

SamSam-13

Door Ad Mooldijk en Inge Lichtenegger

SaLVO-leerlijn verbanden

Drie jaar geleden zijn docenten van de GSR te Rotterdam, het Boni te Utrecht en het Freudenthal Instituut van de Universiteit Utrecht begonnen met de uitwerking van een samenhangende leerlijn rond het omgaan met verbanden tussen grootheden. Speerpunt is inhoudelijke samenhang in de lengte en de breedte. Inmiddels hebben we acht modules voor vaklessen en materiaal voor twee vakoverstijgende projecten geschreven en getoetst aan de praktijk.

Verbanden

Van het verwoorden van relaties, het lezen en interpreteren van formules en grafieken, het verwerken van meetgegevens, tot het maken van modellen, het omgaan met verbanden tussen grootheden is een essentiële vaardigheid binnen vooral de natuurwetenschappelijke vakken. Voor veel leerlingen in het voortgezet onderwijs vormt het werken met formules en grafieken een struikelblok, waarmee ze niet alleen in de bètavakken maar ook bij bijvoorbeeld economie worden geconfronteerd. Afstemming tussen de vakken en een samenhangende begripsopbouw door de jaren heen kunnen dit struikelblok aanzienlijk verkleinen.

Voorals wiskunde en natuurkunde hebben hier baat bij.

Samenhang: inhoud en didactiek

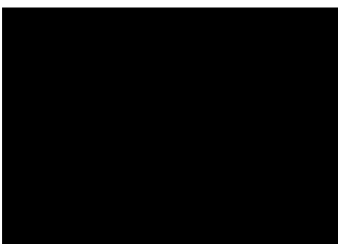
Bij de ontwikkelen van het lesmateriaal stond van het begin af aan een aantal doelen helder voor ogen. Het moest meer zijn dan ‘samen wat doen’, het ging er om nu daadwerkelijk *inhoudelijk samenhang* bij de verschillende vakken tot stand te brengen.

We kozen voor een didactiek, die de leerlingen uitnodigt actief ideeën te onderzoeken en uit te wisselen aan de hand van herkenbare en betekenisvolle problemen en contexten.

Tijdens de maandelijkse ontwikkelingsbesprekingen bleek hoe groot de verschillen in benaderingswijze bij de verschillende vakken kunnen zijn. Dit leverde levendige discussies op en interessante vraagstukken waarop het antwoord niet altijd eenduidig te geven was en meningen en ideeën geregeld bijgesteld moesten worden. In de loop van de project tekende zich echter een duidelijke, gemeenschappelijk gedragen leerlijn af. De discussie was nodig om elkaar te leren kennen en waarderen.

Evenredigheid

Het begrip *evenredigheid* heeft een centrale plaats in het project. Hoewel dit bij natuurkunde vanaf het begin een belangrijk verband is tussen grootheden, wordt het in de wiskundeboeken nauwelijks besproken. Leerlingen leren bij wiskunde vooral denken volgens lineaire verbanden: bij gelijke stapgrootte is de toename gelijk. Bij een evenredig verband (bijvoorbeeld het verband tussen kracht en uitrekking van een veer) is de redenatie “als de ene grootheid drie keer zo groot wordt, wordt de ander ook drie keer zo groot” juist belangrijk. Andere vakken gebruiken het redeneren met evenredigheid ook regelmatig. Wiskunde kan het omgaan met evenredigheid goed voorbereiden en voor het vak zelf is het ook heel bruikbaar. De andere vakken



Het lesmateriaal van de onderbouw is geschikt voor havo en vwo. Voor het bovenbouw materiaal zijn aparte havo en vwo versies.

De leerlijn

Klas 2

Verhoudingen en evenredigheden (Wi)

Een verband tussen massa en volume (Na)

Vergroten en verkleinen (Wi-Na-project)

Klas 3

Omgekeerd evenredig (Wi)

Economie en procenten (Ec)

Verhoudingen bij scheikundige reacties (Sk)

Formules en evenredigheden (Na)

Exponentiële verbanden (Wi-Na-Inf-project)

Klas 4

Evenredigheden en machten (Wi)

Verbanden onderzoeken (Na)

Exponenten (Wi, 1^e versie)

Klas 5

Exponenten (Na, Bi, Sk, in voorbereiding)

Modelleren (Na)



alleen bij *recht* evenredige verbanden gebruiken – werd steeds meer duidelijk dat de verhoudingstabel, waarmee de meeste leerlingen vanuit basisonderwijs en brugklas vertrouwd zijn, veel houvast kan bieden. Het uitvoerig stilstaan bij de eigenschappen van de verhoudingstabel en duidelijk maken wanneer gebruik al dan niet gerechtvaardigd was komt de begripvorming juist ten goede.

Dit zijn twee voorbeelden van het afstemmen van het (gebruik van) begrippen.

Onderzoekend leren

Niet alleen wát je leert maar ook h^oe je iets leert is van belang bij de begripsontwikkeling. Bij alle hoofdstukken starten we met verkenning van een herkenbaar probleem uit de praktijk. Voorkennis en intuïtieve ideeën worden opgeroepen, uitgewisseld en in kaart gebracht. Bewust zorgen we ervoor dat leerlingen moeite moeten doen om de stof te begrijpen maar dat ze van tevoren inzien dat ze met wat moeite die stof ook *kunnen* begrijpen! Al puzzelend en onderzoekend wordt de kennis in vervolproblemen verder uitgediept

kunnen dan goed aansluiten op wat wiskunde heeft gedaan en zorgen dat leerlingen gebruiken wat ze bij wiskunde hebben geleerd.

De verhoudingstabel

Door de discussies in het ontwikkelteam kwam de *verhoudingstabel* ter sprake. De natuurkundigen zagen in eerste instantie vooral de beperkingen – het leidt tot trucjes, je kunt het



(en ook ingeoeffend).

Sommige leerlingen moeten wennen aan actief formuleren van ideeën, verklaringen en oplossingen. Een extra reden om dit al zo vroeg mogelijk te stimuleren.

Veel leerlingen waarderen dat ze actief aan de slag moeten met een eigen inbreng en dat ze zelf moeten nadenken.



Vakoverstijgende projecten

Er is bewust niet gekozen voor vakkenintegratie. Behalve de overeenkomsten mogen ook de verschillen tussen de vakken best duidelijk naar voren komen. Om de samenhang niet alleen in de opeenvolging van vakken te laten zien zijn er ook projecten waarin de vakken expliciet samen aan de slag gaan.

In de tweede klas leent het onderwerp 'vergroten en verkleinen' zich uitstekend voor een project waarin leerlingen al onderzoekend en doende vertrouwd raken met het vergroten en verkleinen van afmetingen, oppervlakte en volume, schaduwbeelden en lenzen.

Voor de derde klas wordt ook informatica betrokken bij een project over exponentiële verbanden. In dit



tweedaagse project wordt een aantal begrippen opgefrist en wordt als eerste kennismaking gesnuffeld aan verschillende exponentiële verbanden.



Het project wordt afgesloten met een open onderzoek en presentatieronde waarbij de vraagstelling binnen verschillende situaties steeds is: 'is hier sprake van een exponentieel' verband.

Bovenbouw

In de bovenbouw wordt het scala aan verbanden verder uitgebreid. Er is meer aandacht voor het zoeken naar het verband tussen meetresultaten. Dit wordt weer bij wiskunde voorbereid, waarna natuurkunde de vaardigheden van wiskunde weer gebruikt en consolideert. Ook bij het zoeken van een verband bij getallenparen blijkt wiskunde hier normaal nauwelijks aandacht aan te schenken, terwijl natuurkunde weer te weinig gebruik maakt van de eigenschappen van bepaalde verbanden die bij wiskunde worden aangeleerd. Door dit ook hier op elkaar af te stemmen ontstaat een doorlopende leerlijn voor verbanden..

Ervaringen

We hebben docenten en leerlingen naar hun ervaringen met het materiaal gevraagd en tijdens de lessen rondgelopen in de klassen. Docenten ervaren dat leerlingen na een paar modules beter kunnen omgaan met evenredigheden en minder moeite hebben om opgaven ermee te maken. Zij vinden dat de leerlingen een beter begrip opbouwen in vergelijking met vroeger. Het kost docenten wel moeite om samenhang aan te brengen. In eerste instantie is er weerstand tegen het van elkaar leren hoe met begrippen als evenredig wordt omgegaan in de verschillende vakken en tegen het op een andere manier lesgeven. Nadat ze ermee lesgegeven hebben zijn ze wel positief en zien in dat de extra inspanning ruimschoots de moeite waard is. Vooral het praten met collega's en andere secties over hoe je je onderwijs in de klas vorm geeft blijkt heel positief uit te werken en een voorwaarde voor inhoudelijk samenhangende lessen. Scholen die een module uitproberen gaan bijna altijd door. Leerlingen vinden het materiaal niet gemakkelijk, al vindt het merendeel dat ze na de modules goed met bijvoorbeeld berekeningen kunnen omgaan. Vergelijking met vroeger kunnen zij niet maken. Op de ontwikkelingscholen kiezen steeds meer leerlingen bèta. Dit ligt zeker niet alleen aan SaLVO, er gebeurt op de

Bierschuim

Als je bier inschenkt krijg je een schuimlaag. Die laag zakt in als je het glas een tijdje laat staan. De dikte van de schuimlaag neemt hierbij dus af in de tijd.

Bij deze opdracht moeten jullie nagaan of het verband tussen de dikte van de schuimlaag en de tijd **exponentieel** is. Dit moet aan de hand van een proef gedaan worden. Hiervoor zijn de volgende benodigdheden beschikbaar:

- bier, eventueel cola met een beetje koffiemelk
- maatglas
- liniaal
- stopwatch
- computer met Excel

Het is de bedoeling dat jullie **zelf** de uitvoering van deze proef bedenken. Denk hierbij aan de andere proeven die je de afgelopen twee dagen hebt gedaan. Hoe kun je een exponentieel verband laten zien? Welke formule hoort erbij?

Bepaal ook de *halfwaardetijd* uit de meetresultaten.

Open onderzoek bij het project 'Exponenten' voor de derde klas

scholen veel meer. SaLVO is wel een belangrijke component in de verschuiving.

Toekomstplannen

De lesmodules in de hier beschreven leerlijn zijn minstens één keer op meerdere scholen in meerdere klassen uitgeprobeerd, geëvalueerd en aan de hand daarvan bijgesteld. De leerlijn zoals die er nu is, is hierdoor goed te gebruiken door elke school.

Het project is echter nog niet klaar, al is de ontwikkelsubsidie gestopt. We werken nog aan lesmodules voor de bovenbouw over exponentiële verbanden. Voor periodieke verbanden gaan we komend jaar aan de slag. Het onderbouwmateriaal blijven we kritisch gebruiken om dit nog te optimaliseren. Uiteindelijk willen we voorbeeldlesmateriaal hebben dat voor alle



belangrijke soorten verbanden in havo en vwo laat zien dat inhoudelijke samenhang in de bètavakken haalbaar is en een belangrijke bijdrage levert aan een beter begrip en het keuzegedrag van leerlingen voor een natuurwetenschappelijk profiel en liefst ook vervolgstudie duidelijk positief beïnvloedt.

Word ook SaLVO-school!

We hebben van het platform Bèta Techniek een subsidie gekregen om ons lesmateriaal en de ervaringen die we ermee hebben opgedaan te delen. Hiermee kunnen wij scholen helpen die zich willen oriënteren op meer inhoudelijke samenhang in de



vakken. We kunnen u een oriënterende bijeenkomst aanbieden en steun bij het opstarten. Kijkt u op de website van het project bij nascholing of zelf beginnen. www.salvoproject.nl

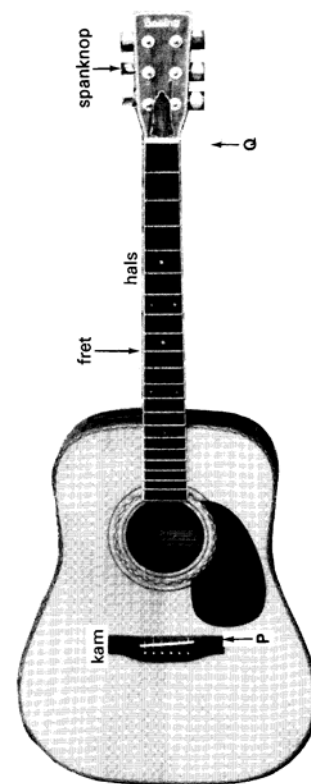
Opbrengst

Voorbeeldlesmateriaal

Verhoogde transfer

Secties aan de praat

Heel veel ideeën voor meer



Snaarlengte en toonhoogte

Een gitaar heeft zes snaren. Elke snaar is gespannen tussen de kam (P) op de klankkast en één van de spanknoppen aan het eind van de hals. De 'bovenste' snaar in de figuur is de e-snaar.

De e-snaar laat bij het aanslaan een grondtoon van 330 Hz klinken. Van de snaar komt dan het gedeelte PQ in trilling.

Op de hals van de gitaar zitten metalen ribbels. Zo'n ribbel noem je een **fret**. Door de snaar met een vinger tegen een fret te duwen, wordt de lengte van het trillende deel van de snaar *kleiner*. Op deze manier laat de gitarist een toon met een andere frequentie klinken.

Jullie gaan nu de opeenvolgende lengten van de e-snaar meten, d.w.z. gemeten vanaf kam P tot de fret waar de pijl bij staat aan geduwd is. In de figuur is Q dus fret nr. 0 en de fret waar de pijl bij staat nr. 9.

Je weet uit ervaring dat naarmate de snaar korter wordt de toonhoogte toeneemt. De toonhoogten nauwkeurig meten is lastig. De frequenties mogen jullie dan ook op Internet opzoeken.

Bij deze opdracht moeten jullie nagaan of:

- o het verband tussen de snaarlengte en het fretnummer **exponentieel** is;
- o het verband tussen de toonhoogte en het fretnummer **exponentieel** is.

Dit moet aan de hand van een proef en met informatie van Internet gedaan worden. Hiervoor zijn de volgende benodigdheden beschikbaar:

- gitaar
- rolmaat
- computer met Internet en Excel

Het is de bedoeling dat jullie **zelf** de uitvoering van deze proef bedenken. Denk hierbij aan de andere proeven die je de afgelopen twee dagen hebt gedaan. Hoe kun je een exponentieel verband laten zien? Welke formule hoort erbij?

Bepaal ook de *halfwaarde-lengte* van de e-snaar uit de meetresultaten.