

# Natuurwetenschappen zonder formules?

## Basisvaardigheden rekenen

Dat kan natuurlijk niet. Formules horen bij natuurkunde en een schoolboek zonder formules is ondenkbaar. Toch zitten die formules soms meer in de weg dan dat ze helpen. We gebruiken in de natuurkunde namelijk echt voor alles een formule, ook als dat helemaal niet nodig of zelfs onhandig is.

Formules zijn voor veel leerlingen in de onderbouw best lastig. Zo wordt het rendement (in procenten) berekend met een formule, terwijl de meeste leerlingen gewend zijn dan een verhoudingstabel te gebruiken. Een formule is dan niet alleen verwarrend, het zorgt er ook voor dat ze door de formules de natuurkunde niet meer zien.

### Verhoudingstabellen

Bij grootheden, zoals dichtheid en verbrandingswarmte, is een verhoudingstabel overzichtelijker dan een formule, maar alleen als bij elk getal de eenheid staat. Dan helpt de tabel om overzicht te krijgen. Een verhoudingstabel maakt het rekenwerk gemakkelijker, terwijl leerlingen de onderliggende natuurkunde beter begrijpen. Bovendien sluit deze aanpak beter aan bij andere vakken (scheikunde, wiskunde en economie) en samen versterk je de basisvaardigheden rekenen.

1 m <sup>3</sup>	...?.. cm <sup>3</sup>
19,3 · 10 <sup>3</sup> kg	250 gram

Tabel 1. Een tabel voor rekenen met dichtheid

Een rekenvoorbeeld. De dichtheid van goud is 19,3·10<sup>3</sup> kg/m<sup>3</sup>. Bereken het volume (in cm<sup>3</sup>) van een goudklomp van 250 gram. Bij het invullen van de verhoudingstabel wordt al zichtbaar dat er eenheden omgerekend moeten worden: van gram naar kg en van m<sup>3</sup> naar cm<sup>3</sup>. Belangrijker is dat met die tabel het begrip dichtheid helder in beeld komt: het aantal kilogram van een kubieke meter. Want dichtheid is een 'per'-eenheid, en dat betekent dat elke kubieke meter zoveel kilogram is. Zo'n tabel geeft overzicht en dan snappen leerlingen beter wat ze doen. De verhoudingstabel laat ook duidelijk zien wat de vraag is: hoeveel kubieke centimeter hoort bij 250 gram?

Voor het rekenwerk mogen leerlingen kiezen: via kruislings vermenigvuldigen, rekenen met de factor of terugrekenen naar 1 kg.

100 meter	...?.. km
15 seconden	1 uur

Tabel 2. Een tabel voor rekenen met snelheid

Een ander voorbeeld is rekenen met snelheid: Iemand loopt de 100 meter in 15 seconden. Hoeveel kilometer per uur is haar gemiddelde snelheid?

Dit is voor veel leerlingen (en volwassenen) een lastige vraag. Maar een verhoudingstabel geeft overzicht en ook hier wordt het

rekenwerk gemakkelijker, vooral doordat eenheden naast elkaar staan en leerlingen kunnen kiezen welke eenheid ze omrekenen. Hier zullen veel leerlingen gebruik maken van: 100 m = 0,1 km en 1 uur = 3600 s. Minder fouten en een beter begrip van snelheid. Leerlingen vinden het fijn als ze voor dit soort berekeningen mogen kiezen tussen een formule en een tabel.

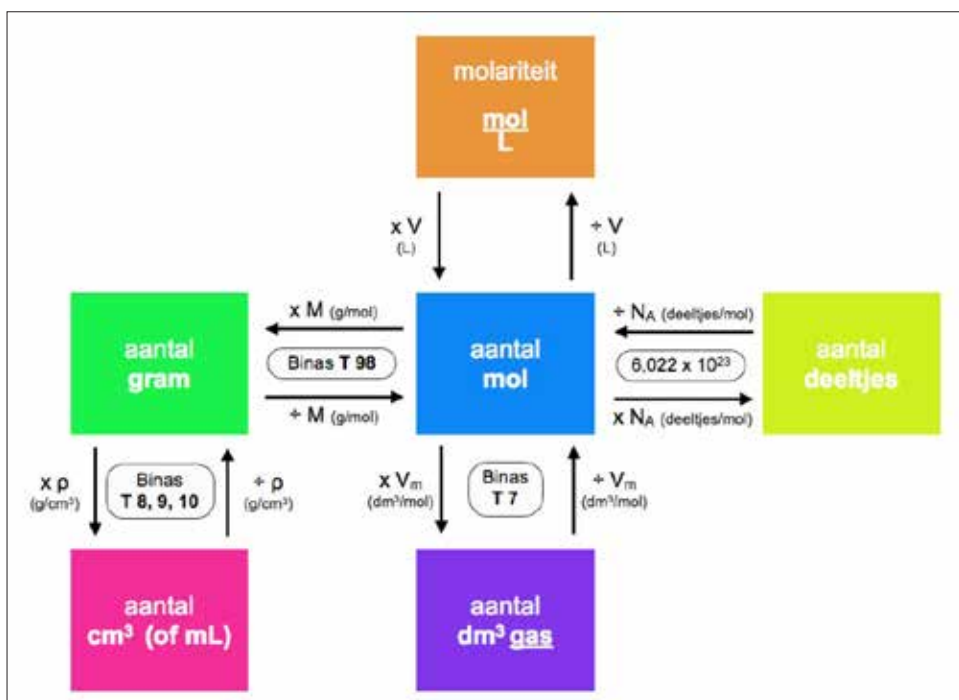
In Wikiwijs is een open leeromgeving gemaakt voor Vakoverstijgend Rekenen

### Vakoverstijgend Rekenen

Bij Vakoverstijgend Rekenen is gekozen voor een overzichtelijke afspraak: gebruik bij dit soort berekeningen liever een verhoudingstabel dan een formule. En noteer bij elk getal in die tabel de eenheid. Die afspraak geldt voor alle berekeningen met procenten en bij berekeningen waar een eenheid met 'per' gebruikt wordt.

Die afspraak is ook bruikbaar bij scheikunde, economie, wiskunde, biologie en aardrijks-





Figuur 1. Een schema voor berekeningen met mollen

nen rekenen met dichtheid en procenten, maar daar staan juist helemaal geen formules in de syllabus. Dat betekent in de praktijk dat elk leerboek zijn eigen rekenmethode kiest, die vaak afwijkt van natuurkunde. De verhoudingstabel wordt bij scheikunde al wel gebruikt, bij massaverhoudingen en volumepercenten. Vreemd genoeg wordt bij alle berekeningen met mol niet gekozen voor verhoudingstabellen maar voor rekenen met een constante. In figuur 1 is een schema weergegeven dat in veel scheikundemethodes gebruikt wordt.

Het zijn met name de rekenzwakke leerlingen die hier het meest van profiteren



Figuur 2. Open leer materiaal in WikiWijs

Rekensterke leerlingen hebben zo'n schema niet nodig, maar voor rekenzwakke leerlingen is het een drama. Ze leren het hele schema uit hun hoofd, maar snappen niet wat ze aan het doen zijn. Logisch dat veel leerlingen moeite hebben met rekenen met mollen. Hier kunnen verhoudingstabellen uitkomst bieden, want de betekenis van eenheden zoals mol/L, gram/mol en liter/mol komt daarmee veel beter in beeld. Leerlingen snappen scheikunde beter en maken minder rekenfouten.

### Economie en wiskunde

Bij economie en wiskunde wordt veel gerekend met procenten, maar niet met een verhoudingstabel. In plaats daarvan wordt voor elk type berekening met procenten een andere formule gebruikt. Bovendien wijkt die aanpak af van wat leerlingen kennen vanuit de basisschool. Dat verklaart waarom veel leerlingen moeite hebben met procenten.

### Open leer materialen in WikiWijs

Vakoverstijgend Rekenen bestaat in de kern uit niet meer dan een aantal afspraken over het rekenen met verhoudingen, procenten, formules en vergelijkingen. Maar dat betekent niet dat het voor scholen simpel is om

kunde. En als alle vakdocenten de tabel op dezelfde manier gebruiken zien leerlingen hoe breed die tabel inzetbaar is. Tegelijk wordt het rekenwerk bij die vakken makkelijker, en komt de vakinhoud beter in beeld. Het

gevolg is dat leerlingen hogere cijfers halen en vaker deze vakken kiezen in hun pakket.

### Scheikunde

Bij scheikunde moeten leerlingen ook kun-



Figuur 3. Een rekenkaart om de afspraken concreet te maken

dit in te voeren. Die afspraken gaan namelijk alleen werken als alle secties en docenten meedoen. Bovendien moeten docenten een andere aanpak gebruiken dan die in hun lesmethode staat. En dat valt niet mee. Om dat probleem op te lossen is in WikiWijs een open leeromgeving gemaakt voor Vakoverstijgend Rekenen. Leerlingen kunnen hier oefenopgaven maken voor natuurkunde, scheikunde, wiskunde en economie bij vijf rekenonderdelen (zie figuur 2). De opgaven zijn voorzien van goed/fout-feedback en bij elk onderdeel is er een korte instructievideo voor leerlingen. Voor docenten biedt de WikiWijs-omgeving onder andere PowerPoints als lesmateriaal, een rekenkaart en achtergrondinformatie. Docenten en leerlingen hebben altijd gratis toegang tot de leeromgeving zonder inlogcodes en er wordt niets opgeslagen. Scholen kunnen het hele arrangement downloaden en aanpassen aan hun eigen situatie.

### Implementatie, verankering en afronding

Een belangrijk onderdeel van de invoering van Vakoverstijgend Rekenen is het verankeren van de gezamenlijke afspraken rond rekenen. Een krachtig hulpmiddel daarbij is een rekenkaart die leerlingen niet alleen in de vaklessen, maar ook bij toetsen mogen gebruiken. De rekenkaart van Vakoverstijgend Rekenen is te downloaden vanaf de WikiWijs-omgeving (zie figuur 3). Een tweede instrument voor verankering is het afronden van het leertraject met een rekentoets (zie WikiWijs). Daarmee werken de docenten aan een gezamenlijk doel. Voor leerlingen (en ouders) is het fijn om het rekenonderwijs af te sluiten met een voldoende voor de rekentoets. Op onze school verdienen leerlingen daarmee een vrijstelling, wat in feite betekent dat leerlingen die nog geen voldoende hebben gehaald extra rekenlessen krijgen.

### Quickscan en Routekaart

Scholen die Vakoverstijgend Rekenen willen invoeren vinden op WikiWijs een korte video over de stappen die een school daarbij kan zetten. Bij die implementatie kunnen scholen ook ondersteuning krijgen. Daarvoor worden, in samenwerking met enkele pilotscholen, een Quickscan en een routekaart ontwikkeld. Doel is om scholen de juiste instrumenten te bieden om het project zelfstandig te implementeren en om ondersteuning te bieden aan scholen die dat wenselijk vinden. Die ondersteuning wordt aangeboden door onderwijsinstituut WisMon ([wismon.nl/onderwijs/rekenonderwijs/vakoverstijgend-rekenen](http://wismon.nl/onderwijs/rekenonderwijs/vakoverstijgend-rekenen)). ●

Meer informatie op de website van Vakoverstijgend Rekenen: [vakoverstijgendrekenen.nl](http://vakoverstijgendrekenen.nl)

### OOK REKENEN BIJ BIOLOGIE

Biologie wordt vaak niet in verband gebracht met rekenvaardigheden. Toch zitten in eindexamens geregeld vragen waarbij rekenvaardigheden onontbeerlijk zijn. Een bekend voorbeeld zijn de vragen over populatiegenetica in oude examenvragen van het vwo. Maar ook op havo en vmbo moet regelmatig gerekend worden. Een voorbeeld daarvan is een vraag uit het vmbo eindexamen van 2023 waarbij uit een tabel moest worden berekend welk percentage van de baby's te vroeg geboren was (vraag 7 eerste tijdvak). In het havo-eindexamen van hetzelfde jaar moesten leerlingen zelfs rekenen vanuit afgelezen waarden uit een grafiek een uitrekenen (vraag 28 eerste tijdvak)