja		
Scientific Habits of Mind Survey (SHOMS)	Çalik & Coll, 2012	✓	✓	✓		Likert	Light	Ja	Global Scientific Literacy Questionnaire (GSLQ)	Mun et al., 2015	✓	✓	✓	Likert	Light	Ja	
Epistemological Beliefs Assessment for Physical Science (EBABS)	Elby, Frederiksen, Schwartz, and White, 2002	✓	✓	✓		Likert, MCQ	Light	Ja	Trust in Science and Scientist Inventory (TSSI)	Nadelson, 2014	✓	✓		Likert	Light	Nee	
Scientific literacy Assessment (SLA)	Fives et al., 2014	✓	✓			Likert, MCQ	Full	Ja	Critical Thinking in Everyday Life scale (CTEL)	Mincemoyer et al., 2001		✓	Likert	Light	Ja		
Test of scientific literacy skills (TOSLS)	Gormally et al., 2012	✓	✓			MCQ	Full	Ja	Quantitative Assessment of Socio-Scientific Reasoning (QuASSR)	Romine, 2017	✓	✓	✓	✓	MCQ	Full	Ja
Views About Sciences Survey (VASS)	Halloun, 1996	✓	✓			MCQ	Light	Nee	Views of Scientific Inquiry (VOSI)	Schwartz, Lederman, & Lederman, 2008	✓			Open-ended	Light	Nee	
The Muenster Epistemic Trustworthiness Inventory (METI)	Hendriks et al., 2015	✓				Likert	Full	Ja	Changes in Attitude about the Relevance of Science (CARS)	Siegel & Ranney, 2003		✓	✓	Likert	Light	Ja	
Views of Nature of Science (VNOS)	Lederman et al., 2002	✓	✓			Open-ended	Light	Ja	Epistemological Views Toward Science (EVTs)	Tsai & Liu, 2005	✓	✓		Likert	Light	Ja	
Views about scientific inquiry (VASI)	Lederman, et al., 2014	✓				Open-ended	Light	Ja	Student Understanding of Science and Scientific Inquiry (SUSSI)	Liang, 2006	✓	✓		Likert en open-ended	Light	Ja	

Ik hoop dat het een beetje te zien is. Ander is het niet zo erg: er komt geen toets op het eind van dit college.

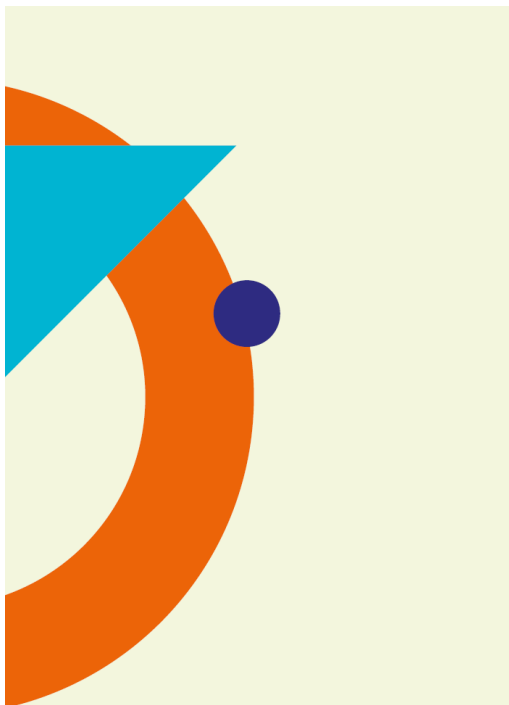
Het belangrijkste is dat er maar weinig methodes zijn, die alle vier deze aspecten lijken te beoordelen, maar dat het tegelijkertijd wel degelijk mogelijk is om Visie 2 wetenschappelijke geletterdheid te meten. Om bij het voorbeeld

te blijven: je kunt er wel degelijk achter komen in hoeverre mensen in staat zijn om op een Visie 2-geletterde manier te kijken naar AI.

-

Tot nu toe heb ik laten zien waarom het concept wetenschappelijke geletterdheid belangrijk is, hoe het ontstaan is, hoe je het kunt conceptualiseren en hoe je het kunt meten. Dan leidt tot de belangrijke vraag: hoe kun je het ontwikkelen?

Dat brengt ons in eerste instantie bij het funderend onderwijs. Voor de natuurwetenschappen gaan we daarvoor even naar de nieuwe kerndoelen mens en natuur.



## Overzicht kerndoelen mens en natuur

Domein	Natuurwetenschappen en technologie
Kerdoel 29	<b>De leerling verkent en verklaart de wereld vanuit een natuurwetenschappelijk en technologisch perspectief</b> A. Vraagstukken B. Denkwijzen C. Werkwijzen D. Aard van natuurwetenschappen en technologie E. Veiligheid
Domein	Natuurkundige verschijnselen en technische systemen
Kerdoel 30	<b>De leerling toont inzicht in en experimenteert met natuurkundige verschijnselen en technische systemen</b> A. Technische systemen B. Krachten C. Energie D. Licht (havo-vwo)
Domein	Scheikundige verschijnselen
Kerdoel 31	<b>De leerling toont inzicht in en experimenteert met materie, processen en circulaire productie</b> A. Deeltjes B. Processen
Domein	Organismen en gezondheid
Kerdoel 32	<b>De leerling toont inzicht in organismen en hun gezondheid</b> A. Organismen B. Voortbestaan van leven op aarde C. Gezond leven D. Relatielele en seksuele gezondheid
Domein	Systeem aarde
Kerdoel 33	<b>De leerling toont inzicht in en verkent systeem aarde</b> A. Aarde B. Weer, klimaat en water C. Ecosystemen

Deze kerndoelen zouden idealiter bereikt moeten zijn wanneer de leerlingen ongeveer 15 jaar zijn, want daarna kan een leerling een profiel kiezen waarin de natuurwetenschap wellicht maar een beperkte rol speelt. Vanuit het oogpunt van de NASEM-definitie van wetenschappelijke geletterdheid mogen ze er trouwens best wezen, die kerndoelen. Een analyse ervan laat zien dat ze samen ruimschoots die zeven aspecten omvatten, al heb ik nu niet de tijd om daar in detail op in te gaan.

Als voorzitter van de Vereniging voor het schoolvak Natuur, Leven en Technologie doet het me overigens genoeg dat juist bij dit vak de benadering vanuit een vraagstelling zo mooi overlapt met de kerndoelen – en ook met wetenschappelijke geletterdheid in het algemeen.

-

Met deze kerndoelen is het ontwikkelen van wetenschappelijke geletterdheid één van de expliciete taken van het funderend onderwijs geworden. De benadering vanuit de vraagstelling kan een uitstekende aanleiding zijn om de wetenschap in de klas te brengen. Ik denk dat iedereen hier in dit kader de term “onderzoekend leren” wel eens gehoord heeft, die verwijst naar leeractiviteiten waarin leerlingen de autonomie krijgen om bepaalde kennis of vaardigheden zelf te ontdekken in plaats van die in compacte eenheden te krijgen toegediend.

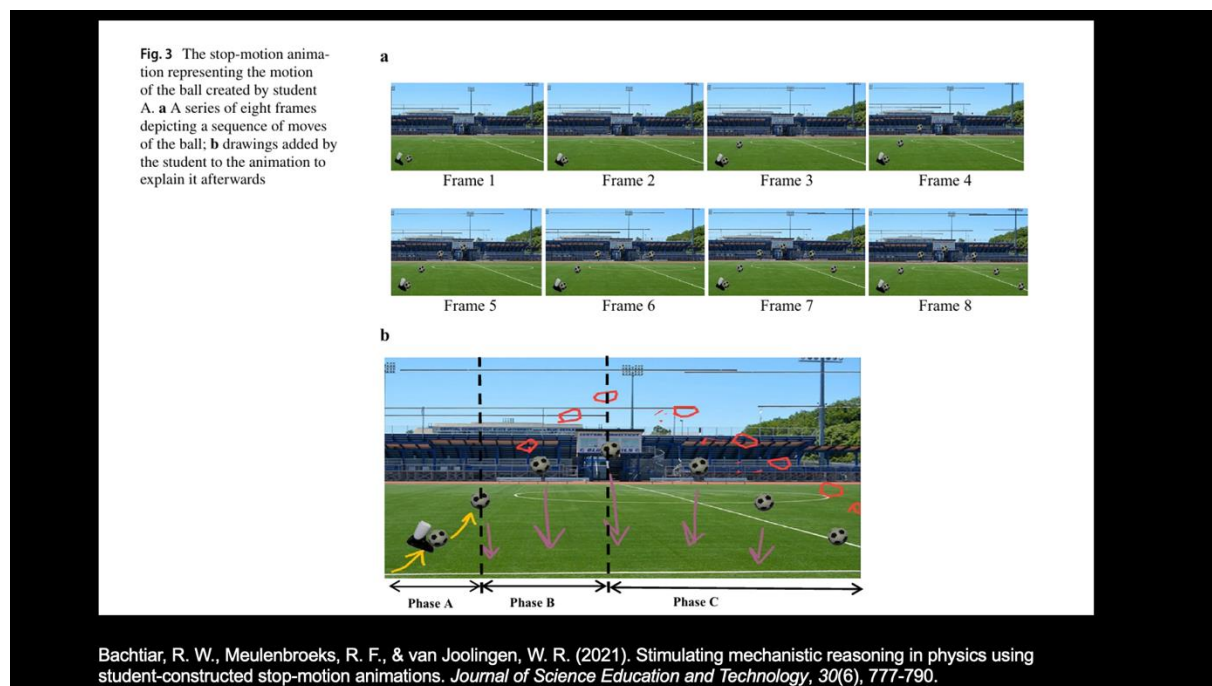
Hiermee kom ik in een heftige discussie terecht, soms ronduit “oorlog” genoemd. Ego’s als kathedralen zijn erop gebouwd. In dit debat worden twee manieren van lesgeven vaak als volstrekte tegenpolen benoemd: directe instructie en onderzoekend leren. De verschillen worden dan bijna karikaturaal neergezet. De leraar heeft óf de volledige controle en bepaalt precies welke stukjes informatie op welk moment in de hoofdjes worden geplant óf de leraar is vrijwel afwezig, de leerlingen moeten het zelf maar uitzoeken en worden aan hun lot overgelaten. Ik probeer me verre te houden van deze discussie. Ik vind die niet erg zinvol. En daarin durf ik niet alleen op eigen onderzoek maar ook op mijn eigen ervaring te vertrouwen.

Om met dat laatste te beginnen: ik heb geleerd dat het geven van een goede les op basis van directe instructie bepaald geen eenvoudige zaak is. Het achterhalen van de voorkennis van de leerlingen, het onderzoeken met welke denkbeelden ze binnenkomen, 100% duidelijke uitleg geven, zorgvuldig en gedifferentieerd oefenen en toepassen: da’s een echt vak. En als het goed gebeurt werkt het, absoluut.

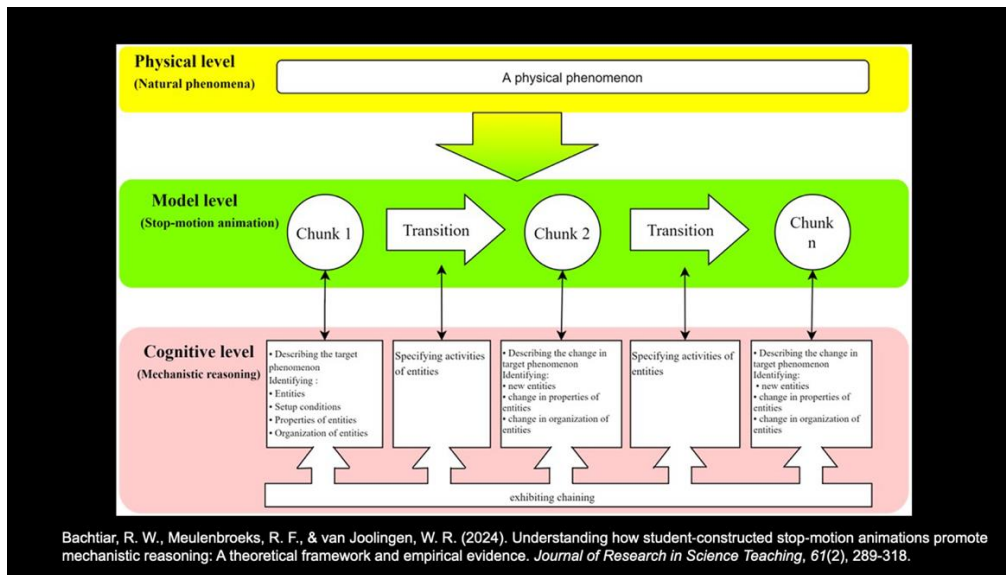
Maar ik heb ook geleerd dat leerlingen afwisseling nodig hebben. En er zijn bepaalde aspecten in elk schoolvak die leerlingen prima zelf kunnen ontdekken, mits ze daarin goed worden ondersteund. Dat geeft een andere leerervaring en een ander soort uitdaging. Bij een natuurkundepacticum moet je tweedeklassers dan natuurlijk niet met een doos weerstanden, voltmeters en voedingen het bos in sturen om de wet van Ohm te gaan bewijzen. Maar je kunt ze wel zorgvuldig begeleiden om de essentiële stap zélf te zetten. En ook dit is een complexe taak die enorm veel ervaring vergt en waarin je als leraar centraal staat. En ook dit werkt. Het kan tot dieper leren leiden. En het heeft positieve gevolgen voor de motivatie. Daar kom ik nog op terug.

Ik herhaal: ik vind de polarisatie in de discussie over directe instructie en onderzoekend leren niet productief. Alle stof via onderzoekend leren aanbieden lijkt mij niet haalbaar en niet alle stof leent zich ervoor. Alle stof via directe instructie aanbieden lijkt mij eveneens beperkend. Ik denk dat de docent aan zet is. Die bepaalt wanneer je het één en wanneer je het ander doet, afhankelijk van het precieze leerdoel van dat moment.

Om dan naar mijn onderzoek te gaan: samen met Rayendra Bachtiar, Kim Blankendaal en Anne van der Linden hebben Wouter van Joolingen en ik onderzoek gedaan naar manieren om onderzoekend leren effectief te kunnen maken. Eén van deze manieren is zogenaamde *stop-motion-animation*, waarbij leerlingen zelf een animatiefilmpje maken van een natuurkundig verschijnsel, zoals het trappen van een bal over een voetbalveld. Ja, dat is ook natuurkunde.



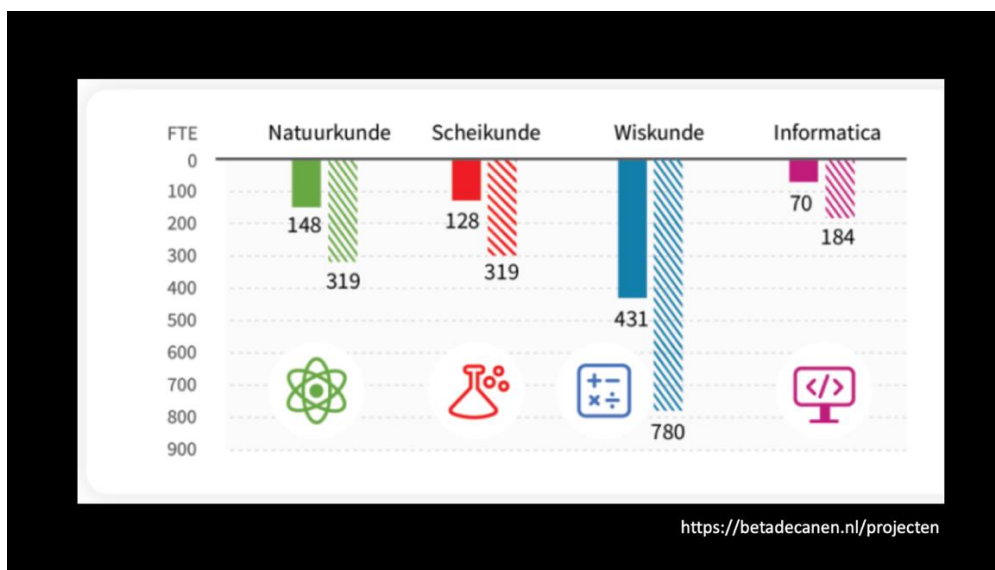
Het maken van animatiefilmpjes is met de huidige technologie erg eenvoudig geworden. Je kunt dit soort dingen goed in de klas doen. Maar het maken van een filmpje op zich leidt nog niet tot een beter begrip van concepten als wrijving, zwaartekracht, energie of impuls. Het onderliggende model van leren via *stop-motion-animation* bleek behoorlijk ingewikkeld.



Het belangrijkste proces zit in het midden: de leraar zorgt ervoor, dat leerlingen vooraf nadenken over de manier waarop ze een natuurkundig fenomeen opdelen in verschillende brokken (“chunks”) en over de verbanden tussen die brokken. Dáár zit het denkwerk en daar vindt het leren plaats.

En wat blijkt keer op keer: net als bij directe instructie is de rol van de leraar bij onderzoekend leren essentieel. Zoals John Hattie al twintig jaar geleden constateerde: na de leerling zelf is de leraar de belangrijkste factor in het slagen van een leerervaring. Het promotiewerk van Kim Blankendaal, Veerle Ottenheim en Anne van der Linden heeft dat in allerlei contexten bevestigd. We hebben flexibele, vakinhoudelijk sterke, vakdidactisch en pedagogisch goed opgeleide leraren nodig.

En daarmee komen we op een cruciaal punt, dat u vast al voelt aankomen.



Zoals deze samenvatting van de zogenaamde bèta-lerarenmonitor laat zien, is het lerarentekort in Nederland (hier in het voortgezet onderwijs) groot en zal het naar alle waarschijnlijkheid de komende tien jaar (rechterbalkje) alleen maar groeien. Dit tekort is vooral ernstig binnen de groep leraren met een academische achtergrond.

Aan het ontstaan van dit tekort zijn vele pagina's gewijd. Met onder andere de huidige UU-docent van het jaar (gefeliciteerd Marijke de Belder) doe ik er zelf onderzoek aan. Vaak genoemd: een teruggang in maatschappelijke status, vooral omdat het opleidingsniveau van de bevolking als geheel is toegenomen, een perceptie van een gebrek aan ontwikkelingsmogelijkheden, een perceptie van een hoge werkdruk en een hardnekkige mythe dat werken in het onderwijs niet goed zou betalen. Misschien is het in dat kader goed om te weten dat leraren uit het vo die in dienst komen van de universiteit meestal teruggaan in salaris.

-

Toen ik enkele jaren geleden de eerste versie van deze monitor aan toenmalig minister Dijkgraaf overhandigde, stelde hij me geheel onverwacht de vraag, wat ik zou doen als ik aan het roer stond. Over die vraag heb ik sindsdien veel nagedacht. En wat is er mooier dan er op dit moment op terug te komen? Ik deel drie denkrichtingen met u.

Ten eerste. Op het onderwijs word je verliefd. Het raakt je of niet. En je weet niet of het je raakt totdat je het meemaakt. Daarvan kan ik zelf getuigen. Met Yannick Duursma voerde ik onderzoek uit op onze bètafaculteit. Daaruit bleek, dat bijna de helft van de eerstejaarsstudenten wel eens serieus had nagedacht over werk in het onderwijs. Een dergelijke mate van basisinteresse is ook op andere universiteiten gemeten. Wanneer we dan zien dat maar een paar procent van die studenten uiteindelijk een educatieve minor gaat doen, laten we duidelijk iets liggen.

Hoe laat je studenten kennismaken met het onderwijs? Wat mij betreft via een bijbaan als assistent van de leraar. Dat concept noemen we StudentinzetopSchool. Het is zelfs in een kamerbrief terechtgekomen. Studenten worden begeleid vanuit een lerarenopleiding en assisteren een docent in het vo. Ze krijgen daarvoor een salaris van een student-assistent. En dit werkt. Met onder andere Marjolein Muskens en Hanny Gijsman heb ik meegewerkt aan een groot onderzoek waarvan de resultaten net zijn

gepresenteerd. En wat blijkt? Niet alleen is dit een uitstekende methode om studenten bekend te maken met het onderwijs, maar het blijkt zelfs uit een keiharde effectmeting, dat de leerresultaten van de klassen met het student-docent duo significant beter zijn. Als dit geen win-win is?

Ten tweede. Wanneer er ergens een vonkje is overgesprongen, dan wil je dat studenten ook een lerarenopleiding gaan doen. Net na je vakmaster betekent dat: een studie van een jaar, of een half jaar als je al een educatieve minor hebt. Punt is, dat je in die tijd geen, of maar een zeer beperkt inkomen hebt en ook nog eens collegegeld betaalt. Dat steekt karig af bij werken in andere sectoren. Ik vind dat we deze studenten een serieus en goed betaald leerwerktraject moeten kunnen bieden. Een betaalde lerarenopleiding, dus. Na je master in één van de tekortvakken kom je in dienst van een school of universiteit en volg je de opleiding. Gedurende dat jaar krijg je netjes betaald en dan ga je met een bevoegdheid de wereld in.

Dit idee is de laatste jaren uitgedragen door de Sectorplancommissie Bèta en Techniek en viel goed bij de ministers Eppo Bruins en Robbert Dijkgraaf, onder de naam Docent-in-Opleiding. En we hebben de essentie van dit idee zelfs in het nieuwe regeerakkoord weten te krijgen.

Ten derde. Je wilt dat docenten zich kunnen ontwikkelen. Dat ze zin blijven houden in hun werk. Dat ze kunnen groeien. En dat ze dus in het onderwijs blijven! Dat kan op allerlei manieren: vakinhoudelijk, bijvoorbeeld via beta4all, didactisch, pedagogisch, maar ook bestuurlijk. Er zijn veel mogelijkheden maar het probleem is bijna altijd: de tijd. Met de bèta-lerarenkamer hebben we een privaat gefinancierd initiatief uit de VS omgevormd tot een model voor Nederland. Hierbij krijgen leraren na selectie een beurs waarin ze zich een volle dag in de week, in samenwerking met andere geselecteerden, kunnen wijden aan datgene wat ze graag willen ontwikkelen. Ze krijgen daarin begeleiding en hebben een eigen budget voor reizen, publiceren en materiaal.

Hierna zouden ze dan misschien een promotietraject kunnen ingaan. Die promotiebeurs voor leraren moet wat mij betreft dan ook meteen weer terugkomen.

Dus wanneer Rianne Letschert me de vraag over het lerarentekort zou stellen dan heb ik er in elk geval meteen een antwoord op.

De gedachte achter de titel van deze oratie komt uit de psychologie. Het verschil tussen moeten en willen. Want wanneer het over het onderwijs gaat,

dan gaat het meestal over moeten. We hebben een leer*plicht*. En het verschil tussen moeten en willen is heel erg groot, vooral als het om resultaten en welzijn gaat.

Ik heb hier niet voldoende tijd om alle motivatietheorieën te duiden. Ik heb net genoeg tijd om één ervan, de zelfdeterminatietheorie, in de grondverf te zetten. Maar gelukkig hebben velen van jullie me hierover inmiddels vaak genoeg gehoord. Misschien wel fijn dat het vandaag wat sneller gaat.

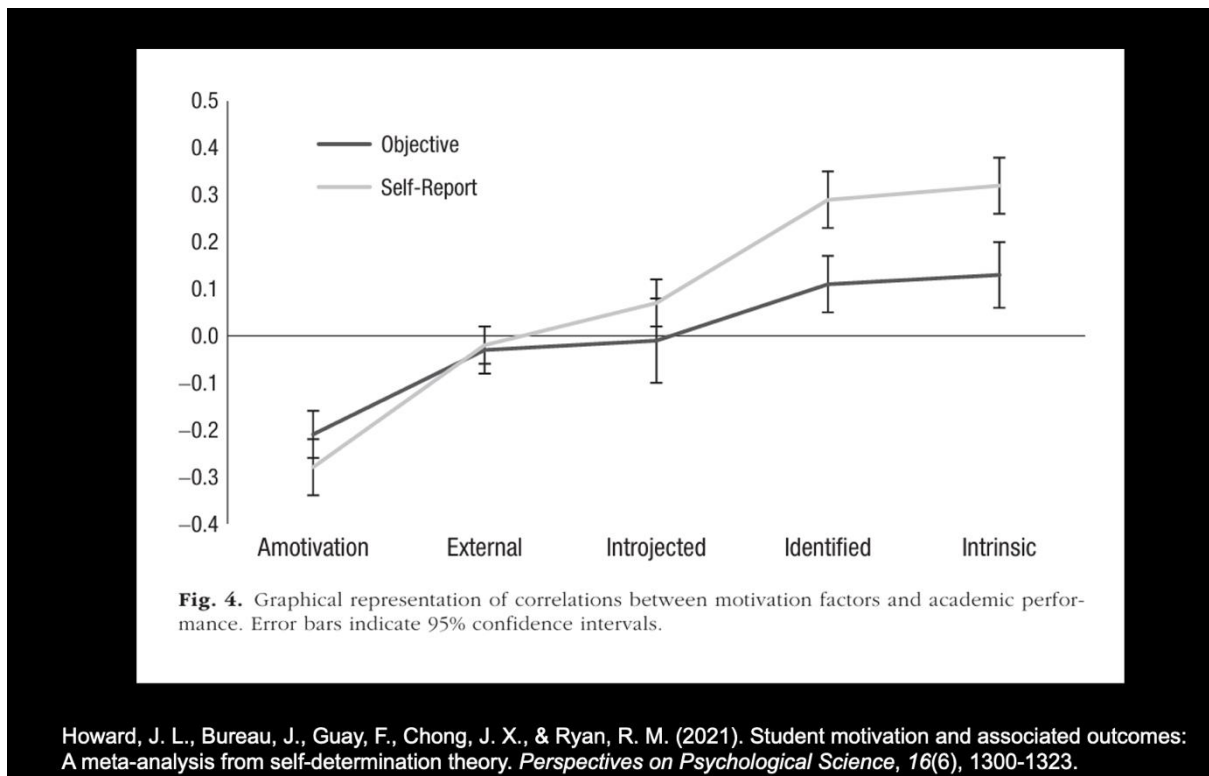
Amotivatie	Extrinsieke motivatie				Intrinsieke motivatie
Ongeregu- leerd	Extrinsieke regulatie	Geïntrojec- teerde regulatie	Geïdentifi- ceerde regulatie	Geïntegreer- de regulatie	Intrinsieke regulatie
On- persoonlijk	Extern	Enigszins Extern	Enigszins intern	Intern	Volledig intern
Geen intentie		Ego	Eigen doelen	Congruentie	Activiteit is eigen beloning
Geen competentie	Belonen en straffen	Goedkeuring van anderen	Waarde van een activiteit	Synthese met zelf	
	Gecontroleerde motivatie "moetivatie"		Autonome motivatie		

Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American psychologist*, 55(1), 68.  
 Vansteenkiste, M., Ryan, R. M., & Soenens, B. (2020). Basic psychological need theory: Advancements, critical themes, and future directions. *Motivation and emotion*, 44(1), 1-31.

Dit is het overzicht. Het concept motivatie is in deze visie een continuüm. Dat loopt van de volstrekte afwezigheid ("demotivatie") tot volledig opgaan in de activiteit, die daarbij de eigen beloning is ("intrinsiek"). Daartussen ligt een scala aan verschillende drijfveren, waarbij de linkerkant van het spectrum over "moeten" gaat: iemand van buiten dwingt je iets te doen via straf of beloning ("extrinsiek") of je dwingt jezelf iets te doen (druk van binnen: "introjectie"). Samen noemen we dit gecontroleerde motivatie, of volgens Maarten Vansteenkiste (Leuk dat je er bent, Maarten): "moetivatie". Aan de rechterkant krijgen we drijfveren die in essentie van binnen komen: autonome motivatie, met als meest autonome variant die volledig interne, intrinsieke motivatie. Dan wil je het écht, helemaal zelf, weten.

De vraag die vaak gesteld wordt is: waarom zouden we ons hierover zorgen maken. Het gaat er toch om dat er iets gebeurt? Waarom dat gebeurt, is toch

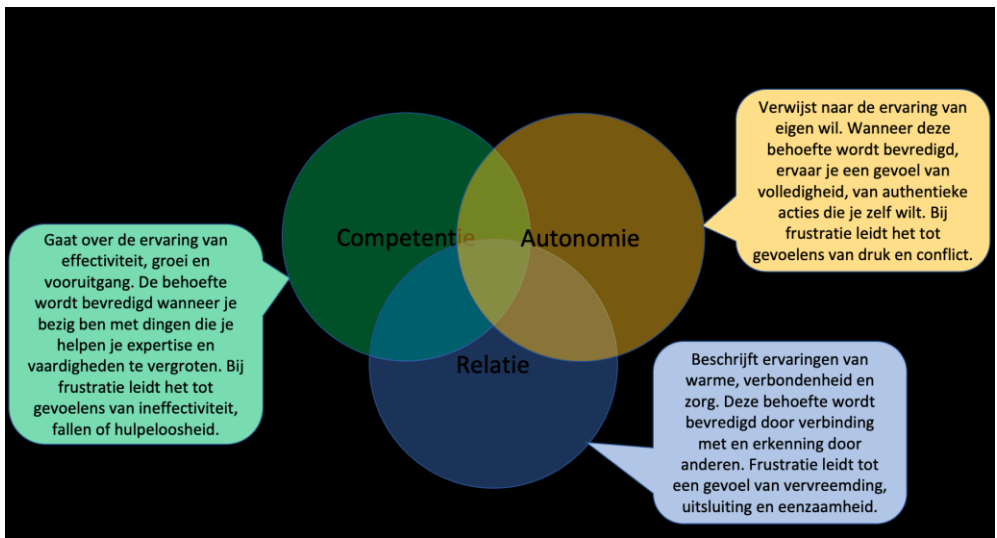
secundair? Gelukkig geeft een enorme hoeveelheid experimentele data hierop een eenduidig antwoord.



Of je nu de prestaties meet naar de perceptie van de mensen (studenten, professionals, sporters, etc.) of naar harde maatstaven, in beide gevallen blijkt er een duidelijke correlatie gemeten te worden tussen het type motivatie en de prestaties.

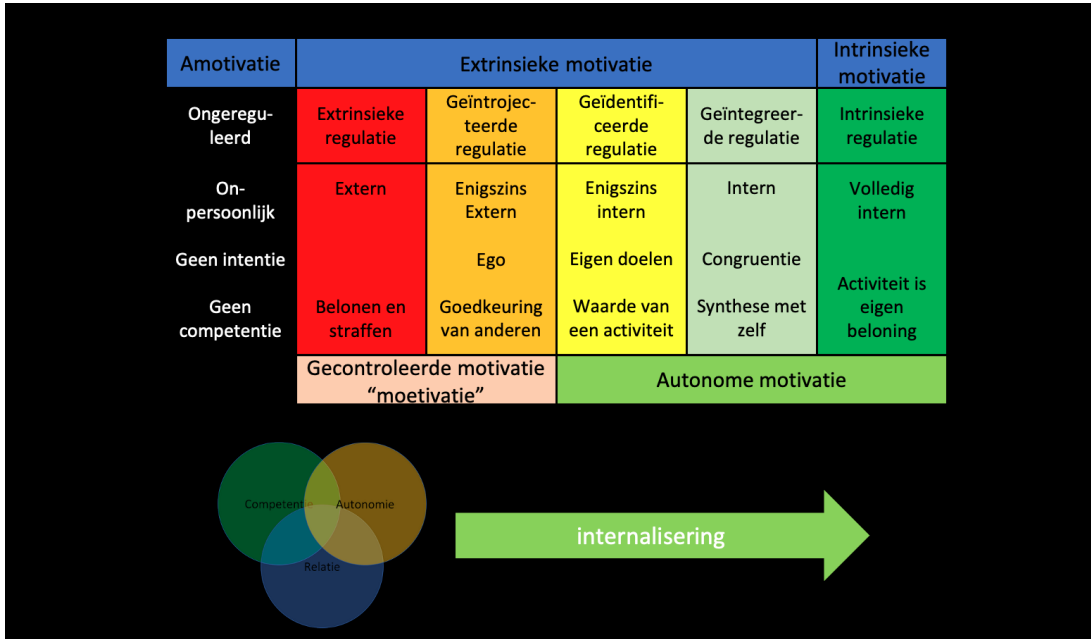
Dit is wellicht even wennen: hoe minder druk van buiten je uitoefent, hoe minder je controleert, hoe beter de prestaties worden. Ik raak er maar niet over uitgepraat. Het mooie is, dat een zeer recente studie laat zien, dat er ook neurologisch bewijs begint te ontstaan voor dit verband.

De logische vervolgvraag, zeker voor leraren, is dan: hoe krijg ik mijn leerlingen (of mijn medewerkers, mijn studenten, mijn sportteam) aan de rechterkant van dit spectrum?

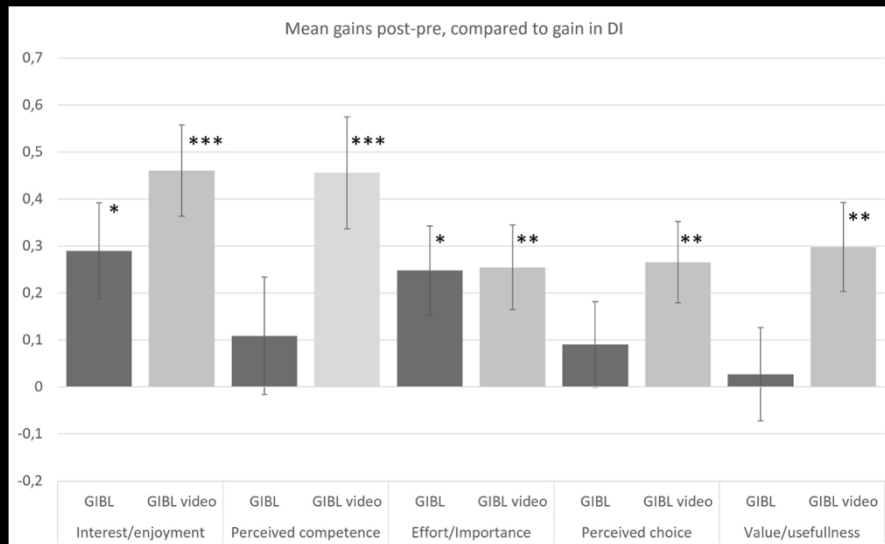


Het antwoord: psychologische basisbehoeften. Competentie, Autonomie, Relatie. Competentie gaat hier niet over de resultaten van je toets, over dat wat je al kunt. Het gaat over de perceptie van groei, van het gevoel dat je tegen de taak bent opgewassen. En wanneer deze behoefte onder druk staat dan voel je je falen. Autonomie is de ervaring van eigen wil, of wanneer deze onder druk staat: dwang en conflict. En tenslotte relatie, of verbondenheid. Die behoefte weinig toelichting denk ik.

Het mechanisme van de zelfdeterminatietheorie is, dat je mensen een meer autonome vorm van motivatie kunt laten ontwikkelen, door deze basisbehoeften te ondersteunen. Dat is niet vanzelfsprekend, maar het kan. Dat vind ik zo enorm hoopvol aan deze conceptualisatie.



Wat heeft dit allemaal met bètaonderwijs en wetenschappelijke geletterdheid te maken, zegt u?



Meulenbroeks, R., van Rijn, R., & Reijerkerk, M. (2024). Fostering secondary school science students' intrinsic motivation by inquiry-based learning. *Research in Science Education*, 54(3), 339-358.

Een voorbeeld. Met Rob van Rijn en Martijn Rijeikerk liet ik zien, dat je op basis van behoefteondersteuning een natuurkundepracticum doelgericht kunt omvormen. Daarbij krijgen leerlingen autonomie bij het practicum, maar wel precies voldoende ondersteuning om zich niet verloren te laten voelen. En de leerlingen kregen hierdoor echt meer zin in hun werk. Met alle positieve gevolgen van dien. Een goede kwaliteit van motivatie is niet “leuk om te hebben”. Het is de basis van goed onderwijs en dus ook de basis van wetenschappelijke geletterdheid.

Ik kom nog even terug op AI en het onderwijs. Stel je voor dat een student nogal gecontroleerd gemotiveerd is voor een cursus, dat het alleen gaat over het eindcijfer (de beloning), dat er sprake is van “motivatie”. Dan is de kans groot, dat deze student AI zal inzetten om tot een resultaat te komen, ook als dat niet is toegestaan. Het is toch niet te achterhalen. Van de andere kant: wanneer een andere student zelf heel graag de wiskundige bewerking van integratie wil doorgronden, als die behoefte autonoom is, dan zal deze student niet zomaar overal AI voor gebruiken. Misschien zal ze AI inzetten om extra oefenopgaven te genereren. Of om foute antwoorden te analyseren. Kortom: om AI op een zorgvuldige en gedoseerde manier te gebruiken. Wanneer je het echt zelf wilt weten of leren, dan past AI zich aan jou aan, niet andersom.

Het zal u niet verbazen dat AI en onderwijs één van de kernthema's van het Freudenthal Instituut aan het worden is.

-

Na een beschouwing van het concept wetenschappelijke geletterdheid in de loop van de tijd, manieren om aspecten van het begrip te meten, de relatie met het onderwijs, het lerarentekort en motivatie, nader ik het einde van deze lezing.

-

Terug naar John Dewey en de democratie: ik denk dat we wetenschappelijke geletterdheid heel hard nodig hebben in deze tijd. We worden overspoeld met informatie en reclame en het onderscheid daartussen wordt steeds onduidelijker. Tegelijkertijd hebben we onmiskenbaar met grote uitdagingen te maken. Er wordt vaak naar wetenschap en technologie gekeken voor de oplossingen. Dat maakt dat we als burgers moeten willen weten waarover het gaat. En dat is lang niet altijd het geval, gezien ook de PISA-scores.

Laat ik eindigen met een voorbeeld wat me na aan het hart ligt.

Midden in het heftige debat over de stikstofproblematiek, waarbij ik me soms echt afvroeg of die vlag nu rood-wit-blauw of blauw-wit-rood was, doet de toenmalige minister van Energie en Klimaat in een veelbekeken talkshow een uitspraak die ik hier letterlijk citeer:

“[Stikstof] dat is een stofje dat als je er te veel van hebt er eigenlijk voor zorgt dat de natuur eigenlijk een verstikkende deken over zich heen krijgt en daardoor sterft de natuur langzaam af.”

De minister wordt onmiddellijk aangevuld door één van de presentatoren:

“Het gaat vooral om de verbindingen die die stikstof maakt.”

Waarop de minister antwoordt:

“Ja, ja, precies”.

Daar blijft het bij. Niemand aan de tafel stelt hierover een vraag of maakt een opmerking en de discussie gaat vervolgens over de maatregelen, die de minister niet snel genoeg kunnen komen. Wanneer je als kiesgerechtigde je keuze op basis van deze gegevens moet maken, dan ga je al snel akkoord.

Wanneer stikstof een “verstikkende deken” over de natuur legt dan hebben we geen keuze en moeten we daar meteen iets aan doen.

Maar uit uw reacties maak ik op dat u de gaten in het betoog ook ziet. Mijn grootste zorg zit hem in het gebrek aan reactie van andere tafelgasten in dezelfde uitzending. Afgezien van de halfslachtige poging van de presentator gaat niemand erop in. Terwijl de uitspraak volstrekt onjuist is en je niet meer dan derdeklas-kennis nodig hebt om dat te weten. Wat zou er gebeuren wanneer de tafelgasten de nieuwe kerndoelen mens en natuur gehaald zouden hebben? Een ideaalbeeld.

Minister:

“...dat is een stofje dat als je er te veel van hebt er eigenlijk voor zorgt dat de natuur eigenlijk een verstikkende deken over zich heen krijgt en daardoor sterft de natuur langzaam af.”

Presentator:

“Het gaat vooral om de verbindingen die die stikstof maakt.”

Minister:

“Ja, ja, precies”.

Tafelgast 1:

“Ik heb even een vraag. Volgens mij is die naam stikstof verwarrend. Stikstof zelf is toch een onschadelijk gas dat 80% van de lucht uitmaakt. Hoe zit dat?”

Tafelgast 2:

“Nou, ik ben blij dat je het zegt. Je noemde al die verbindingen. Volgens mij gaat het over ammoniak en de oxiden.”

De presentator is nu enigszins verward:

“Wat goed dat jullie dat zo uit je mouw schudden. Leg eens uit?”

Tafelgast 1:

“Nou ja, ammoniak is toch een meststof? Maken ze toch kunstmest van? Planten groeien daar hard op. Sommige heel hard. Brandnetels en bramen verdringen dan andere soorten.”

Tafelgast 3 die tot nu toe gezwegen heeft:

“En hoe zit het dan met die, eh..., oxiden?”

Tafelgast 2:

“Dat is weer iets anders volgens mij. Giftige stoffen uit het verkeer en industrie. Er mag maar heel weinig in de lucht zitten. Maar planten hebben ze zelfs nodig voor bepaalde dingen heb ik wel eens gelezen.”

Presentator:

“Maar minister, dat is toch wel een iets ander verhaal. Hoe zit dat?”

Minister:

“Oef. Ja, uiteindelijk is het ook een ingewikkeld verhaal dat ik te veel vereenvoudigd heb om snel tot mijn punt te komen. Excuus daarvoor. Wat jullie zeggen klopt helemaal. Maar het uit balans brengen van de flora in natuurgebieden door te veel ammoniak is wel precies waarover het gaat. Wij kiezen er als regering voor om die natuurgebieden te beschermen. We geven dus prioriteit aan dat stuk. Dat is een keuze. We zouden er ook voor kunnen kiezen om juist de veehouderij te stimuleren en de natuurgebieden aan hun lot over te laten. Dat doen we niet, want we willen ook aan Europese regelgeving voldoen.”

En er ontspint zich een discussie over de voors en tegens van een dergelijke keuze.

Oké, oké, het is een ideaalbeeld, ik weet het. Maar zou het niet heel verfrissend zijn om moeilijke discussies op dit niveau te kunnen voeren? Om niet de toevlucht te hoeven zoeken tot té vergaande vereenvoudiging? Om te zien dat mensen elkaar vragen stellen, met elkaar praten op basis van datgene wat feitelijk bekend is? Zonder standpunten meteen weg te zetten met woorden als “klimaatalarmist” of “klimaatontkenner”?

Wanneer we ervoor kunnen zorgen dat iedere 15-jarige daadwerkelijk de nieuwe kerndoelen haalt dan zijn we al een heel eind. Dit bereiken in tijden van een lerarentekort is moeilijk genoeg. Daarna en daarnaast kan effectieve communicatie over wetenschappelijke ontwikkelingen bijdragen. Daar hebben we binnen het Freudenthal Instituut trouwens uitstekende ervaring voor in huis.

Maar er blijft altijd één cruciale gewoonte over. Voor mij de essentie van wetenschappelijke geletterdheid: die wetenschappelijke houding. Ik herhaal

nog een keer die definitie van bijna een eeuw geleden: *een open houding richting (natuur-)wetenschappelijk bewijs, bewustzijn van eventuele vooroordelen, kennis van de relatie tussen oorzaken en gevolgen, en kennis van het onderscheid tussen feiten en theorie.*

Een open houding houdt wat mij betreft in: vragen stellen. Altijd. Over alles. In deze tijd is niets vanzelfsprekend en worden we steeds meer op onszelf teruggeworpen. Ook democratisch gekozen overheden blijken niet altijd betrouwbare partners. Polariserende boodschappen leiden tot meer clicks, meer reclame-inkomsten en verdere verspreiding. Vragen stellen helpt. Want - vrijelijk uit het boek van Henk Kummeling, Manon Kluijtmans en Frank Miedema-: wanneer je vragen stelt dan wil je eerst begrijpen en daarna pas begrepen worden. En dat is het tegenovergestelde van polariseren.

En wat is de belangrijkste vraag die je kunt stellen in deze tijd van superovertuigende *deepfakes*, alomtegenwoordige reclame, prachtig klinkende AI-gegenereerde teksten en bewuste misleiding? Wat mij betreft heel eenvoudig:

Hoe weet je dat? Hoe weet je dat het waar is?

Ik hoop dat ik deze vragen heel vaak ga horen. Misschien niet van de politici, maar van ons, van iedereen.

Hoe weet je dat? Hoe weet je dat het waar is?

Volgens mij zijn we dan op weg naar wetenschappelijke geletterdheid.

Want: je moet het wel willen weten.

Ik heb gezegd.