

Lesmateriaalvoorbeelden natuurkunde bij het concept-contextvenster

Natuurkunde *in context* | 5H

A	Energieomzettingen
B	Sport en beweging
C	Brandstofverbruik in het verkeer
D	Energie en arbeid

Auteur: Koos Kortland

Inhoud

1	Inleiding	5
2	Concept-contextvenster	5
3	Vakinhoud	6
	3.1 Syllabus	6
	3.2 Conceptuele vakstructuur	6
4	Lesmateriaal	7
	4.1 Kwadrant A Illustratieve context	8
	Energieomzettingen Bewegingen in de sport en het verkeer	
	4.2 Kwadrant B Verbindende context	9
	Sport en beweging Energieomzettingen	
	4.3 Kwadrant C Centrale context	11
	Brandstofverbruik in het verkeer Energie en arbeid	
	4.4 Kwadrant D Context op afstand	13
	Energie en arbeid Brandstofverbruik en veiligheid in het verkeer	
	4.5 Lesmateriaal in het concept-contextvenster	15
	4.6 Context en onderwijsdoelen	15
5	Bronvermelding	16

1 Inleiding

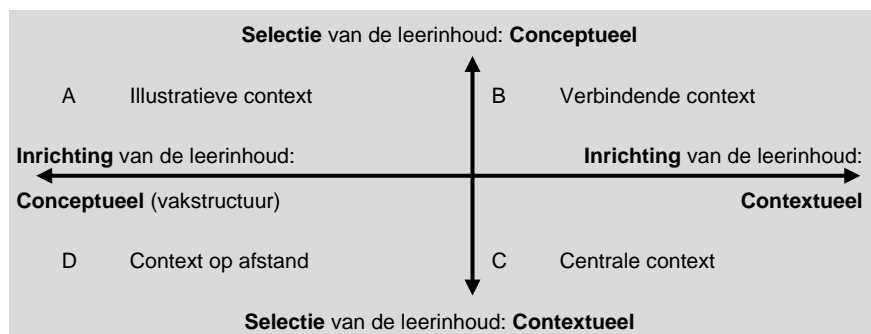
In de publicatie *Concept-contextvenster – Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs* (Bruning & Michels, 2013) worden in het concept-contextvenster vier kwadranten onderscheiden, met daarbij globaal beschreven voorbeelden van lesmateriaal dat bij de verschillende kwadranten aansluit. Die lesmateriaalvoorbeelden lopen echter nogal uiteen wat betreft vakinhoud, context en didactische werkvorm.

In deze publicatie wordt voor elk van de kwadranten een lesmateriaalvoorbeeld gegeven met zoveel mogelijk een vergelijkbare vakinhoud, context en didactische aanpak. Na een karakterisering van de vier kwadranten (paragraaf 2) en de voor de vier lesmateriaalvoorbeelden gekozen vakinhoud (paragraaf 3) volgt een globale beschrijving van de bijbehorende lesmateriaalvoorbeelden en een toelichting op de bij de ontwikkeling daarvan gemaakte keuzes (paragraaf 4). De beschrijving wordt afgesloten met een vermelding van de bronnen waarvan bij het ontwikkelen van de lesmateriaalvoorbeelden gebruik is gemaakt (paragraaf 5). De lesmateriaalvoorbeelden zelf zijn via een link op te roepen.

Bij het ontwikkelen van elk van de vier lesmateriaalvoorbeelden is dezelfde vakinhoud van tevoren vastgelegd in termen van een subdomein van de syllabus voor het centraal examen HAVO natuurkunde. Dat heeft als voordeel dat ze onderling goed te vergelijken zijn, en een beeld geven van hoe een onderwerp voor het centraal examen in elk van de kwadranten van het concept-contextvenster eruit kan zien. Een nadeel daarvan is echter dat de overeenkomsten tussen de vier lesmateriaalvoorbeelden mogelijk meer opvallen dan de verschillen. Kenmerkend voor de kwadranten C en D in het concept-contextvenster is namelijk dat de selectie van de leerinhoud door de context wordt bepaald. Dat is bij de lesmateriaalvoorbeelden in deze twee kwadranten tot op zekere hoogte wel het geval, maar minder dan mogelijk zou zijn geweest. De keuze van een onderwerp voor het schoolexamen biedt meer vrijheid en zou tot grotere verschillen tussen de lesmateriaalvoorbeelden hebben geleid. Voor onderwerpen zoals bio- en geofysica, die in het schoolexamen worden getoetst, zijn namelijk geen specificaties voorgeschreven die in een syllabus worden vastgelegd. De belangrijkste overweging bij de keuze van een onderwerp voor het centraal examen is echter om zichtbaar te maken dat ook voor zo'n onderwerp – met een gegeven eindterm en de bijbehorende specificaties – een uitwerking van de vier kwadranten van het concept-contextvenster mogelijk is.

2 Concept-contextvenster

Het concept-contextvenster gaat bij het opzetten van een lessenserie uit van twee vragen: wat bepaalt de *selectie* van de inhoud van het materiaal, en wat bepaalt de *inrichting* van het materiaal? En op beide vragen zijn twee antwoordmogelijkheden: de conceptuele vakstructuur of de context. Deze twee vragen met elk de twee mogelijke antwoorden leveren vier verschillende uitwerkingen op voor de wisselwerking tussen contexten en concepten, zoals weergegeven in figuur 1.



Figuur 1 Het concept-contextvenster met de kenmerkende eigenschappen van elk van de vier kwadranten.

3 Vakinhoud

3.1 Syllabus

De natuurkundige vakinhoud van de lesmateriaalvoorbeelden is ontleend aan de *Syllabus centraal examen 2015 Natuurkunde HAVO* (CvE, 2012), subdomein C2 *Energieomzettingen*, zoals weergegeven in figuur 2.

Eindterm

De kandidaat kan in contexten de begrippen energiebehoud, rendement, arbeid en warmte gebruiken om energieomzettingen te beschrijven en te analyseren.

Specificatie

De kandidaat kan:

- 1 berekeningen maken met betrekking tot kracht, verplaatsing, arbeid, snelheid en vermogen,
 - berekenen van arbeid uit kracht en verplaatsing alleen in situaties waarbij de richting van de kracht evenwijdig is aan de verplaatsing.
- 2 energieomzettingen bij bewegingen analyseren,
 - de wet van behoud van energie en de relatie tussen arbeid en kinetische energie toepassen;
 - minimaal de bewegingen: vrije val, valbeweging met wrijving en verticale worp;
 - energieën: kinetische energie, zwaarte-energie, chemische energie, warmte;
 - vakbegrip: wrijvingsarbeid;
 - minimaal in de contexten: energiegebruik en energiebesparing in het verkeer, de bewegende mens.

De volgende formules horen bij deze specificaties:

$$\begin{aligned}W &= F \cdot s \\P &= \frac{E}{t}, P = \frac{W}{t}, P = F \cdot v \\E_k &= \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2, E_z = m \cdot g \cdot h, E_{ch} = r_v \cdot V, E_{ch} = r_m \cdot m \\W_{tot} &= \Delta E_k, E_{tot,in} = E_{tot,uit} \\ \eta &= \frac{E_{nuttig}}{E_{in}} = \frac{P_{nuttig}}{P_{in}}\end{aligned}$$

Figuur 2 De eindterm en de bijbehorende specificaties van subdomein C2 *Energieomzettingen* uit de *Syllabus centraal examen 2015 Natuurkunde HAVO*.

De eindterm en de bijbehorende specificaties zijn in subdomein C2 *Energie en wisselwerking* voor VWO vergelijkbaar, zij het met een breder scala aan situaties waarin arbeid moet kunnen worden berekend (positieve en negatieve arbeid, arbeid bij een hoek α tussen kracht en verplaatsing, arbeid bij een veranderlijke kracht), en met een breder scala aan bewegingssituaties (trilling en stuiterbeweging, inclusief veerenergie).

Voorkennis

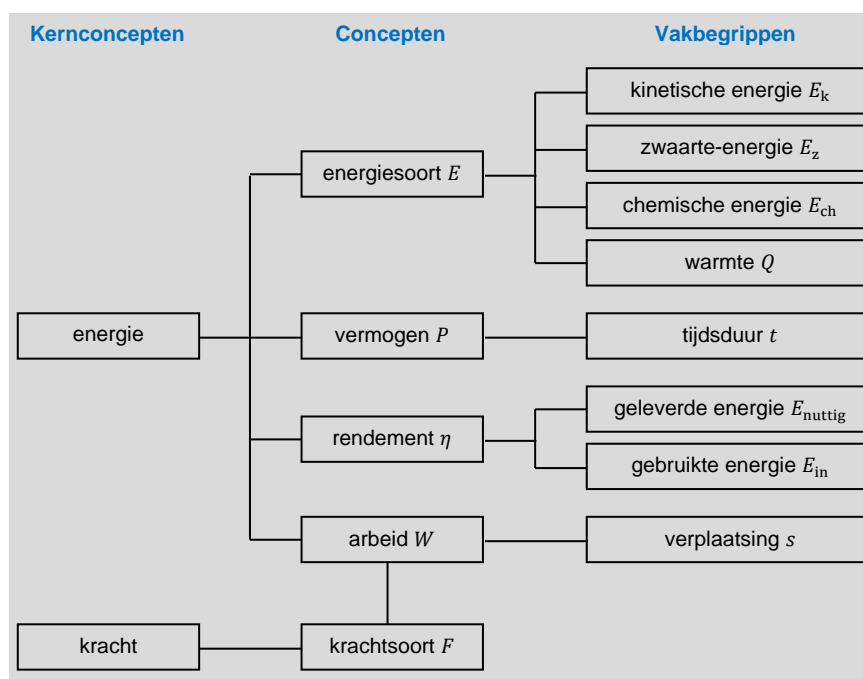
In de lesmateriaalvoorbeelden is uitgegaan van voorkennis van de begrippen kracht, snelheid, versnelling, zwaartekracht, normaalkracht, rol- en luchtweerstand en – voor zover in de syllabus genoemd – de bijbehorende formules uit subdomein C1 *Kracht en beweging*, alsmede de begrippen elektrische energie, warmte en vermogen.

De formules voor de rol- en luchtweerstand zijn in de syllabus voor HAVO niet opgenomen, voor VWO wel.

3.2 Conceptuele vakstructuur

De aan de syllabus ontleende fysische leerinhoud van de voorbeeldlesmaterialen is – met de bovengenoemde inperkingen – hiërarchisch in kaart te brengen zoals weergegeven in figuur 3.

Hierbij moet worden opgemerkt dat het onderbrengen van de verschillende begrippen in de categorieën kernconcepten, concepten en vakbegrippen voor discussie vatbaar is. In de syllabus (CvE, 2012) wordt bijvoorbeeld het concept 'vakbegrip' anders uitgewerkt dan bijvoorbeeld hier in figuur 3.



Figuur 3 De conceptuele vakstructuur van subdomein C2 *Energieomzettingen*.

4 Lesmateriaal

De lesmateriaalvoorbeelden gaan waarschijnlijk zo hier en daar nogal 'kort door de bocht'. De lees/leerteksten zijn (voor HAVO-leerlingen) mogelijk nog niet helder genoeg, het aantal opgaven per paragraaf is beperkt. Er is (nog) geen aandacht voor leerlingdenkbeelden en een daarop toegesneden begripsontwikkeling, er is (nog) geen sprake van het gebruik van computersimulaties en webfilms enzovoort. De lesmateriaalvoorbeelden moeten daarom gezien worden als niet meer dan een eerste aanzet, maar wel voldoende geschikt om een beeld te geven van de vier verschillende concept-context-benaderingen.

In de toelichting op de lesmateriaalvoorbeelden hieronder worden eerst de kenmerken van elk van de vier kwadranten in het concept-contextvenster genoemd, gevolgd door een beschrijving van de opzet en inhoud van het lesmateriaalvoorbeeld. De toelichting wordt afgesloten met een reflectie op het realiseren van de genoemde kenmerken, de betekenis van het begrip 'context' en de 'wendbaarheid' in het toepassen van de fysische leerinhoud.

Vooraf moet in zijn algemeenheid worden opgemerkt dat bij de selectie van zowel de vakinhoud als de contexten in het lesmateriaalvoorbeeld voor elk van de vier kwadranten ook andere keuzes mogelijk zijn en dat onderdelen van het lesmateriaalvoorbeeld voor het ene kwadrant ook gebruikt hadden kunnen worden voor het lesmateriaalvoorbeeld voor een ander kwadrant. Verder is er bij de lesmateriaalvoorbeelden in de kwadranten C en D niet voor gekozen om vakinhoud uit andere vakgebieden dan natuurkunde een plaats te geven, ook al was dat binnen de gekozen contexten wel mogelijk geweest. De belangrijkste reden hiervoor is de bestaande traditie van gescheiden natuurwetenschappelijke vakken in de bovenbouw HAVO/VWO, maar daarnaast heeft daarbij ook de beperkte kennis van de auteur op vakgebieden als scheikunde en biologie een rol gespeeld. Dit betekent dat één van de kenmerken van lesmateriaal in de kwadranten C en D slechts gedeeltelijk herkenbaar is in de bijbehorende lesmateriaalvoorbeelden: de concepten komen wél vanuit verschillende

deelgebieden van de natuurkunde, maar niet uit meerdere vakgebieden.

4.1 Kwadrant A | Illustratieve context

Energieomzettingen | Bewegingen in de sport en het verkeer

Kenmerken

Lesmateriaal dat past in kwadrant A van het concept-contextvenster kan als volgt worden gekarakteriseerd.

Verschillende contexten worden gebruikt als ad-hoc illustraties van al eerder gekozen concepten:

- De conceptuele vakstructuur staat centraal.
- De conceptuele vakstructuur is herkenbaar in de selectie van de leerinhoud en in de inrichting van het materiaal.
- Er zijn verschillende (kleine) contexten, die de concepten illustreren.
- De contexten volgen uit de keuzes van de concepten.
- De concepten horen tot één deelgebied en hangen met elkaar samen via de conceptuele vakstructuur.

Opzet

Het lesmateriaalvoorbeeld volgt op hoofdlijnen de conceptuele vakstructuur: energie is te onderscheiden in verschillende energiesoorten die via de door een kracht verrichte arbeid met een bepaald rendement in elkaar kunnen worden omgezet, geïllustreerd door contexten ontleend aan verkeer, menselijk lichaam, sport, energievoorziening, energiegebruik in huis enzovoort. Daarbij wordt de eindterm volledig uitgewerkt: alle in de syllabus genoemde specificaties zoals weergegeven in figuur 2 komen aan bod. Er is geen sprake van extra leerstof buiten de inhoud van de syllabus om. Zowel wat betreft de inrichting van de leerinhoud als wat betreft de leerstofselectie is dus de conceptuele vakstructuur (binnen de beperkingen van de syllabus) leidend geweest.

In paragraaf 1.1 – de inleiding – worden de contexten sport en verkeer kort geïntroduceerd, de andere contexten blijven daar buiten beschouwing. De daaruit volgende hoofdstukvraag heeft een voornamelijk fysisch karakter.

De opzet van de leerstofparagrafen 1.2 t/m 1.6 is steeds ruwweg hetzelfde: een korte contextachtige introductie uitlopend op een fysische paragraafvraag, een voornamelijk fysische lees/leertekst geïllustreerd met een variëteit aan contexten (meestal in de marge in de vorm van foto's met onderschrift) en een verzameling fysische en contextuele opgaven. Bij deze contextuele opgaven gaat het na een schets van de context vooral om fysische vraagstellingen en niet – op mogelijk een enkele uitzondering na – om contextuele vraagstellingen.

In paragraaf 1.7 – de afsluiting – staan na een fysische samenvatting enkele wat langere contextuele eindopgaven, waarin de inhoud van de voorafgaande paragrafen in wisselende combinaties moet worden toegepast. Er wordt in deze afsluiting niet teruggekomen op de eerder geschetste en gebruikte contexten, en er is evenmin sprake van de introductie van nieuwe contexten.

Er wordt in het lesmateriaalvoorbeeld driemaal verwezen naar een practicumwerkblad. Deze werkbladen zijn verder niet uitgewerkt.

Inhoud

De korte inleiding (1.1) met een indicatie van de contexten sport en verkeer loopt uit op de volgende hoofdstukvraag: welke energieomzettingen zijn er nodig bij bewegingen?

De vervolparagrafen (1.2 t/m 1.6) zijn gericht op het aanleren/verwerken van achtereenvolgens de volgende leerinhouden, steeds geïllustreerd door uiteenlopende (kleine) contexten:

- energiesoorten (kinetische energie, zwaarte-energie, chemische energie) bij kogelstoten, gewichtheffen, windturbine en waterkrachtcentrale;
- arbeid (kracht en arbeid, arbeid en kinetische energie, omzetting van zwaarte-energie in kinetische energie) bij hardlopen, optrekken en remmen in het verkeer en hoogspringen;
- arbeid en warmte (wrijvingsarbeid, rol- en luchtweerstand) bij rijden met constante snelheid in het verkeer en de terugkeer van een ruimtecapsule in de

dampkring van de aarde;

- rendement (energiebehoud, afvalwarmte, rendement) bij automotor, elektriciteitscentrale, menselijk lichaam, elektrische boiler en spaarlamp;
- mechanisch vermogen (arbeid en vermogen, snelheid en vermogen) bij automotor, hardlopen en wielrennen.

De afsluiting (1.7) geeft een samenvatting met opdrachten voor het maken van een formuleoverzicht en een begrippenweb (als verwerking van die samenvatting), gevolgd door een aantal eindopgaven rond contexten als hardlopen, wielrennen, fietsen op zonne-energie, windturbine en waterkrachtcentrale.

Reflectie

- Het lesmateriaalvoorbeeld voldoet redelijk aan de vijf hierboven beschreven kenmerken: de conceptuele vakstructuur staat centraal en is herkenbaar in de selectie van de leerinhoud en in de inrichting van het materiaal, terwijl de (binnen één deelgebied samenhangende) concepten worden geïllustreerd door verschillende (grotere of kleinere) contexten. De contexten verkeer en sport komen vrij regelmatig voor, de contexten menselijk lichaam, energievoorziening en energiegebruik minder – maar er zijn mogelijkheden om dat laatste verder uit te breiden (energiedrank, werking van het hart, schommelen, getijde-energie, batterijen enzovoort).
- In het lesmateriaalvoorbeeld wordt ‘context’ opgevat als praktijk- of probleemsituatie waarin de gepresenteerde fysische inhoud herkenbaar is.
- Aan het realiseren van voldoende ‘wendbaarheid’ in het toepassen van de fysische inhoud in verschillende contexten wordt geen specifieke aandacht besteed. De vraag is of dat hier noodzakelijk is, omdat er al verschillende contexten aan bod komen.

4.2 Kwadrant B | Verbindende context Sport en beweging | Energieomzettingen

Kenmerken

Lesmateriaal dat past in kwadrant B van het concept-contextvenster kan als volgt worden gekarakteriseerd.

Een verbindende context brengt een pragmatische samenhang aan in een samenhangende groep al eerder gekozen concepten. De inrichting van het lesmateriaal volgt de verbindende context, maar niet alle gekozen concepten passen er naadloos bij:

- De conceptuele vakstructuur is herkenbaar in de selectie van de leerinhoud.
- Er is sprake van één verbindende context.
- De verbindende context volgt uit de keuze van concepten.
- De concepten behoren tot één deelgebied en hangen met elkaar samen via de conceptuele vakstructuur.
- Sommige concepten vallen buiten de verbindende context, maar zijn via de conceptuele vakstructuur met elkaar verbonden.

Opzet

De verbindende context van het lesmateriaalvoorbeeld is ‘bewegingen in de sport’. Daarbij wordt de eindterm volledig uitgewerkt: alle in de syllabus genoemde specificaties zoals weergegeven in figuur 2 komen aan bod. Er is geen sprake van extra leerstof buiten de inhoud van de syllabus om. Wat betreft de leerstofselectie is dus de conceptuele vakstructuur (binnen de beperkingen van de syllabus) leidend geweest. Wat betreft de inrichting van de leerinhoud wijkt de gekozen volgorde van de leerstof af van wat vanuit vakstructuur voor de hand ligt. Een uitwerking met een leerstofvolgorde zoals in het lesmateriaalvoorbeeld van kwadrant A was ook mogelijk geweest.

In paragraaf 2.1 – de inleiding – wordt de context sport geïntroduceerd door middel van onder andere een tweetal praktijk- of probleemsituaties. De verwachting is dat de leerlingen de vragen rond deze situaties nog niet volledig kunnen beantwoorden, wat voor hen een motivering zou moeten zijn om met de inhoud van het hoofdstuk aan de slag te gaan. De hoofdstukvraag met een voornamelijk contextueel karakter legt een verbinding tussen de twee aan de sport ontleende praktijk- of probleemsituaties en fysische begrippen, en wijst er (daardoor) op dat

de bij de leerlingen opgekomen vragen met de inhoud van het hoofdstuk (uiteindelijk) wel te beantwoorden zouden moeten zijn. Vandaar dat de twee in paragraaf 2.2 geïntroduceerde praktijk- of probleemsituaties in paragraaf 2.5 – de afsluiting – weer terugkomen (opdracht 33, en in aansluiting daarop 34 en 35).

De opzet van de leerstofparagrafen 2.2 t/m 2.4 is steeds ruwweg hetzelfde: een korte contextachtige introductie uitlopend op een redelijk contextuele paragraafvraag, een voornamelijk fysieke lees/leertekst die regelmatig zowel in de tekst als in de figuren verwijst naar de verbindende context van bewegingen in de sport (en dan ook geen andere contexten dan alleen die) en een verzameling bijpassende, voornamelijk bij de verbindende context passende opgaven.

In paragraaf 2.5 – de afsluiting – staan na een vrij contextuele samenvatting en de eerder genoemde terugverwijzing naar de twee praktijk- of probleem-situaties uit de inleiding enkele wat langere contextuele eindopgaven, waarin de inhoud van de voorafgaande paragrafen in wisselende combinaties moet worden toegepast. Er is in een deel van deze eindopgaven sprake van de introductie van een nieuwe context: 'verkeer'.

Er wordt in het lesmateriaalvoorbeeld tweemaal verwezen naar een practicumwerkblad. Deze werkbladen zijn verder niet uitgewerkt.

Inhoud

De inleiding (2.1) gaat kort in op kracht, energie en vermogen bij bewegingen in de sport, en probeert daarover in een tweetal opdrachten over wielrennen en hoogspringen bij leerlingen vragen op te roepen die aanleiding geven tot de volgende hoofdstukvraag: wat is bij bewegingen in sport het verband tussen kracht, energie, vermogen en snelheid?

De vervolgpargrafen (2.2 t/m 2.4) zijn gericht op het aanleren/verwerken van achtereenvolgens de volgende leerinhouden binnen de gekozen verbindende context bewegingen in de sport:

- omzetting van chemische energie in beweging en warmte (chemische energie, kinetische energie, warmte, wrijvingsarbeid, rol- en luchtweerstand, arbeid, energiebehoud, rendement) bij wielrennen, hardlopen, verspringen en speerwerpen;
- energieomzettingen bij bewegen (kinetische energie, wet van arbeid en kinetische energie, zwaarte-energie, omzetting van zwaarte-energie in kinetische energie) bij kogelstoten, gewichtheffen, wielrennen en skydiven;
- mechanisch vermogen (arbeid en vermogen, snelheid en vermogen, rendement en vermogen) bij wielrennen, hardlopen en schaatsen.

De afsluiting (2.5) geeft een samenvatting met opdrachten voor het maken van een formuleoverzicht en een begrippenweb (als verwerking van die samenvatting) en een terugblik op de twee opdrachten uit de inleiding, gevolgd door een aantal eindopgaven rond contexten als wielrennen en hoogspringen (beide gekoppeld aan de twee opdrachten uit de inleiding), schaatsen, vliegen op spierkracht en de actieradius van een elektrische fiets.

Reflectie

- Het lesmateriaalvoorbeeld voldoet redelijk aan de vijf hierboven beschreven kenmerken: de conceptuele vakstructuur is herkenbaar in de selectie van de leerinhoud, terwijl de (binnen één deelgebied samenhangende) concepten met elkaar worden verbonden door één context (bewegingen in de sport). Er is, in afwijking van het laatste kenmerk, echter geen sprake van het voorkomen van (door de syllabus voorgeschreven) concepten die buiten de verbindende context vallen. Dit wordt enerzijds veroorzaakt door de inperking van de vakinhoud in de syllabus, en anderzijds door de grote 'breedte' van een context als sport.

In het lesmateriaalvoorbeeld is gekozen voor 'bewegingen in de sport' als verbindende context, maar er had overigens ook zonder problemen (met zowel leerstofselectie als inrichting van de leerinhoud) gekozen kunnen worden voor 'bewegingen in het verkeer' – zij het met iets als 'rijden op een helling' als toegevoegde praktijksituatie om ook het begrip zwaarte-energie en de daaraan gekoppelde energieomzettingen een plaats te geven.

- In het lesmateriaalvoorbeeld wordt 'context' opgevat als een praktijk- of probleemsituatie die met de nog te presenteren fysieke inhoud kan worden opgelost.
- Aan het realiseren van voldoende 'wendbaarheid' in het toepassen van de

fysische inhoud in verschillende contexten wordt in eerste instantie geen aandacht besteed, en gebeurt pas in de afsluiting – zij het in zeer beperkte mate in de opgaven 37 en 38. De praktijksituaties in deze opgaven lijken wat betreft het toepassen van de fysische inhoud zeer sterk op de eerdere sportsituaties in het hoofdstuk (luchtfiets en elektrische fiets versus wielrenner op racefiets). De vraag is of 'de- en recontextualisatie' in dit hoofdstuk noodzakelijk is. In een hoofdstuk 'examenvoorbereiding' kan in de vorm van een aantal opgaven ontleend aan een variëteit aan contexten gewerkt worden aan het (verder) realiseren van voldoende wendbaarheid, voor zover vereist op het centraal examen.

4.3 Kwadrant C | Centrale context

Brandstofverbruik in het verkeer | Energie en arbeid

Kenmerken

Lesmateriaal dat past in kwadrant C van het concept-contextvenster kan als volgt worden gekarakteriseerd.

Eén context staat centraal, en dient als vraagstelling en selectiecriteria voor concepten:

- Er is sprake van één centrale context.
- De concepten volgen uit de keuze van de centrale context.
- De concepten komen vanuit verschillende deelgebieden van een vakgebied of uit meerdere vakgebieden en hangen via de centrale context met elkaar samen.
- Alle concepten vallen binnen de centrale context.

Opzet

De centrale context van het lesmateriaalvoorbeeld is 'brandstofverbruik in het verkeer', en dat heeft consequenties voor de fysische inhoud: extra ten opzichte van de inhoud van de syllabus zoals weergegeven in figuur 2 zijn het begrip 'brandstofverbruik' en de formules voor de rol- en luchtweerstand – al is hierbij wel met een schuin oog gekeken naar de specificaties van andere subdomeinen in de syllabus. Dit is een pragmatische en realistische werkwijze als het gaat om CE-onderwerpen. Deze beide laatste concepten (of vakbegrippen) kunnen worden beschouwd als komend uit een ander deelgebied van het vakgebied natuurkunde (ofwel subdomein in de syllabus): 'kracht en beweging'. Niet binnen de gekozen context passende fysische inhoud – vanwege de keuze voor een inperking tot rijden met constante snelheid op een horizontale weg – betreft de begrippen kinetische energie en zwaarte-energie (inclusief formules), één van de twee formules voor chemische energie, de wet van arbeid en kinetische energie en de verschillende soorten verticale bewegingen. Het begrip kinetische energie en de wet van arbeid en kinetische energie zouden passen in een hoofdstuk met (bijvoorbeeld) 'remmen en botsen' of 'verkeersveiligheid' als centrale context (zie keuzeonderwerp C in het lesmateriaalvoorbeeld voor kwadrant D voor een eerste indicatie). Het begrip zwaarte-energie en de tweede formule voor de chemische energie zouden passen in een hoofdstuk met (bijvoorbeeld) 'energievoorziening' als centrale context, maar het begrip zwaarte-energie zou ook binnen de gekozen centrale context aan bod kunnen komen door het toevoegen van praktijksituaties rond 'rijden op een helling'.

In paragraaf 3.1 – de inleiding – wordt de context brandstofverbruik in het verkeer geïntroduceerd door middel van onder andere een tweetal praktijk- of probleemsituaties. De verwachting is dat de leerlingen de vragen rond deze situaties nog niet volledig kunnen beantwoorden, wat voor hen een motivering zou moeten zijn om met de inhoud van het hoofdstuk aan de slag te gaan. De hoofdstukvraag met een voornamelijk contextueel karakter wijst erop dat de gerezen vragen met de inhoud van het hoofdstuk (uiteindelijk) wel te beantwoorden zouden moeten zijn. Vandaar dat de twee in paragraaf 3.1 geïntroduceerde praktijk- of probleemsituaties in paragraaf 3.5 – de afsluiting – weer terugkomen (opdracht 25, en in aansluiting daarop 26 en 27).

De opzet van de leerstofparagrafen 3.2 t/m 3.5 is steeds ruwweg hetzelfde: een korte contextachtige introductie uitlopend op een redelijk contextuele paragraafvraag, een voornamelijk fysische lees/leertekst die regelmatig zowel in de tekst als in de figuren verwijst naar de centrale context van brandstofverbruik in

het verkeer (en dan ook geen andere contexten dan alleen die) en een verzameling bijpassende, voornamelijk bij de centrale context passende opgaven.

In paragraaf 3.5 – de afsluiting – staan na een vrij contextuele samenvatting en de eerder genoemde terugverwijzing naar de twee praktijk- of probleemsituaties uit de inleiding enkele wat langere contextuele eindopgaven, waarin de inhoud van de voorafgaande paragrafen in wisselende combinaties moet worden toegepast. Er is in deze afsluiting geen sprake van de introductie van nieuwe contexten, maar wel van een enkele praktijk- of probleemsituatie die wel binnen de context brandstofverbruik maar niet binnen de context verkeer valt.

Er wordt in het lesmateriaalvoorbeeld driemaal verwezen naar een practicumwerkblad. Deze werkbladen zijn verder niet uitgewerkt.

Inhoud

De vrij lange inleiding (3.1) gaat in op brandstofverbruik in het verkeer en de milieueffecten daarvan, en probeert daarover in een tweetal opdrachten over rijsnelheid en elektrisch rijden bij leerlingen vragen op te roepen die aanleiding geven tot de volgende hoofdstukvraag: welke invloed hebben de geleverde arbeid, het mechanisch vermogen en het rendement van de motor op het brandstofverbruik van een voertuig, en hoe maak je dat brandstofverbruik van een motorvoertuig zo laag mogelijk?

De vervoloparagrafen (3.2 t/m 3.4) zijn gericht op het aanleren/verwerken van achtereenvolgens de volgende leerinhouden binnen de gekozen centrale context van brandstofverbruik in het verkeer (beperkt tot rijden met constante snelheid):

- arbeid en brandstofverbruik (voorwaartse kracht en arbeid, rol- en luchtweerstand – in dit geval ook kwantitatief);
- motorvermogen en snelheid (arbeid en vermogen, snelheid en vermogen);
- motorrendement (chemische energie, energiebehoud, afvalwarmte, rendement, wrijvingsarbeid).

De afsluiting (3.5) geeft een samenvatting met opdrachten voor het maken van een formuleoverzicht en een begrippenweb (als verwerking van die samenvatting) en een terugblik op de twee opdrachten uit de inleiding, gevolgd door een aantal eindopgaven rond contexten als rijsnelheid en elektrisch rijden (beide gekoppeld aan de twee opdrachten uit de inleiding), een wereldrecord zuinig rijden, fietsen op zonne-energie en brandstofverbruik van een vliegtuig. In een van de opdrachten van deze afsluiting wordt de leerlingen gevraagd om zelf de hoofdstukvraag te beantwoorden en (mede daarmee) een beargumenteerde mening weer te geven in persoonlijke/maatschappelijke keuzesituaties.

Reflectie

- Het lesmateriaalvoorbeeld voldoet redelijk aan de vier hierboven beschreven kenmerken: er is sprake van één centrale context met bijpassende, samenhangende concepten vanuit verschillende deelgebieden van het vakgebied. In dit geval vraagt de gekozen centrale context echter niet om een behandeling van concepten en/of vakbegrippen uit andere vakgebieden. Hierbij moet worden opgemerkt dat zoiets in het lesmateriaalvoorbeeld in principe wel mogelijk zou zijn geweest door inpassing van verbrandingsreacties (verbrandingsmotor) en redoxreacties (accu, brandstofcel) vanuit het vakgebied scheikunde. Er is ook hier niet gekozen voor het gebruik van concepten en/of vakbegrippen uit andere vakgebieden vanwege de toch min of meer bestaande traditie van gescheiden natuurwetenschappelijke vakken, per vak vastgestelde examenprogramma's en syllabi en de afname van centrale examens per vak in de bovenbouw HAVO/VWO.

Wat wél kenmerkend lijkt te zijn voor het lesmateriaalvoorbeeld in kwadrant C van het concept-contextvenster is enerzijds een inperking van de fysische inhoud en anderzijds een uitbreiding van de fysische inhoud ten opzichte van de syllabus voor het betreffende (sub)domein en andere deelgebieden van het vakgebied (zoals aangegeven in de beschrijving van de opzet van het lesmateriaal). Maar of daarvan dan in de praktijk sprake zal zijn, hangt uiteraard sterk af van de inhoud van de syllabus.

- In het lesmateriaalvoorbeeld wordt 'context' opgevat als een persoonlijke en/of maatschappelijke probleemstelling waarbij de nog te presenteren fysische inhoud tot een oplossing gaat leiden. Anders dan in het lesmateriaalvoorbeeld

voor kwadrant B is hier sprake van een 'handelingsperspectief': mede met het antwoord op de hoofdstukvraag kan de leerling beslissingen nemen over zijn of haar (toekomstig) gedrag wat betreft (bijvoorbeeld) rijnsnelheid en/of zijn of haar standpunt bepalen in maatschappelijke discussies over (bijvoorbeeld) maximumsnelheid en elektrisch rijden. Dit is overigens geen specifiek kenmerk van lesmateriaal in kwadrant C, maar sluit daar veel goed bij aan.

- Aan het realiseren van voldoende 'wendbaarheid' in het toepassen van de fysische inhoud in verschillende contexten wordt geen aandacht besteed. Dit zou dus, in combinatie met een eventueel noodzakelijke 'de- en recontextualisatie', nog moeten plaatsvinden in (bijvoorbeeld) een hoofdstuk 'examenvorbereiding'. In een dergelijk hoofdstuk kan, na het op een rij zetten van de fysische inhoud van syllabusdomein C *Beweging en energie*, in de vorm van een aantal opgaven ontleend aan een variëteit aan contexten gewerkt worden aan het realiseren van voldoende wendbaarheid, voor zover vereist op het centraal examen.

4.4 Kwadrant D | Context op afstand

Energie en arbeid | Brandstofverbruik en veiligheid in het verkeer

Kenmerken

Lesmateriaal dat past in kwadrant D van het concept-contextvenster kan als volgt worden gekarakteriseerd.

Een context staat op afstand, de inrichting van het materiaal wordt bepaald door de conceptuele vakstructuur, maar de gekozen concepten hangen samen via de context en komen vaak uit verschillende delen van het vakgebied of uit verschillende vakgebieden:

- De conceptuele vakstructuur is herkenbaar in de inrichting van het materiaal.
- Er is sprake van één grotere context, maar er kunnen andere contexten zijn, naast deze context op afstand.
- De meeste concepten volgen uit de keuze van de context op afstand.
- De concepten komen uit verschillende delen van een vakgebied of uit meerdere vakgebieden en hangen via de context-op-afstand met elkaar samen.
- Sommige concepten vallen buiten de context-op-afstand, maar zijn via de conceptuele vakstructuur met elkaar verbonden.

Opzet

Het lesmateriaalvoorbeeld past in een project 'Verkeer', dat gedurende meerdere weken binnen verschillende vakken wordt aangeboden. Bij het vak natuurkunde gaat het dan over Energie en arbeid: brandstofverbruik en veiligheid in het verkeer. Bij andere vakken zou lesmateriaal gebruikt kunnen worden dat hier niet verder toegelicht wordt.

De context-op-afstand van het lesmateriaalvoorbeeld is 'brandstofverbruik in het verkeer' en 'verkeersveiligheid', en dat heeft consequenties voor de fysische inhoud: extra ten opzichte van de inhoud van de syllabus zoals weergegeven in figuur 2 zijn de formules voor de rol- en luchtweerstand. Deze beide laatste concepten (of vakbegrippen) kunnen worden gezien als komend uit een ander deelgebied van het vakgebied natuurkunde. Evenals in het lesmateriaalvoorbeeld voor kwadrant C is er echter geen sprake van concepten uit meerdere vakgebieden, al had dat in principe ook hier wel gekund.

Als het lesmateriaal gebruikt wordt bij natuurkunde in een project 'Verkeer', komen er wel concepten uit meerdere vakgebieden aan bod, maar dan bij andere vakken tijdens de projectweken.

Het lesmateriaalvoorbeeld volgt op hoofdlijnen de conceptuele vakstructuur, vergelijkbaar met het lesmateriaalvoorbeeld voor kwadrant A, maar nu zoveel mogelijk 'contextloos'. Daarbij wordt de eindterm volledig uitgewerkt: alle in de syllabus genoemde specificaties komen aan bod.

In paragraaf 4.1 – de inleiding – worden de contexten brandstofverbruik in het verkeer en verkeersveiligheid kort geïntroduceerd. De daaruit volgende hoofdstukvraag heeft een voornamelijk fysisch karakter.

De opzet van de leerstofparagrafen 4.2 t/m 4.6 is steeds ruwweg hetzelfde: een korte fysische introductie uitlopend op een fysische paragraafvraag, een fysische lees/leertekst met daaraan aangepaste fysische illustraties en een verzameling opgaven met voornamelijk fysische vraagstellingen.

In paragraaf 4.7 – de keuzeonderwerpen – worden de in de inleiding genoemde contexten uitgewerkt in de vorm van een korte contextuele introductie uitlopend op een contextuele paragraafvraag, een fysische ‘vertaling’ van de eerder behandelde fysische inhoud naar de betreffende context en een verzameling opgaven met voornamelijk contextuele vraagstellingen.

In paragraaf 4.8 – de afsluiting – staat een fysische samenvatting, gevolgd door een beperkt aantal eindopgaven (naast de eindopgaven die al in de keuzeonderwerpen staan).

Er wordt in het lesmateriaalvoorbeeld driemaal verwezen naar een practicumwerkblad. Deze werkbladen zijn verder niet uitgewerkt.

Inhoud

De korte inleiding (4.1) met een indicatie van de contexten brandstofverbruik in het verkeer en verkeersveiligheid loopt uit op de volgende hoofdstukvraag: welke rol spelen energie en arbeid bij bewegingen met een constante en met een veranderende snelheid?

De vervoloparagrafen (4.2 t/m 4.6) zijn gericht op het aanleren/verwerken van achtereenvolgens de volgende leerinhouden, zonder verwijzingen naar de in de inleiding genoemde contexten (maar wel – met hier en daar – vooral in de opgaven – wat (kleine) uiteenlopende illustrerende contexten):

- energiesoorten (kinetische energie, zwaarte-energie, chemische energie);
- arbeid (kracht en arbeid, arbeid en kinetische energie, omzetting van zwaarte-energie in kinetische energie);
- arbeid en warmte (wrijvingsarbeid, rol- en luchtweerstand – in dit geval ook kwantitatief);
- rendement (energiebehoud, afvalwarmte, rendement);
- mechanisch vermogen (arbeid en vermogen, snelheid en vermogen).

In de keuzeonderwerpen (4.7) wordt deze fysische leerinhoud toegepast in de contexten brandstofverbruik in het verkeer, benzineauto of elektrische auto en veilig botsen. Bij elk van deze keuzeonderwerpen is sprake van een startopdracht in de vorm van een meerkeuzevraag die naar verwachting tot uiteenlopende antwoorden van leerlingen zal leiden, wat voor hen aanleiding zou kunnen zijn om zich in het keuzeonderwerp te gaan verdiepen en daarover aan hun medeleerlingen te rapporteren. De keuzeonderwerpen zijn natuurlijk ook klassikaal te doen. Bij de laatste opdracht van elk keuzeonderwerp wordt de leerlingen gevraagd om zelf de paragraafvraag te beantwoorden en (mede daarmee) een beargumenteerde mening weer te geven in persoonlijke/maatschappelijke keuzesituaties.

De afsluiting (4.8) geeft een samenvatting met opdrachten voor het maken van een formuleoverzicht en een begrippenweb (als verwerking van die samenvatting), gevolgd door een aantal eindopgaven rond de contexten die in de voorafgaande keuzeonderwerpen aan de orde zijn geweest.

Reflectie

- Het lesmateriaalvoorbeeld voldoet redelijk aan de vijf hierboven beschreven kenmerken: de conceptuele vakstructuur staat centraal en is herkenbaar in de inrichting van het materiaal, terwijl de samenhangende concepten vanuit verschillende deelgebieden van het vakgebied passen bij de ‘uitgestelde’ context-op-afstand. Net als bij het lesmateriaalvoorbeeld voor kwadrant C kan ook hier niet worden gezegd dat de concepten vanuit meerdere vakgebieden komen. Dit zou wel kunnen als dit lesmateriaal bij natuurkunde gebruikt wordt in een project 'Verkeer'. Dan komen er wel concepten uit meerdere vakgebieden aan bod, maar dan bij andere vakken tijdens de projectweken.

Wat wél kenmerkend lijkt te zijn voor het lesmateriaalvoorbeeld in kwadrant D van het concept-contextvenster is het ‘uitstellen’ van de context, na de korte introductie daarvan in de inleiding: de gebruiker van het lesmateriaal moet er maar op vertrouwen dat de fysische inhoud in een later stadium – en dat is in dit geval pas bij de keuzeonderwerpen – bruikbaar zal zijn bij het oplossen van contextuele vraagstellingen. Het was zonder meer mogelijk geweest om dit ‘uitstellen’ van de context in het lesmateriaalvoorbeeld op een meer extreme manier uit te werken door de inleiding op de hoofdstukvraag een exclusief fysisch karakter te geven en dus de verwijzingen naar de contexten brandstofverbruik in het verkeer en verkeersveiligheid daar te schrappen, en door ook de opgaven

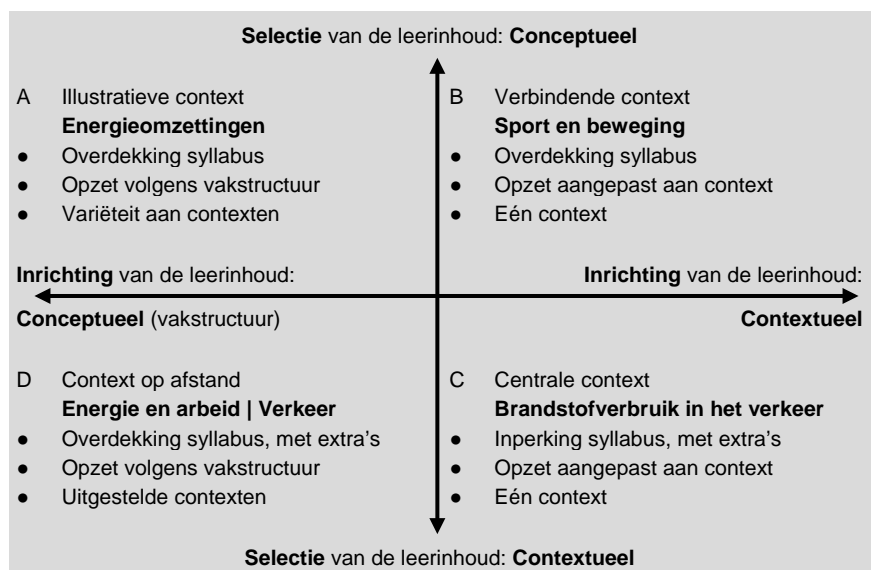
(nog verder) te 'decontextualiseren'.

Bij dit 'uitstellen' van de context gaat het overigens om een specifieke interpretatie van het begrip 'context-op-afstand', waarbij de gekozen opzet van het lesmateriaalvoorbeeld niet rechtstreeks volgt uit de bovengenoemde kenmerken van dit kwadrant in het concept-contextvenster. Het lesmateriaalvoorbeeld wijkt zelfs duidelijk af van de voorbeelden die in de eerder genoemde publicatie over het concept-contextvenster worden gegeven, waar de 'context-op-afstand' veel langer lijkt te worden uitgesteld en/of zelfs in het vervolgonderwijs moet worden gezocht. Dit is een gevolg van het gekozen uitgangspunt dat het lesmateriaalvoorbeeld een hoofdstuk zou moeten kunnen zijn in een reguliere natuurkundemethode.

- In het lesmateriaalvoorbeeld wordt 'context' opgevat als een persoonlijke en/of maatschappelijke probleemstelling waarbij de gepresenteerde fysische inhoud tot een oplossing gaat leiden. Net als in het lesmateriaalvoorbeeld voor kwadrant C is hier sprake van een 'handelingsperspectief' voor de leerling, dat in elk van de keuzeonderwerpen op een vergelijkbare manier is uitgewerkt – een uitwerking die overigens ook in de afsluiting had kunnen worden geplaatst.
- Aan het realiseren van voldoende 'wendbaarheid' in het toepassen van de fysische inhoud in verschillende contexten wordt in eerste instantie geen aandacht besteed, en gebeurt pas in de keuzeonderwerpen – zij het nog binnen een beperkt aantal contexten. Omdat de fysische inhoud 'contextloos' wordt gepresenteerd, is een eventueel noodzakelijke 'de- en recontextualisatie' niet nodig. Bij de keuzeonderwerpen moet daardoor wél een 'contextualisatie' van de eerdere fysische inhoud plaatsvinden. In een hoofdstuk 'examenvorbereiding' kan in de vorm van een aantal opgaven ontleend aan een variëteit aan contexten gewerkt worden aan het (verder) realiseren van voldoende wendbaarheid, voor zover vereist op het centraal examen.

4.5 Lesmateriaal in het concept-contextvenster

Een overzicht van de vier lesmateriaalvoorbeelden staat in het concept-contextvenster van figuur 4, met enkele kenmerkende eigenschappen. Bij het gekozen uitgangspunt dat het zou moeten gaan om lesmateriaalvoorbeelden rond een bepaald deelgebied (of subdomein uit de syllabus) van de natuurkunde (zie de inleiding), gaat het bij de in het overzicht genoemde 'overdekking of inperking van de syllabus' om het gekozen deelgebied en bij de 'extra's' om (aanvullingen op) leerstof uit andere deelgebieden van de natuurkunde, en niet uit andere vakgebieden.



Figuur 4 Karakterisering van de vier lesmateriaalvoorbeelden in het concept-contextvenster.

4.6 Context en onderwijsdoelen

De lesmateriaalvoorbeelden voor de kwadranten A en B zijn – conform de formuleringen in de syllabus – gericht op het verwerven en toepassen van natuurkundige vakinhoud in wisselende contexten als onderwijsdoel, al worden die ‘wisselende contexten’ in het geval van de lesmateriaalvoorbeelden voor kwadrant B, C en D in meer of mindere mate nog even uitgesteld. Eenzelfde onderwijsdoel geldt ook voor het lesmateriaal in de kwadranten C en D, maar daarin is nog iets extra’s te herkennen: het biedt leerlingen – nu of in de nabije toekomst – iets als een handelingsperspectief, een mogelijkheid om op grond van de verworven vakinhoud doordachte beslissingen te nemen over hun gedrag in het dagelijks leven (in dit geval in het verkeer). Dit laatste zou gezien kunnen worden als onderwijsdoel op het gebied van *scientific literacy*, en zou een extra reden voor het werken met contexten kunnen zijn.

Het lijkt overigens niet onmogelijk om een dergelijk onderwijsdoel ook vorm te geven binnen de kwadranten A en B, maar dat is dan wel afhankelijk van de inhoud van de syllabus en de gekozen context(en).

5 Bronvermelding

Bruning, L. & Michels, B. (2013). *Concept-contextvenster: Zicht op de wisselwerking tussen concepten en contexten in het bèta-onderwijs*. Enschede: SLO. Te downloaden vanaf:
[http://www.slo.nl/downloads/2013/concept-contextvenster.pdf/](http://www.slo.nl/downloads/2013/concept-contextvenster.pdf)

College voor Examens (2012). *Natuurkunde havo. Syllabus centraal examen 2015*. Utrecht: CvE.

Bij het maken van het voorbeeldlesmateriaal is gebruik gemaakt van enkele hoofdstukken uit de methode *Newton HAVO*, 3^e druk (hoofdstuk 5, 6, 7 en 13) en 4^e druk (hoofdstuk 8), en de IPN-module *Energie quantitativ: Elektro- oder Benzinauto?*