

**Ad Mooldijk<sup>1</sup>**  
**Nora Niekus<sup>1</sup>**  
**Wim Sonneveld<sup>2</sup>**  
**Kees Hooyman<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Universiteit Utrecht

<sup>2</sup>Geref. SG Randstad  
Rotterdam

<sup>3</sup>St Bonifatius  
College Utrecht

Hoeveel procent lucht zit er in een zakje chips? Hoe kom je daar achter, liefst zonder al te veel chips te verspillen?

Voor leerlingen is de uitdaging bij dit practicum dan ook: hoe kan ik de dichtheid van chips bepalen en toch nog chips overhouden om te eten? Verspilling of niet, een natuurkundeles waarin je chips mag verbrijzelen, pletten of onder je stoelpoot leggen wordt door alle leerlingen zeer positief ontvangen. Na het practicum weet iedereen bovendien hoe je de dichtheid kunt bepalen en waarom dat niet kan als er lucht tussen de chips zit.

## SaLVO, verbanden en chips

### Inleiding

Uit ervaring weet iedere leerling dat lood zal zinken en een kurk zal drijven, maar waar dat precies mee te maken heeft leren ze pas in de 2<sup>e</sup> klas, als het begrip dichtheid wordt geïntroduceerd. Dichtheid is voor veel leerlingen op zich al een lastig voor te stellen begrip. Daarnaast is het ook nog eens de eerste keer dat ze bij natuurkunde met een formule moeten werken, het is het punt waarop natuurkunde ook 'wiskundig' wordt. Het redeneren over verbanden tussen grootheden en het toepassen van formules vormt voor veel leerlingen in de tweede klas (en vaak ook nog later) een struikelblok. Niet alleen bij natuurkunde, maar ook bij economie bij het berekenen van productiekosten of bij scheikunde bij het rekenen aan massaverhoudingen. Door verschillen in de lesmethodes en de manier van lesgeven bij de diverse vakken hebben leerlingen vaak niet door dat ze steeds dezelfde kennis gebruiken. Binnen het SaLVO-project (Samenhangend Leren VO) wordt lesmateriaal ontwikkeld met als doel de kennis en vaardigheden rondom verbanden tussen grootheden in de verschillende vakken beter op elkaar te laten aansluiten en zo voor de leerling begrijpelijker te maken.



### SaLVO in de onderbouw

Tijdens de discussies die voorafgaan aan het maken van het lesmateriaal blijkt steeds opnieuw dat de verschillende vakken een geheel eigen agenda, didactiek en aanpak hebben. Inhoudelijk blijkt bijvoorbeeld dat het begrip *evenredigheid*, dat bij natuurkunde een sleutelbegrip is en ook in andere vakken wordt gebruikt bij wiskunde nauwelijks of niet aan de orde te komen in de methoden. Andersom worden *verhoudingstabellen* waarmee leerlingen bij wiskunde leren omgaan juist weer niet gebruikt bij natuurkunde terwijl ze bij uitstek geschikt zijn voor het rekenen aan (recht) evenredige verbanden (bij een rechtevenredig verband is de verhouding tussen de grootheden tenslotte constant). In de klas zien we dat leerlingen bij wiskunde veelal gewend zijn om na een korte toelichting op de stof zelfstandig aan de slag te gaan om de stof in te oefenen. Bij andere vakken komt vaker een klassendiscussie op gang om ideeën over begrippen te toetsen aan wat anderen erover zeggen en zo de aan te leren begrippen in een breder kader te plaatsen.

In de bovenbouw bleek een andere introductie van verbanden bij wiskunde leerlingen te helpen om bij experimenten bij natuurkunde de verbanden tussen de gemeten grootheden te formaliseren. Om de samenhang in een zo vroeg mogelijk stadium te starten zijn we als ontwikkelteam vervolgens aan de slag gegaan in de onderbouw. We hadden hierbij een paar doelen voor ogen:

- Een samenhangende leerlijn voor het omgaan met verbanden vanaf de onderbouw, door de verschillende vakken heen.
- Een centrale plaats voor evenredigheid in alle vakken, waarbij leerlingen doorzien dat het gebruikte redeneerpatroon steeds gelijk is.
- Waar mogelijk gebruik makend van probleemstellend onderwijs, wat hier betekent dat de leerling aan de hand van een aansprekend voorbeeld eerst kennis maakt met de fenomenologische kant voordat de definities, formules en berekeningen aan bod komen. Met dat voorbeeld moet ook duidelijk zijn waarom iets onderzocht of begrepen moet worden.

## Onderbouwmateriaal

Voor de tweede klas zijn o.a. twee lesmodules ontwikkeld. De eerste module voor wiskunde gaat over verhoudingen, evenredigheid en procenten en start net na de herfstvakantie. In andere methoden komen verhoudingen, vergroten en procenten over het algemeen ook rond deze tijd aan bod. SaLVO koppelt aan deze begrippen het evenredig verband en het opstellen van een grafiek daarbij. Leerlingen moeten ook meteen de steilheid van een lijn bepalen. Niet alle moderne wiskundemethoden doen dit zo en zo uitgebreid als SaLVO. Met dit onderwerp lijken leerlingen ook moeite te hebben; ze hebben nog niet eerder algebra en grafische hulpmiddelen zo nadrukkelijk gekoppeld gebruikt.

Deze kennis wordt vervolgens toegepast in de tweede module over dichtheid, die na de wiskundelessen bij natuurkunde wordt gegeven.

Na een toch wat aarzelende start met het wiskundemateriaal lijkt hier alles op zijn plaats te vallen. De behandelde stof is voor sommige leerlingen pittig en niet in zes lessen te bevatten. De combinatie van wiskunde en natuurkunde zorgt er echter voor dat bij de meeste leerlingen een redelijke basis wordt gelegd voor het werken met verbanden.



*Mp3 en  
vermenigvuldigingsfactor*

Het bepalen van de verhouding tussen massa en volume is een onderwerp dat veel leerlingen lastig vinden, omdat ze zowel met het begrip massa als met verhoudingen nog moeite hebben. Bij de standaardproef van het bepalen van de massa en het volume van voorwerpen van verschillende grootte en verschillend materiaal komen er met veel moeite een paar rechte lijnen in een grafiek. Om daar dan vervolgens de dichtheid uit te bepalen is voor veel leerlingen moeilijk.

SaLVO houdt hier rekening mee. Er wordt terugverwezen naar het wiskundemateriaal; de dichtheid is de steilheid van de grafiek. Dit is voor leerlingen eerst nog erg abstract, maar doordat ze het bij wiskunde al hebben gezien lukt het uiteindelijk wel.

Voor meer begrip wordt daarnaast de verhoudingstabel gebruikt, wat voor natuurkunde ongebruikelijk is. Een evenredigheid is zichtbaar in een verhoudingstabel. Deze voor leerlingen relatief simpele wiskunde maakt de begrippen bij natuurkunde voorstelbaar.

Juist door de wiskunde zo uitgebreid te behandelen hebben leerlingen minder angst voor het werken met formules en grafieken.

volume	1 cm <sup>3</sup>	500 cm <sup>3</sup>
massa	0,80 gram	
<i>verhoudingstabel</i>		

SaLVO besteedt ook door middel van practica aandacht aan het fysische begrip dichtheid. Het experiment over de dichtheid van chips wordt door de leerlingen enthousiast ontvangen. Naast leuk om te doen is dit practicum zeer effectief om leerlingen te leren hoe je dichtheid kunt bepalen. Docenten verschillen overigens van mening over de uitvoerbaarheid vanwege de rommel met kruiden. Een proef over de dichtheid van water met verschillende hoeveelheden zout geeft deze problemen minder.

De tweede module eindigt met een hoofdstuk over andere per-eenheden. Zowel bij leraren als leerlingen valt dit in goede aarde. Vragen over gesprekskosten per belminuut en bevolkingsdichtheid per vierkante kilometer vinden leerlingen zowel leuk als verhelderend. De context is duidelijk en goed voor te stellen.

## De docenten en leerlingen

Door de vorm van het lesmateriaal vraagt SaLVO van sommige docenten een verandering in de manier van lesgeven. Iedere paragraaf begint met een oriënterende opgave die is bedoeld om het onderwerp klassikaal in te leiden. Ook in later opdrachten wordt discussie gestimuleerd. Docenten weten echter niet altijd raad met opdrachten als: "Bespreek met de klas of met je groepje op welke manier jullie de opgaven met procenten aanpakken". Vooral sommige wiskundedocenten die gewend zijn aan een met

name zelfstandig werkende klas hebben hier moeite mee, omdat er nu tijd gemaakt moet worden voor discussie en klassikaal overleg.

Van de leerlingen wordt gevraagd zelf te onderzoeken en te redeneren over de problemen. Dit vergt nauwkeurig lezen, de benodigde informatie uit een stukje tekst halen en vervolgens een actief nadenken. Met hier een daar een gerichte vraag of bevestiging van de docent komen ze er wel uit. Door in de opgaven dicht bij de belevingswereld van de leerlingen te blijven maakt dat opgaven ook wel weer leuk. Een kwestie van omschakelen.

Vooraf waren vooral de wiskundedocenten nogal bang dat bij SaLVO wiskunde uitsluitend behandeld zou worden als ondersteunend voor andere vakken zoals natuurkunde. Wiskunde blijkt van deze methode zelf echter ook te profiteren. Het fysisch begrip van de leerlingen verbetert door de wiskundige basis en de wiskundige basis wordt versterkt en uitgebreid door het gebruik van het materiaal bij de natuurwetenschappelijke vakken.

## **Aanbevelingen**

Nu er ervaring is opgedaan met ontwikkeld lesmateriaal bij verschillende vakken, kunnen we voorzichtig spreken van beter samenhangend onderwijs. Maar er is nog werk aan de winkel. Uit leservaringen, lesobservaties, interviews met leerlingen en docenten en nabesprekingen komen verbeterpunten en aanbevelingen voor docenten die met het materiaal aan de slag willen gaan naar voren.

De belangrijkste aanbevelingen zijn:

- Zorg dat de mensen van verschillende vakken met elkaar over de inhoud van hun vak en over de gebruikte didactiek praten. Als dat gebeurt, kan ons materiaal als voorbeeld dienen om eens aan de slag te gaan. Zonder inhoudelijk gesprek is elke poging tot samenhang tot mislukken gedoemd.
- De docentenhandleiding geeft aanwijzingen van hoe de samenhang in het materiaal is verwerkt en hoe je die samenhang goed tot haar recht kan laten komen. Lees die!
- Maak van het uitproberen van samenhang een project. Nodig eens iemand uit om over ervaringen te praten, zorg voor roosterfaciliteiten voor overleg en zorg dat binnen de school bekend is dat je ermee bezig bent. Zo haal je je vernieuwende aanpak uit de vrijblijvende sfeer.

## **Tenslotte**

Het lesmateriaal kunt u vinden op <http://www.salvoproject.nl>. U kunt daar ook zien wat er naast het hier besproken materiaal nog meer ontwikkeld is of gepland staat.

Daar vindt u ook informatie over het project en ervaringen met het ontwikkelde materiaal.

Scholen die met het materiaal aan de slag willen kunnen terecht bij Inge Lichtenegger ([science.salvo@uu.nl](mailto:science.salvo@uu.nl)) voor gerichte informatie of verzoeken om bijvoorbeeld op school het werken met het materiaal te komen toelichten.

Voor nascholing of hulpvragen kunt u ook bij haar terecht.

## **Literatuur en extra**

In eerdere projecten (1, 2) is gebleken dat er op organisatorisch niveau op scholen al veel gebeurt op het gebied van samenhang. Op inhoudelijk niveau is er echter nog weinig sprake van samenhang terwijl daar wel behoefte (4) aan is. De minister heeft de profielcommissies opdracht gegeven om binnen de profielen te komen tot inhoudelijke samenhang tussen de vakken (5). Het SaLVO-project ontwikkelt voorbeeldlesmateriaal voor samenhang en doet dat voor “verbanden tussen grootheden”, dat als redeneerpatroon in de natuurwetenschappen en wiskunde maar ook bijvoorbeeld bij economie van belang is.

In NVOX is al gerapporteerd over lesmateriaal voor de bovenbouw (3), we geven nu onze eerste ideeën en ervaringen met onderbouwmateriaal weer.

1. Geraedts, C.L., Boersma, K.Th., Huijs, H.A.M. & Eijkelhof, H.M.C. (2001). Ruimte voor SONaTe. Onderzoek naar good practice op het gebied van samenhangend onderwijs in natuur en techniek in de basisvorming. Delft: Stichting AXIS.
2. Zegers, G.E. ea (2003) Een basis voor SONaTe, voorbeelden van inhoudelijke samenhang tussen de natuurwetenschappen en wiskunde in de tweede fase havo/vwo. Delft: Stichting Axis

3. Mooldijk A.H., en Lichtenegger I, Evenredigheden en machtsverbanden bij wis- en natuurkunde, NVOX 2, p 76-78, 2005
4. KNAW (2003) Ontwikkeling van talent in de tweede fase. Advies van de KNAW-klankgroep voorgezet onderwijs. Amsterdam: KNAW (33-34)
5. brief minister dd 12-03-2004 over tweede fase havo/vwo met taak van de profielcommissies.