

Natuurkunde en techniek voor de basisschool

Een domeinbeschrijving als resultaat van een
cultuurpedagogische discussie



zeker weten

Natuurkunde en techniek voor de basisschool

Een domeinbeschrijving als resultaat
van een cultuurpedagogische discussie

Redactie:

Gerard Boeijen

Boy Kneepkens

José Thijssen

Colofon

- Dtp-opmaak: Service unit, MMS
- Bureauredactie: Rineke Crama (Atonaal), Loes Hiddink
- Foto omslag: Ron Steemers

Tweede herziene druk

Artikelnummer 60139

© Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling Arnhem (2011)

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit werk mag zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling worden openbaar gemaakt en/of verveelvoudigd door middel van druk, fotokopie, scanning, computersoftware of andere elektronische verveelvoudiging of openbaarmaking, microfilm, geluidskopie, film- of videokopie of op welke wijze dan ook.

Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling Arnhem heeft getracht alle rechthebbenden te achterhalen. Indien iemand meent als rechthebbende in aanmerking te komen, kan hij of zij zich tot Cito wenden.

Voorwoord

Deze domeinbeschrijving Natuurkunde en techniek voor de basisschool is een herziening van hoofdstuk 5 'Natuurkunde en Techniek' uit de domeinbeschrijving *Natuuronderwijs voor de basisschool* (Cito, 2002). De opstellers van de laatstgenoemde beschrijving hebben de methode gehanteerd van de cultuurpedagogische discussie. Op basis van criteria uit verschillende disciplines en met raadpleging van vakinhoudelijke deskundigen hebben zij op systematische wijze afwegingen gemaakt en hun afwegingen verantwoord.

Natuurlijk blijven keuzes discutabel. Dat is niet erg als de overwegingen maar geëxpliciteerd worden, zodat iedereen kan nagaan waarom bepaalde keuzes zijn gemaakt.

Volgens de methode van de cultuurpedagogische discussie zijn destijds ook domeinbeschrijvingen gemaakt voor geschiedenis en aardrijkskunde. Van beide domeinbeschrijvingen is inmiddels een herziene versie uitgegeven.

Cito heeft domeinbeschrijvingen gemaakt omdat toetsontwikkeling op het gebied van Wereldoriëntatie hierom vroeg. De kerndoelen zijn te globaal om voldoende houvast te geven bij de evaluatie van leeropbrengsten. Bovendien zijn ze niet inhoudelijk verantwoord.

Wereldoriëntatie vormt een onderdeel van de Eindtoets Basisonderwijs, het Leerling- en onderwijsvolgsysteem en de Periodieke peilingen van het onderwijsniveau. Voor al deze projecten is het van wezenlijk belang dat de relevante onderwijsdoelstellingen duidelijk geëxpliciteerd worden. Bij iedere toetsopgave dringt zich namelijk de vraag op: moeten de leerlingen dit weten of kunnen, betreft de opgave voor leerlingen relevante kennis of vaardigheden?

De aanleiding voor de herziening van de beschrijving van het domein natuurkunde en techniek is de peiling die voor die vakgebieden plaatsvindt in 2010. Ontwikkelingen in het onderwijsveld waren voldoende reden om de keuzes die destijds gemaakt zijn nog eens tegen het licht te houden. Dat is gebeurd door een groep van deskundigen op het gebied van vakinhoud en didactiek en heeft geresulteerd in de publicatie die nu voor u ligt. Inmiddels is de noodzaak van een tweede druk gebleken. Hierin zijn enkele tekstcorrecties aangebracht en is bij natuurkunde een paragraaf opgenomen waarin onderzoeksvaardigheden met een voorbeeld worden toegelicht.

Ik dank iedereen voor zijn of haar bijdrage aan de totstandkoming van deze domeinbeschrijving, in de overtuiging dat deze publicatie een belangrijke bijdrage zal leveren aan de kwaliteit van het natuurkunde- en techniekonderwijs. Een helder beeld van de inhoud van het domein natuurkunde en techniek is immers voorwaarde voor effectief onderwijs.

Jan van Weerden

Hoofd research Primair en voortgezet onderwijs

Inhoud

Voorwoord	5
1 Inleiding	9
1.1 Waarom een domeinbeschrijving	10
1.2 Aanleiding herziening	11
1.3 Werkwijze resonansgroep	12
1.4 Leeswijzer	12
2 Toelichting	13
2.1 Recente ontwikkelingen	14
2.2 Wetenschap en techniek	15
2.3 Conclusie	15
2.4 Kerndoelen natuurkunde	16
2.5 Onderzoeken	16
2.6 Kerndoelen techniek	19
2.7 Technisch ontwerpen	19
2.8 Samenvatting bevindingen	22
3 Natuurkunde	23
3.1 Aanpassingen	24
3.2 Domeinbeschrijving natuurkunde	25
3.2.1 Krachten	25
3.2.2 Energie	28
3.2.3 Licht en kleur	32
3.2.4 Elektriciteit	34
3.2.5 Zinken, zweven en drijven	37
3.2.6 Lucht	39
3.2.7 Geluid	41
3.2.8 Magnetisme	43
4 Techniek	45
4.1 Aanpassingen	46
4.2 Domeinbeschrijving techniek	47
4.2.1 Eigenschappen van materialen en onderdelen	47
4.2.2 Constructies en verbindingen	49
4.2.3 Overbrengingen	52
4.2.4 Geautomatiseerde systemen	56
Bijlage 1 Deelnemers	60
Bijlage 2 Gereedschappen	61
Trefwoordenregister	62
Illustratieverantwoording	66

1 Inleiding

1 Inleiding

1.1 Waarom een domeinbeschrijving

Domeinbeschrijvingen voor Wereldoriëntatie in het basisonderwijs zijn door Cito gemaakt in het kader van de Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau in Nederland¹ (PPON). Op basis van de domeinbeschrijvingen worden instrumenten voor onderzoek en toetsen ontwikkeld.

Wereldoriëntatie is een verzamelnaam voor onderwijs gericht op kennis van de wereld.

Het is voor het peilingonderzoek onderverdeeld in drie domeinen:

- geschiedenis
- aardrijkskunde
- natuuronderwijs

Binnen natuuronderwijs onderscheiden we de deelgebieden biologie, natuurkunde, en techniek. In 2002 is het derde peilingonderzoek voor natuurkunde uitgevoerd. Als afzonderlijk leergebied is in 2002 daaraan voor het eerst techniek toegevoegd.

De domeinbeschrijvingen zijn ontwikkeld door middel van een cultuurpedagogische discussie. Dat is een discussie die zich bezighoudt met de vraag welke leerstof de moeite waard is om aan nieuwe generaties over te dragen.

Aan de cultuurpedagogische discussie voor de domeinbeschrijvingen van 2002 voor natuurkunde en techniek nam een breed forum van deskundigen deel: leerplandeskundigen, onderwijskundigen, pedagogen, vakinhoudelijk deskundigen en ontwikkelingspsychologen (zie bijlage 1). Zij wisselden in een aantal vergaderingen van gedachten over de leerstof voor de betreffende kennisgebieden in de bovenbouw van de basisschool. De discussie heeft geleid tot een eerste afbakening van de leerstof. Van de discussies is uitvoerig verslag gedaan in een verantwoording². Cultuur is dynamisch, dus een cultuurpedagogische discussie is nooit afgerond en zou periodiek gevoerd moeten worden.

Bij het periodieke peilingonderzoek worden vragen en opdrachten gebruikt die gemaakt zijn op basis van de domeinbeschrijvingen. Het onderzoek moet antwoord geven op de volgende vragen:

- Wat proberen scholen hun leerlingen te leren?
- Welke leerresultaten worden er door leerlingen uiteindelijk bereikt?
- Welke wijzigingen voltrekken zich door de jaren in de onderwijsresultaten?
- In hoeverre worden de kerndoelen basisonderwijs gerealiseerd?
- Welke verschillen zijn er in de leerresultaten tussen categorieën van leerlingen?

De periodieke peiling omvat daarnaast een inventarisatie van enkele andere aspecten van het onderwijsaanbod, zoals een inventarisatie van onderwijstijd voor de verschillende leergebieden en een inventarisatie van gebruikte methode en didactiek.

1 Cito voert sinds 1986 – in opdracht van het ministerie van OVC – peilingonderzoeken uit in het basisonderwijs en in het speciaal basisonderwijs. Het project Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau (PPON) is gestart vanuit de opdracht: ‘... systematisch bij te dragen tot het verkrijgen van een beeld van het leeraanbod en de effecten van het onderwijs’ om daarmee ‘een empirische basis te bieden voor de meer algemeen maatschappelijke discussie over de kwaliteit van het onderwijs’.

2 Cultuurpedagogische Discussies Natuuronderwijs. Prof. dr. J.D. Imelman, Arnhem. Citogroep 2002. Downloaden via <http://www.cito.nl>.

De domeinbeschrijvingen voor natuurkunde en techniek in de publicatie die nu voor u ligt, zijn een herziening van hoofdstuk 5 'Natuurkunde en techniek' van de publicatie *Natuuronderwijs voor de basisschool*³ (Cito, 2002).

Voor techniek vervangt deze uitgave ook de publicatie *Techniek voor de basisschool* (Cito, 2002)⁴, die destijds als aparte publicatie is uitgegeven in het kader van het Programma Verbreding Techniek Basisonderwijs (VTB).

1.2 Aanleiding herziening

De Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau voor natuurkunde en techniek die in 2010 wordt gehouden, is aanleiding geweest om de volgende vraag te stellen:

Sluiten de bestaande domeinbeschrijvingen nog aan bij de huidige ontwikkelingen in het onderwijs?

Voor het onderdeel biologie heeft Cito vooralsnog geen aanleiding gezien de domeinbeschrijving van 2002 te herzien. Voor de onderdelen natuurkunde en techniek ligt dat anders. Er zijn verschillende redenen te noemen die er voor pleiten om de domeinbeschrijvingen van natuurkunde en techniek nog eens onder de loep te nemen en daarbij de inhoudsgebieden natuurkunde en techniek afzonderlijk te bespreken.

De redenen die aanleiding geven tot een herziening van de domeinbeschrijvingen natuurkunde en techniek zijn de volgende:

- 1 In de afgelopen jaren is er door de politiek meer aandacht gevraagd voor natuurwetenschap en techniek in het basisonderwijs.
- 2 In 2006 zijn de nieuwe kerndoelen voor het basisonderwijs van kracht geworden. Daarin krijgen *techniek* en *het doen van onderzoek aan natuurkundige verschijnselen* nadrukkelijk aandacht.
- 3 SLO heeft deze kerndoelen in het project Tussendoelen en Leerlijnen (TULE)⁵ uitgewerkt.
- 4 Door het Programma VTB⁶ besteden steeds meer scholen in hun lesprogramma aandacht aan natuur(kunde) en techniek. Binnen het Programma VTB hebben 2500 basisscholen in Nederland een start gemaakt met het invoeren van natuurwetenschap en techniek. Ook worden veel leraren momenteel geschoold op dit gebied.
- 5 Ook Stichting Leerplanontwikkeling (SLO) heeft de laatste jaren aandacht besteed aan de stimulering van het onderwijs in natuur(kunde) en techniek in het basisonderwijs.
- 6 De inhoudsgebieden natuurkunde en techniek hebben weliswaar een relatie die terug te voeren is op het feit dat techniek door velen gezien wordt als toegepaste natuurkunde, maar techniek vraagt een andere insteek als het gaat om de domeinbeschrijving dan natuurkunde.

³ *Natuuronderwijs voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie.* Thijssen, J. (Red.). Arnhem, Citogroep 2002.

⁴ *Techniek voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie.* Schimmel, J. e.a. Citogroep 2002. Downloaden via <http://www.cito.nl>.

⁵ *Tussendoelen en Leerlijnen – Oriëntatie op jezelf en de wereld.* Inhouden en activiteiten bij de kerndoelen van 2006. SLO, januari 2009.

⁶ Het programma Verbreding Techniek Basisonderwijs (VTB) ondersteunt basisscholen om wetenschap en techniek een structurele en geïntegreerde plek in het onderwijs te geven. Scholen worden voor een periode van drie jaar zowel financieel, organisatorisch als inhoudelijk ondersteund om dit op hun eigen manier binnen de school vorm te geven. Zie <http://www.vtbprogramma.nl>.

Op grond van bovenstaande redenen is besloten de domeinbeschrijvingen opnieuw te bespreken met een groep deskundigen, hierna te noemen de resonansgroep. De resonansgroep bestaat naast mevr. José Thijssen (Cito, projectleider) uit mevr. Ineke Frederik (TU Delft), mevr. Marja van Graft (SLO), mevr. Sylvia Peters (VTB), dhr. Jos Marell (HAN), dhr. Gerard Boeijen (Cito), dhr. Boy Kneepkens (Cito).

1.3 Werkwijze resonansgroep

De resonansgroep heeft zich gebogen over de domeinbeschrijvingen van 2002. Als eerste is gekeken naar natuurkunde en vervolgens naar techniek. De leden van de resonansgroep hadden inzicht in de motieven die in 2002 aan de domeinbeschrijving ten grondslag lagen in de vorm van de onderliggende publicaties⁷. Cito heeft voorstellen gedaan die vervolgens zijn besproken en aangepast door de resonansgroep. Op basis van de gesprekken zijn de domeinbeschrijvingen in mindere (natuurkunde) of meerdere (techniek) mate aangepast en vastgesteld voor het peilingonderzoek in 2010.

1.4 Leeswijzer

In *Natuuronderwijs voor de basisschool* (2002) is de leerstof geordend in basisinzichten, uitwerkingen, voorbeelden en achtergrondinformatie. In de nieuwe domeinbeschrijving wordt deze indeling gehandhaafd. Een basisinzicht is een kernachtige omschrijving van het inzicht dat de leerlingen zouden moeten verwerven. Een uitwerking is een meer uitgebreide beschrijving van de leerstof die nodig is om het inzicht te bereiken. Voorbeelden illustreren de tekst. Een verwijzing naar een voorbeeld is in de tekst aangegeven met een cijfer tussen haakjes. In de achtergrondinformatie staat meer informatie over het onderwerp en/of een verantwoording van de leerstofkeuze. Deze achtergrondinformatie is met name bedoeld voor leraren. Naar achtergrondinformatie wordt in de tekst verwezen door een letter tussen haakjes. Na de inleiding volgt in hoofdstuk 2 een toelichting en onderbouwing van de keuzes die de resonansgroep heeft gemaakt. Tevens wordt ingegaan op de nieuwste ontwikkelingen in het basisonderwijs ten aanzien van de inhoudsgebieden natuurkunde en techniek en ontwikkelingen ten aanzien van onderzoek naar didactiek van de natuurwetenschappelijke vakken en techniek. In hoofdstuk 3 is de concrete domeinbeschrijving voor natuurkunde opgenomen. In hoofdstuk 4 volgt de domeinbeschrijving voor techniek.

⁷ *Natuuronderwijs voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie.* Thijssen, J. (Red.). Arnhem Citogroep 2002.

Verantwoording Cultuurpedagogische discussies Natuuronderwijs. Prof. dr. J.D. Imelman. Arnhem Citogroep 2002.

2 Toelichting

2 Toelichting

2.1 Recente ontwikkelingen

In dit hoofdstuk wordt de onderbouwing van de domeinbeschrijving toegelicht. De resonansgroep is uitgegaan van de pijlers die in 2002 zijn geformuleerd en vastgelegd in de verantwoording bij de domeinbeschrijving voor natuuronderwijs.¹

De pijlers van de domeinbeschrijving komen voort uit de gedachte dat de inhoud aan de volgende eisen moeten voldoen:

- zij moeten passen bij de leefwereld van basisschoolleerlingen;
- zij moeten passen bij het leer- en ontwikkelingsniveau van basisschoolleerlingen;
- zij moeten voor de doorsnee school organisatorisch relatief eenvoudig zijn in te passen in het vigerende curriculum.

Op basis van recente ontwikkelingen heeft de resonansgroep daaraan toegevoegd:

- de domeinbeschrijvingen moeten kennisinhouden hebben die zich lenen voor *het doen van onderzoek* bij natuurkunde en die elementair zijn voor het vergroten van de vereiste competenties voor *het ontwerpen* bij techniek.

Een recente didactische opvatting is dat kinderen door onderzoekend en ontwerpend leren competenties ontwikkelen die samenhangen met de (natuur-)wetenschappelijke manier van werken of met het werken als ontwerper. Onderzoekend en ontwerpend leren daagt kinderen uit en doet een beroep op hun creativiteit.²

In opdracht van het Programma VTB is de didactische Leerlijn Onderzoekend en Ontwerpend Leren (LOOL) bij natuur en techniek ontwikkeld. Er is nader onderzoek gedaan naar de effecten van onderzoekend en ontwerpend leren bij kinderen op de basisschool. Van dit onderzoek is verslag gedaan in een rapport door Van Graft e.a.³ Daarin wordt uitgebreid ingegaan op de relatie tussen 'onderzoekend leren' en 'ontwerpend leren'.

1 Verantwoording te downloaden via http://www.cito.nl/po/vakken/share/documenten/Cito_cpd_natuur_compl.pdf.

2 Ontwerpend leren ofwel learning by design kan worden opgevat als een inductieve manier van werken. Bij het oplossen van problemen zullen kinderen keuzes moeten maken ten aanzien van het toepassen van technische principes, materialen en gereedschappen.

3 Zie 'Onderzoekend en Ontwerpend Leren bij Natuur en Techniek', *Basisdocument over de didactiek voor onderzoekend en ontwerpend leren in het primair onderwijs*. Marja van Graft, Pierre Kemmers, SLO maart 2007. Downloaden via <http://www.slo.nl/primair/leergebieden/wereldoriëntatie/natuur/vtb/>.

De relatie tussen onderzoeken en technisch ontwerpen wordt in het rapport als volgt weergegeven:

	Onderzoeken	Ontwerpen
Fasen	1. Confrontatie met verschijnsel, Verkennen*	1. Probleem constateren, Verkennen*
	2. Opzetten experiment	2. Ontwerpvoorstel maken
	3. Uitvoeren experiment	3. Product/prototype maken
	4. Conclusies trekken, eventueel vervolg voorstellen	4. Testen en evalueren, eventueel verbeteringen voorstellen

* Fasen 1 en 2, zoals genoemd in het onderzoek, zijn hier samengevoegd in fase 1.

De conclusie uit het onderzoek van Van Graft e.a. is dat zowel het doen van onderzoek als het ontwerpen succesvolle manieren zijn om inhouden te benaderen en vruchtbare manieren van leren zijn voor kinderen op de basisschool. Het inhoudsgebied natuurkunde legt het accent op het doen van onderzoek en het inhoudsgebied techniek op het ontwerpen.

2.2 Wetenschap en techniek

Kort na het verschijnen van de domeinbeschrijvingen van 2002 is het domein techniek verbreed naar wetenschap en techniek. Er verschenen landelijke Kenniscentra Wetenschap en Techniek, Regionale Steunpunten van VTB en Science Centra. Het programma Verbreding Techniek Basisonderwijs Pro⁴ (VTB-Pro) werd in het leven geroepen. Het Programma VTB-Pro stelt 5000 leraren en 5000 aankomende leraren in staat zich te verdiepen en te bekwamen in het domein wetenschap en techniek in het basisonderwijs. Een domein dat voor het basisonderwijs niet gaat over wetenschap en techniek op een hoog en abstract niveau. Het gaat om vragen stellen, om nieuwsgierigheid, om onderzoekend en ontwerpend leren en de implementatie daarvan op de eigen school. Niet ver weg in een laboratorium, maar juist heel dichtbij in de alledaagse praktijk.

2.3 Conclusie

Op grond van de onder 2.1 beschreven ontwikkelingen concludeert de resonansgroep dat het wenselijk is in de peiling natuurkunde naast natuurkundige kennis ook onderzoeksvaardigheden te toetsen, zoals het formuleren van de onderzoeksvraag, het opzetten en uitvoeren van een experiment, verwerken van resultaten en het trekken van conclusies. De kennisinhouden van de domeinbeschrijving van 2002 lenen zich goed voor het doen van onderzoek.

Voor de domeinbeschrijving techniek is het proces van technisch ontwerpen het uitgangspunt. De kennisinhouden voor techniek uit de domeinbeschrijving van 2002 en het proces van het ontwerpen zijn door de resonansgroep kritisch bekeken. Extra aandacht was er voor de relatie tussen inhouden en competenties. Centraal stond de vraag: 'Welke kennis is vereist in de verschillende fasen van het proces?'

4 Zie Professionalisering Wetenschap en Techniek in het basisonderwijs <http://www.vtbpro.nl/>

2.4 Kerndoelen natuurkunde

De resonansgroep heeft bij het bepalen van de inhoud van de domeinbeschrijving mede gekeken naar de vernieuwde kerndoelen voor natuur en techniek zoals die in 2006 zijn vastgesteld. Voor de domeinbeschrijving natuurkunde zijn de kerndoelen 42 en 43 van belang. De relatie tussen de kerndoelen en de domeinbeschrijving wordt weergegeven in onderstaand schema:

De kerndoelen natuur(kunde) en de domeinbeschrijving

Kerdoel	Domeinbeschrijving	Opmerking
42 De leerlingen leren onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen, zoals licht, geluid, elektriciteit, kracht, magnetisme en temperatuur.	• Krachten* • Energie • Licht en kleur • Elektriciteit • Zinken, zweven en drijven • Geluid • Magnetisme	De genoemde inhoudsgebieden worden in de domeinbeschrijving uitgewerkt in basisinzichten. Elk basisinzicht wordt voorzien van een uitwerking met voorbeelden en eventueel van achtergrond-informatie.
43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.	• Lucht • Krachten*	Een deel van dit kerndoel wordt bij het vak aardrijkskunde uitgewerkt. In de domeinbeschrijving natuurkunde wordt geen aandacht besteed aan het begrip neerslag, wel aan wind.

* Het nieuwe domein Krachten is hier reeds genoemd.

De resonansgroep is van mening dat de domeinbeschrijving natuurkunde van 2002 de inhoud van de kerndoelen dekt. Wel wordt een expliciete behandeling van het begrip 'kracht' wenselijk geacht. Voor de onderbouwing van dit standpunt zie paragraaf 3.1.

SLO heeft in het project TULE⁵ voor alle kerndoelen bij alle vakken en leergebieden een uitwerking geschreven als handreiking aan het onderwijs. In de publicatie zijn activiteiten aangegeven die inhoud geven aan de kerndoelen. Bij de bespreking van de domeinbeschrijvingen voor natuurkunde en techniek is gekeken of deze aansluiten bij de ontwikkelingen die zijn weergegeven in het SLO-document *Inhouden en activiteiten bij de kerndoelen van 2006*. De resonansgroep is van mening dat de domeinbeschrijving goed aansluit bij deze uitwerking. Soms worden accenten anders gelegd, maar wezenlijke verschillen worden niet geconstateerd.

2.5 Onderzoeken

In het volgende schema worden in vier fasen beknopt de competenties beschreven die nodig zijn voor het opzetten en uitvoeren van een natuurkundig onderzoek. Op een vergelijkbare manier zijn competenties beschreven die horen bij de fasen van het technisch ontwerpen (zie pagina 21). Bij het technisch ontwerpen is ter aanvulling ook een relatie gelegd tussen

⁵ *Tussendoelen en Leerlijnen – Oriëntatie op jezelf en de wereld*. Inhouden en activiteiten bij de kerndoelen van 2006. SLO, januari 2009.

competenties en kennisgebieden. Een dergelijke aanvulling is voor natuurkunde niet zinvol. Daarvoor is de variatie in mogelijke experimenten bij elk kennisgebied te groot. Wel staat onder het schema een voorbeeld van een onderzoek beschreven. Belangrijke aandachtspunten voor de leraar bij elke fase van onderzoeken worden aan de hand van dit voorbeeld besproken.

Benodigde competenties voor het opzetten en uitvoeren van een natuurkundig onderzoek

	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
	Confrontatie met verschijnselen en verschijnselen verkennen	Experiment opzetten	Experiment uitvoeren	Conclusies trekken, eventueel vervolg voorstellen
	De leerling kan:	De leerling kan:	De leerling kan:	De leerling kan:
competentie →	aan de hand van (eigenschappen van) voorwerpen of verschijnselen vragen stellen, ervaringen en/of ideeën uitwisselen, voorspellingen doen.	aan de hand van een te formuleren of gegeven vraagstelling een passend experiment beschrijven. Welke materialen, meet-instrumenten? Hoe resultaten verzamelen?	het experiment volgens plan uitvoeren en de waarnemingen/metingen overzichtelijk noteren.	op basis van de resultaten conclusies trekken die leiden tot een antwoord op de gestelde vraag en eventueel tot het formuleren van vervolgvragen.

1 Confrontatie en verkennen

Belangrijk is dat de leraar de nieuwsgierigheid stimuleert door het aanbieden van een object of het noemen van een verschijnsel dat aansluit bij de leefwereld van de leerlingen. Een voorbeeld: de leerlingen hebben op het schoolplein een sneeuwpop gemaakt. Die zal smelten als het gaat dooien. De leraar vraagt of dat smelten sneller of juist minder snel zal gaan als de sneeuwpop een jas aan heeft. Dat kan een levendige discussie opleveren, aan het eind waarvan ieders voorspelling wordt genoteerd.

2 Experiment opzetten

Op basis van de mening van de meeste leerlingen kan de onderzoeksvraag worden: ‘Smelt een sneeuwpop met jas sneller dan een sneeuwpop zonder jas?’ Uiteraard kan sneller vervangen worden door langzamer. In groepjes zouden de leerlingen kunnen bespreken hoe ze het experiment moeten opzetten. Wellicht zal de leraar een beetje moeten sturen om ze tot het inzicht te brengen dat er een tweede, even grote, sneeuwpop gemaakt moet worden die de jas aankrijgt. Ook is het belangrijk van tevoren te bedenken hoeveel waarnemingen er moeten worden gedaan aan de sneeuwpoppen: om de minuut, om het uur, om de dag? En wat gaan de leerlingen noteren en hoe doen ze dat?

3 Experiment uitvoeren

Als het eenmaal dooit, kijkt de groep of een aantal aangewezen leerlingen op afgesproken tijden hoe de twee sneeuwpoppen erbij staan. De leerlingen noteren hun waarnemingen nauwkeurig en op een overzichtelijke manier.

4 Conclusies trekken

Waarschijnlijk tot verrassing van veel leerlingen (die denken dat de sneeuwpop met jas het lekker warm heeft en dus sneller smelt) zal de conclusie zijn dat de sneeuwpop met jas langzamer smelt dan de sneeuwpop zonder jas.

Als de winterse omstandigheden het toelaten, is dit een mooi experiment om de stappen in een onderzoeksproces te bespreken. Ook is het een ideale context om natuurkundige onderwerpen zoals warmtegeleiding/isolatie (thermosfles), stollen en smelten in te leiden. Als er onvoldoende of geen sneeuw is, kan het experiment worden gedaan met ijsblokjes: één ingepakt in een lapje stof en één niet ingepakt. De verschillende stappen in het onderzoeksproces zijn identiek aan die in het voorbeeld met de sneeuwpop.

Belangrijke aandachtspunten die uit dit voorbeeld volgen zijn:

Fase 1

In fase 1 is het belangrijk om te komen tot een **onderzoekbare vraag**. Leerlingen zullen allerlei vragen opwerpen, bijvoorbeeld: heeft de sneeuwpop met jas het niet meer zo koud? Zo'n vraag is niet te beantwoorden, ook niet met een onderzoek. Taak van de leraar is om de leerlingen te leiden naar een onderzoekbare vraag of om zelf een dergelijke vraag te stellen (zoals in het voorbeeld).

Fase 2

In fase 2 is het belangrijk dat het experiment zodanig wordt opgezet dat er slechts **één variabele factor** is en dat alle andere factoren gelijk zijn. In het voorbeeld worden daarom twee gelijke (even groot, even dik enzovoort) sneeuwpoppen gemaakt, of twee gelijke ijsklontjes gebruikt. De variabele factor is in dit onderzoek de jas of, in het geval van de ijsklontjes, het lapje stof.

Fase 3

In fase 3 is het belangrijk dat **waarnemingen volledig en overzichtelijk** worden genoteerd. Een tabelvorm is vaak handig. Voor het voorbeeld zou de volgende tabel geschikt zijn (de tijd in kolom 1 kan worden aangepast aan hoe hard het dooit):

Tijd	Sneeuwpop 1, zonder jas	Sneeuwpop 2, met jas
Begin		
Na 1 uur		
Na 2 uur		
Etc.		

De leerling schrijft in de betreffende cellen op hoe de sneeuwpoppen erbij staan. Het is voor het verkrijgen van een antwoord op de onderzoeksvraag niet per se nodig om te wachten tot een van de twee sneeuwpoppen helemaal gesmolten is. De conclusie kan al eerder getrokken worden.

Fase 4

In fase 4 is het belangrijk dat leerlingen een conclusie trekken die **gebaseerd is op hun metingen/ waarnemingen**. In het voorbeeld zou de conclusie kunnen luiden: 'Uit de waarnemingen in de tabel blijkt dat het smelten van de sneeuwpop zonder jas sneller gaat.' Voorbeelden van minder adequate of onjuiste conclusies zijn: 'De sneeuwpop zonder jas smelt het eerst want dat had mijn vader/moeder al voorspeld' of 'De sneeuwpop zonder jas heeft het warmer dan de sneeuwpop met jas'.

Vervolgens moeten de leerlingen hun conclusie **terugkoppelen naar de onderzoeksvraag**. Het antwoord op de vraag 'smelt een sneeuwpop met jas sneller dan een sneeuwpop zonder jas?' is dus: nee.

Een onderzoek kan altijd leiden tot een volgend onderzoek. In het voorbeeld zou het vervolgonderzoek gericht kunnen zijn op het soort materiaal waarmee de sneeuwpop bekleed of het ijsklontje ingepakt wordt.

2.6 Kerndoelen techniek

Ook hier heeft de resonansgroep bij het bepalen van de inhoud van de domeinbeschrijving mede gekeken naar de vernieuwde kerndoelen voor natuur en techniek uit 2006. Voor de domeinbeschrijving techniek zijn de kerndoelen 44 en 45 van belang. De relatie tussen de kerndoelen en de domeinbeschrijving wordt weergegeven in onderstaand schema:

De kerndoelen techniek en de domeinbeschrijving

Kerdoel	Domeinbeschrijving	Opmerking
44 De leerlingen leren bij producten uit hun eigen omgeving relaties te leggen tussen de werking, de vorm en het materiaalgebruik.	- Eigenschappen van materialen en onderdelen - Constructies van verbindingen - Overbrengingen - Geautomatiseerde systemen	Deze inhouden zijn noodzakelijk om van een bestaand product de relaties tussen werking, vorm en materiaalgebruik te kunnen benoemen.
45 De leerlingen leren oplossingen voor technische problemen te ontwerpen, deze uit te voeren en te evalueren.	- Eigenschappen van materialen en onderdelen - Constructies van verbindingen - Overbrengingen - Geautomatiseerde systemen	Het onderliggende concept van de technische ontwerpcyclus is uitgangspunt voor de beschrijving van de inhouden.

In het TULE-project van de SLO zijn ook de kerndoelen voor techniek uitgewerkt in tussendoelen en leerlijnen. Er wordt een aantal concrete voorwerpen genoemd uit de leefwereld van kinderen die als object dienen voor gebruik of vorm- c.q. functieanalyse. Daarnaast wordt het nuttig geacht dat kinderen leren werken met een aantal met name genoemde materialen en gereedschappen.

De resonansgroep koos bij techniek een andere weg dan bij natuurkunde. Bij natuurkunde zijn *leefwereld* en *haalbaarheid* belangrijke uitgangspunten voor de keuze van inhouden. Daarbij lenen deze inhouden zich goed voor het doen van onderzoek. Bij techniek is als uitgangspunt voor de domeinbeschrijving de keuze gemaakt voor het proces van ontwerpen. De resonansgroep heeft, uitgaande van dit proces, de inhouden uit de domeinbeschrijving van 2002 opnieuw bezien. Onderdelen zijn herschreven, rekening houdend met leefwereld en haalbaarheid. Het domein *Energieomzettingen* kan achterwege blijven omdat dit voldoende beschreven is in de domeinbeschrijving natuurkunde onder *Energie*. Aan de domeinen voor techniek is het domein 'Geautomatiseerde Systemen' toegevoegd.

2.7 Technisch ontwerpen

Bij de nieuwe domeinbeschrijving voor techniek is uitgegaan van de gedachte dat ontwerpen een belangrijk doel is van het vak techniek. De cyclus van het technisch ontwerpproces kan vanaf *Probleem constateren, analyseren en beschrijven* (fase 1) achtereenvolgens beschreven worden door de fasen *Ontwerpvoorstel maken/aanpassen* (fase 2), *Product/prototype maken* (fase 3) en *Evalueren, testen, suggesties voor verbetering van het ontwerp/product* (fase 4).



De ontwerpcyclus

- 1 *Probleem constateren, analyseren en beschrijven*⁶
Aan het eind van deze stap is voor leerlingen het op te lossen probleem of behoefte duidelijk. Ook is duidelijk aan welke eisen het product moet voldoen (programma van eisen).
- 2 *Ontwerpvoorstel maken/aanpassen*⁷
Aan het eind van deze stap hebben de leerlingen een beeld van mogelijke oplossingen en hebben ze nagedacht over benodigde constructies, energiebronnen, verbindingen, materialen en gereedschappen. De leerlingen hebben ook een definitief ontwerpvoorstel voor een oplossing geschetst, materialen en gereedschappen benoemd en deze bij elkaar gezocht.
- 3 *Product/prototype maken*
Aan het eind van deze stap hebben de leerlingen het ontwerpvoorstel uitgevoerd/gemaakt en is het product/prototype tot stand gekomen.
- 4 *Testen, evalueren en verbeteringen voorstellen*
Aan het eind van deze stap hebben de leerlingen hun product getest. Werkt het? Voldoet het aan de gestelde eisen? Zo ja, dan kunnen ze het gebruiken en zo nee, dan worden verbeteringen aan het ontwerpvoorstel of aan het product/prototype voorgesteld.

Voor het maken van opgaven waarmee de balans kan worden opgemaakt (PPON) kan in elke fase van het proces een startpunt worden gevonden.

In de volgende tabel is aangegeven op welke kennisgebieden een beroep wordt gedaan in de verschillende fasen van het proces. Voor elke fase is aangegeven wat er van de leerlingen verwacht kan worden in termen van de leerling kan

6 De probleemanalyse en de beschrijving ervan zal dikwijls plaatsvinden bij de probleemhebber en wordt hier niet aan de uitwerking van de kennisinhouden gekoppeld. Voor het oplossen van het probleem zal een programma van eisen moeten worden opgesteld. Het is een wezenlijk onderdeel van het proces. In de praktijk van het onderwijs zal het opstellen van een programma van eisen aan de hand van de probleemanalyse in de meeste gevallen samen met de leraar gedaan moeten worden.

7 Gekozen is voor het woord *ontwerpvoorstel* om verwarring met het woord ontwerp te voorkomen. Met ontwerp wordt hier de gehele cyclus van het technisch ontwerp bedoeld.

Relatie kennisgebieden en competenties bij het proces van technisch ontwerpen

Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
Probleem constateren, analyseren en beschrijven	Ontwerpvoorstel maken of aanpassen	Product of prototype maken	Testen, evalueren en verbeteringen voorstellen
De leerling kan:		De leerling kan:	De leerling kan:
competentie → kennisgebied ↓	aan de hand van een op te stellen of gegeven programma van eisen en binnen de gestelde randvoorwaarden, een of meer ontwerpvoorstellen maken.	een product/prototype maken met behulp van het juiste gereedschap, de inzet van de juiste materialen, constructies, overbrengingen en informatie- en communicatiesystemen.	een product/prototype testen en indien nodig, suggesties doen voor bijstellen van het ontwerp en als het voldoet, gebruiken.
Hulpmiddelen (gereedschappen, computer)*	de meest geschikte gereedschappen kiezen en uitleggen waarom daarvoor is gekozen.	uit een aantal hulpmiddelen de meest geschikte op de juiste manier en veilig gebruiken.	beoordelen of de gekozen hulpmiddelen voldoen en indien nodig verbeteringen voorstellen.
Eigenschappen van materialen en onderdelen	de meest geschikte materialen of onderdelen kiezen en uitleggen waarom daarvoor is gekozen.	uit een aantal materialen de meest geschikte kiezen en bewerken.	beoordelen of de gekozen materialen voldoen en indien nodig verbeteringen voorstellen.
Constructies en verbindingen	constructieprincipes met gevolg voor stabiliteit, stevigheid, soort verbindingen en alternatieven in een ontwerpvoorstel opnemen.	de gekozen constructieprincipes met gevolgen voor stevigheid, stabiliteit en type verbinding juist toepassen.	beoordelen of de gekozen constructieprincipes voldoen en indien nodig verbeteringen voorstellen.
Overbrengingen	geschikte overbrengingen in een ontwerpvoorstel opnemen en uitleggen waarom voor die overbrengingen is gekozen.	de gekozen overbrengingen toepassen zodat het ontwerp juist functioneert.	beoordelen of de gekozen overbrengingen voldoen en indien nodig verbeteringen voorstellen.
Geautomatiseerde systemen	een of meer geautomatiseerde systemen in een ontwerpvoorstel opnemen en uitleggen hoe de systemen met elkaar communiceren.	een geautomatiseerd systeem inbouwen en aansluiten.	de functionaliteit van het geautomatiseerde systeem beoordelen en testen en indien nodig verbeteringen voorstellen.

* Kennis van gereedschappen behoort op zich niet tot de kern van het onderwijs in techniek. Het zijn middelen waarmee men ontwerpen en producten probeert te realiseren. De vaardigheid om met gereedschappen om te gaan wordt daarom beschouwd als afgeleide kennis die men al doende leert.

2.8 Samenvatting bevindingen

De resonansgroep is tot de volgende conclusies gekomen

- 1 De domeinbeschrijving voor natuurkunde kan voor het grootste deel gehandhaafd worden. Het begrip 'kracht' als natuurkundig fenomeen komt in de domeinbeschrijving van 2002 niet expliciet aan de orde. Een expliciete beschrijving van het begrip kracht ziet de resonansgroep als een voorwaarde voor zowel natuurkunde als techniek. Vandaar dat in de vernieuwde domeinbeschrijving van natuurkunde het domein **Krachten** is opgenomen.
- 2 De positie van het inhoudsgebied techniek in de domeinbeschrijving van 2002 is te ondergeschikt aan die van het inhoudsgebied natuurkunde, als één van de acht paragrafen van het hoofdstuk Natuurkunde en techniek. Het domein techniek wordt in de vernieuwde domeinbeschrijving opgenomen in een apart hoofdstuk.
- 3 Het domein **Energieomzettingen** bij techniek is door de aard van het onderwerp meer een domein dat bij natuurkunde hoort. Het domein Energie bij natuurkunde dekt voldoende datgene wat bij energieomzettingen wordt beoogd.
- 4 Het onderwerp Besturingen uit de domeinbeschrijving van 2002 moet meer aandacht krijgen. Daarvoor in de plaats wordt een nieuw domein **Geautomatiseerde systemen** opgenomen.
- 5 Het is wenselijk dat de kennisinhouden uit de domeinbeschrijving natuurkunde de leerling uitdagen tot het doen van onderzoek.
- 6 Het is wenselijk dat de kennisinhouden uit de domeinbeschrijving techniek de leerling uitdagen tot ontwerpen.
- 7 In de peiling zouden onderzoek- en ontwerpvaardigheden bij natuurkunde en techniek getoetst moeten worden door middel van speciaal daarop gerichte schriftelijke vragen en praktische opdrachten.

3 Natuurkunde

3 Natuurkunde

3.1 Aanpassingen

De volgende domeinen worden beschreven:

- 1 Krachten
- 2 Energie
- 3 Licht en kleur
- 4 Elektriciteit
- 5 Zinken, zweven en drijven
- 6 Lucht
- 7 Geluid
- 8 Magnetisme

De domeinen 2 tot en met 8 behoeven geen aanpassingen. De resonansgroep is tevreden over de inhoud en over de formuleringen.

Het nieuwe domein 'Krachten'

In de domeinen van natuurkunde en techniek komt het begrip kracht met enige regelmaat voor. Zo wordt gesproken over spierkracht, wrijvingskracht, zwaartekracht, opwaartse kracht, magnetische kracht en overbrenging van krachten. Ook in de kerndoelen van 2006 (kerndoel 42) wordt kracht expliciet genoemd. De resonansgroep acht het van belang dat leerlingen enig inzicht krijgen in de betekenis van dit begrip. Vandaar dat in de vernieuwde domeinbeschrijving van natuurkunde het domein Krachten is opgenomen.

3.2 Domeinbeschrijving natuurkunde

3.2.1 Krachten

Basisinzichten

- *Er zijn verschillende krachten, bijvoorbeeld zwaartekracht, elektrische kracht, magnetische kracht, veerkracht, spierkracht, opwaartse kracht in water, windkracht, wrijvingskracht.*
- *Een kracht kan een voorwerp sneller of langzamer laten bewegen of de bewegingsrichting van het voorwerp veranderen.*
- *Op een voorwerp kunnen meerdere krachten tegelijk werken. Als het voorwerp in rust is, heffen die krachten elkaar op.*

Uitwerking

- Op alle voorwerpen, bijvoorbeeld een appel in een appelboom, werkt de zwaartekracht (a). Die kracht is naar de aarde gericht.
Als je (vooral in de winter) een paar keer een kam door je haar haalt, worden de kam en je haar elektrisch geladen (b). Als je de kam dan in de buurt van je haar houdt, trekt de kam haren aan, terwijl de haren elkaar onderling afstoten. Tussen elektrisch geladen voorwerpen werkt de elektrische kracht. Deze kracht kan aantrekkend of afstotend zijn (1) (b).
Voor de magnetische kracht, zie paragraaf 3.2.8. Voor de opwaartse kracht in water, zie paragraaf 3.2.5. Veerkracht, spierkracht, windkracht en wrijvingskracht worden geïllustreerd met respectievelijk de voorbeelden (2), (3), (4) en (5).
- Als een appel van de boom valt, wordt zijn snelheid steeds groter. Dat komt door de zwaartekracht.
Als een voorwerp een cirkelbaan beschrijft, verandert zijn bewegingsrichting voortdurend. Voor het veranderen van de bewegingsrichting is een kracht nodig. Dat kun je zien bij een kogelslingeraar die een grote kracht moet uitoefenen om de kogel in zijn baan te houden (6).
De aarde oefent een kracht uit op de maan (a). Die kracht verandert steeds de bewegingsrichting van de maan. Daardoor draait de maan in een cirkelbaan om de aarde.
De zon oefent een kracht uit op de aarde en de andere planeten. Daardoor draaien de aarde en de andere planeten in een cirkelbaan om de zon (7).
De beweging van de maan om de aarde en van de planeten om de zon wordt ook in het domein 'Aarde en landschappen' bij aardrijkskunde beschreven.
- Als je een föhn onder een pingpongballetje houdt, werken op het balletje twee krachten: de zwaartekracht omlaag en de kracht van de uitstromende lucht omhoog. Het pingpongballetje zweeft in de lucht omdat de zwaartekracht en de kracht van de lucht elkaar opheffen (8) (c).

Voorbeelden

- 1 Glijden van de plastic glijbaan heeft de haren positief geladen en de glijbaan negatief. De haren stoten elkaar daardoor af en worden en worden aangetrokken door het negatief geladen plastic van de glijbaan.



- 2 Een boogschutter heeft zijn boog gespannen. In de korte tijd dat de pees zich ontspant, oefent de pees veerkracht uit op de pijl. Daardoor krijgt de pijl een grote snelheid.



- 3 Een voetbalster trapt tegen een bal. In de korte tijd dat er contact is tussen haar voet en de bal zorgt de spierkracht ervoor dat de snelheid van de bal groter wordt.



- 4 De kracht van de wind zorgt ervoor dat de vlieger in de lucht blijft.



- 5 Een schaatser die ophoudt met schaatsen, verliest door de wrijvingskracht van lucht en ijs steeds meer vaart en komt uiteindelijk tot stilstand.



- 6 Dat er een kracht nodig is om de bewegingsrichting van een voorwerp te veranderen, is goed te zien bij een kogelslingeraar. Hij moet een grote kracht uitoefenen om de kogel in zijn cirkelbaan te houden. Als hij de kabel met de kogel eraan loslaat, vliegt de kogel rechtdoor.



- 7 Hieronder is ons zonnestelsel schematisch getekend. De oranje bol aan de linkerkant stelt de zon voor. Daaromheen draaien de planeten, waaronder de aarde (de derde planeet van links).



- 8 Met een föhn kun je een pingpongballetje in de lucht laten zweven. De zwaartekracht omlaag en de kracht van de lucht omhoog heffen elkaar op (c).



Achtergrondinformatie

- a De zwaartekracht is een eigenschap van materie. Twee brokken materie trekken elkaar aan; hoe meer materie hoe groter de kracht. Bij gewone voorwerpen, bijvoorbeeld een kop en een schotel, is die kracht te klein om er iets van te merken. De aarde is een bol met een enorme massa (6.000.000.000.000.000.000.000 kg). Daardoor voelen we de kracht die de aarde op ons uitoefent heel goed.
- b Materie, bijvoorbeeld die van een plastic kam, bestaat uit moleculen. Dat zijn de kleinste deeltjes die nog de eigenschappen hebben van de stof waarvan de kam gemaakt is. Een molecuul bevat positief en negatief geladen deeltjes; het is elektrisch neutraal omdat het evenveel positieve als negatieve deeltjes bevat. Als de kam door het haar wordt gehaald, verdwijnt er een beetje lading van de kam naar het haar. De kam en de haren krijgen dan een tegengestelde elektrische lading. Tegengestelde ladingen trekken elkaar aan, ladingen van dezelfde soort stoten elkaar af. Metalen geleiden elektriciteit doordat negatief geladen deeltjes (elektronen) zich vrij in het metaal kunnen bewegen. Daardoor kan er een elektrische stroom lopen als er een batterij op het metaal wordt aangesloten. Bij isolatoren kan elektrische lading zich niet in de stof verplaatsen.
- c Het derde basisinzicht is niet compleet, maar moet eigenlijk luiden: 'Als de krachten op een voorwerp elkaar opheffen, is het voorwerp in rust of beweegt het met constante snelheid'. Het cursieve deel is niet makkelijk te begrijpen maar wellicht interessant voor de (heel) goede leerlingen. Belangrijk is dat er geen principiële verschil is tussen rust en een beweging met constante snelheid. Vaak weten we niet eens dat we bewegen: terwijl je op de bank naar de tv kijkt, draait de aarde om zijn as, beweegt de aarde om de zon, beweegt ons zonnestelsel in het melkwegstelsel, beweegt ... De volgende twee voorbeelden proberen een en ander te verduidelijken. Het meisje op de foto links (bladzijde 26) is uit een vliegtuig gesprongen en heeft haar parachute nog niet geopend. Op haar werken twee krachten: de zwaartekracht naar beneden en de wrijvingskracht van de lucht omhoog. Door de zwaartekracht valt ze steeds sneller naar beneden. Als haar snelheid groter wordt, wordt ook de wrijvingskracht van de lucht groter. Als de zwaartekracht en de wrijvingskracht even groot zijn, houdt de snelheidstoeename op: zij valt met constante snelheid.



Bij Indoor Skydive in Roosendaal wordt deze situatie perfect nagebootst: parachutisten oefenen daar dan ook het vallen zonder parachute (foto rechts). Van onderen wordt lucht met grote snelheid omhoog geblazen. Als je zweeft heffen, net als bij het met constante snelheid vallende meisje, de zwaartekracht en de kracht van de lucht elkaar op.

3.2.2 Energie

Basisinzichten

- *Brandstoffen, stromend water, wind en zon zijn energiebronnen. De mens gebruikt deze energiebronnen voor het opwekken van verschillende vormen van energie: beweging, licht, warmte en elektrische energie. Deze energievormen kunnen in elkaar omgezet worden.*
- *Brandstoffen leveren energie doordat bij de verbranding warmte vrijkomt. Hierbij ontstaan ook afvalstoffen.*
- *Warmte verplaatst zich van een plaats met hogere naar een plaats met lagere temperatuur. Dit gebeurt door straling, stroming of geleiding. Er bestaan goede en slechte warmtegeleiders. Een slechte warmtegeleider is een goede isolator.*
- *Voor smelten en verdampen is warmte nodig. Bij condenseren en stollen (bevriezen) komt warmte vrij.*

Uitwerking

- Eeuwenlang was de mens voor beweging en transport aangewezen op spierkracht (1) (a). De energie voor de werking van spieren wordt geleverd door brandstoffen in voedsel (b). Al vroeg in de geschiedenis wist de mens wind en stromend water als energiebron te gebruiken (2). Door de beheersing van het vuur gebruikte men op den duur ook brandstoffen als hout en mest voor het opwekken van energie. In de twintigste eeuw ontwikkelde men zonnecellen, waarbij de zon als energiebron gebruikt wordt. Met energiebronnen kan de mens verschillende vormen van energie opwekken: beweging, licht, warmte en elektrische energie. Met apparaten kan men deze energievormen in elkaar omzetten (c). Voor het omzetten van warmte in beweging gebruikte men eerst de stoommachine en later de verbrandingsmotor (3). Een dynamo zet beweging om in elektrische energie (4) en een elektromotor doet het omgekeerde. Een zonnepaneel met zonnecellen zet licht om in elektrische energie (5) en in een lamp wordt elektrische energie weer omgezet in licht (d).
- Belangrijke brandstoffen zijn hout, steenkool, aardgas en aardolie (e). Bij verbranding van brandstoffen komt de energie die in de brandstof zit vrij in de vorm van warmte en licht.

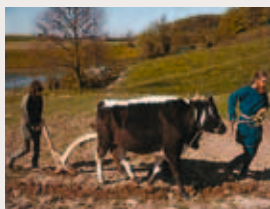
Omdat de voorraad brandstoffen (f) eindig is, moeten we er zuinig mee omspringen om er ook in de toekomst gebruik van te kunnen maken (6).

Bij verbranding worden ook afvalstoffen (g) geproduceerd die het milieu kunnen vervuilen (h). Ook daarom wordt geprobeerd minder brandstoffen te gebruiken en meer energie uit zon, wind en stromend water te halen (i). Deze energie is onbeperkt voorradig en levert geen afvalstoffen (7).

- Warmte verplaatst zich altijd van een plaats met hogere temperatuur naar een plaats met lagere temperatuur (j). Soms gebeurt dat via straling, zoals de warmte van de zon of van een houtvuur. Warmte kan zich ook verplaatsen via stroming van vloeistoffen (water) of gassen (lucht) of via geleiding, zoals door het metaal van een koekenpan of radiator. Voor warmteverplaatsing via straling is geen geleidende stof nodig. Om warmte te verplaatsen via stroming of geleiding heb je wel zo'n stof nodig. Er bestaan goede en slechte warmtegeleiders (8). Een slechte warmtegeleider kan nuttig zijn als je iets warm of juist koel wilt houden. Met een slechte warmtegeleider (en daardoor een goede isolator) kun je warmte-transport niet helemaal voorkomen, maar wel vertragen (9). Wanneer warmte zich verplaatst van een plaats met een hogere temperatuur, koelt deze plaats af (10). Warmtetransport is daarom ook belangrijk voor koeling (11).
- Om een vaste stof te laten overgaan in een vloeistof (smelten) of gas (k) is warmte nodig. Die warmte wordt geleverd door de omgeving (12). Hetzelfde geldt voor de overgang van vloeistof naar gas of damp (verdampen) (13) (l). De omgekeerde overgangen, van gas naar vloeibaar en van vloeibaar naar vast, heten respectievelijk condenser en stollen (bevriezen) (14). Hierbij wordt warmte aan de omgeving afgegeven. De temperatuur waarbij een vaste stof in vloeistof verandert, wordt het smeltpunt van de stof genoemd. De temperatuur, waarbij in de gehele vloeistof verdamping optreedt, heet het kookpunt. Het smeltpunt van ijs ligt bij 0 °C en het kookpunt van water bij 100 °C (m). Om temperaturen te meten, wordt vaak een vloeistofthermometer gebruikt (15) (n). In de thermometer zit een vloeistof die gelijkmatig uitzet bij verwarming en gelijkmatig inkrimpt bij afkoeling. Door het meten van de temperatuur weet men hoe warm of hoe koud het op een bepaalde plek is.

Voorbeelden

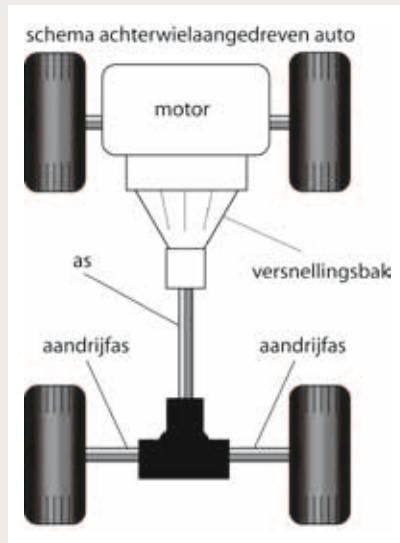
- 1 Het land werd eeuwenlang bewerkt door handarbeid van boeren, daarbij geholpen door ossen en paarden die de ploeg trokken. Voertuigen werden geduwd door mensen of getrokken door dieren.



- 2 Met behulp van wind- en watermolens werd energie uit wind en stromend water omgezet in beweging, zoals malen, zagen en roeren.



- 3 In de motor van een auto wordt benzine verbrand. De energie die vrijkomt zet een aandrijf-as in beweging.



- 4 Een (kleine) dynamo zit ook op de fiets. Een fiets-dynamo zet bewegingsenergie om in elektrische energie, waardoor het fietslicht brandt.



- 5 Deze raceauto heeft zonnepanelen en rijdt volledig op zonne-energie.



- 6 Sommige zuinige auto's rijden meer dan 20 km op één liter benzine. Een spaarlamp gebruikt veel minder energie dan een gloeilamp. Daarom mogen er na 1 september 2012 in Europa helemaal geen gloeilampen meer verkocht worden.



- 7 Zonne-energie, energie uit stromend water en windenergie worden groene energie (groene stroom/natuurstroom) genoemd.



- 8 Metalen zijn goede geleiders; slechte geleiders zijn hout, wol, kunststoffen en lucht.
- 9 Bij het verwarmen van een pan water op het vuur is de pan zelf van goed geleidend materiaal gemaakt en de handvatten van isolerend materiaal.



- 10 Als je een ijsblokje vastpakt, koelt je hand af doordat warmte van je hand naar het ijsblokje gaat, niet doordat er 'koude' van het ijsblokje naar je hand gaat.



- 11 Warmte gaat vanzelf van een plek met een hogere temperatuur naar een plek met een lagere temperatuur. Omgekeerd kost het energie. In een koelkast moet koelvloeistof warmte aan lucht in de koelkast onttrekken en aan de lucht buiten de koelkast afgeven (via buizen aan de achterkant van de koelkast). Deze koelvloeistof wordt rondgepompt en dat kost energie.



- 12 De warmte die zorgt voor smelten of verdampen kan geleverd worden door de zon, door vuur of een kookplaat, maar ook door andere dingen in de omgeving (zoals frisdrank waarin een blokje ijs smelt).

- 13 Verdamping neem je waar bij kokend water en bij het verdwijnen van water uit een glas dat je een tijdje laat staan.

- 14 Stollen kun je zien als een druppel kaarsvet op een tafel valt, of als water bevroert. Bij condenseren slaan kleine waterdruppeltjes neer op een koud voorwerp in een warme omgeving (bijvoorbeeld als je uitademt tegen een koude ruit).



- 15 Een voorbeeld van een vloeistofthermometer is een koortsthermometer. De vloeistof in een vloeistofthermometer is veelal gekleurde alcohol. Als de temperatuur stijgt, zet de alcohol uit. Als de temperatuur daalt, krimpt de alcohol in.



Achtergrondinformatie

- a Zie ook *Geschiedenis voor de basisschool*.
- b De energie die opgeslagen zit in brandstoffen wordt vaak met de soortnaam chemische energie aangegeven. Uiteindelijk is al deze energie een omzetting van zonne-energie (zie ook hoofdstuk 3 van de domeinbeschrijving Natuuronderwijs voor de basisschool, 2002).
- c Er kan vanwege de herkenbaarheid voor leerlingen gekozen worden voor dagelijks taalgebruik: voor 'elektriciteit' in plaats van 'elektrische energie'. Omdat deze paragraaf over energie gaat, is hier gekozen voor 'elektrische energie'.
- d Deze opsomming van energieomzettingen is niet uitputtend.
- e Steenkool, aardgas en aardolie noemt men fossiele brandstoffen.
- f Bedoeld worden hier fossiele brandstoffen; hout wordt namelijk voortdurend nieuw gevormd.
- g Behalve afvalstoffen komt er ook warmte vrij. Door lozing van koelwater in rivieren en meren stijgt de temperatuur van het water. Dit is nadelig voor de vissen in dat water.
- h Vervuiling vindt soms direct plaats, omdat bepaalde afvalstoffen giftig zijn of leiden tot luchtvervuiling en soms indirect, bijvoorbeeld omdat ze bijdragen aan het broeikaseffect. Zie voor milieuvervuiling ook *Aardrijkskunde voor de basisschool*.
- i De directe omzetting van zonne-energie en windenergie in elektrische energie is nog vaak te duur om op grote schaal de energie uit brandstoffen te vervangen.
- j Let op het verschil tussen 'warmte' en 'temperatuur', ook al wordt daar in de beschrijving niet expliciet op ingegaan: een naald die je even in een vlam houdt heeft een temperatuur (misschien wel 500 °C) die veel hoger is dan die van het water in een goed gevulde badkuip (bijvoorbeeld 40 °C), maar de hoeveelheid energie (warmte) in de naald is te verwaarlozen ten opzichte van die in het water; met de energie (warmte) die de naald kan afgeven, kun je een glas water nauwelijks een graad opwarmen.
- k De overgang van de vaste fase naar de gasvormige fase noemt men vervluchtigen. Van gasvormig naar vast heet sublimeren.
- l Een damp bestaat uit zeer kleine vloeistofdruppeltjes van het gas.
- m Het vastleggen van deze twee punten is een kwestie van definitie door Celsius. Op de schaal van Fahrenheit ligt het smeltpunt van water bij 32 graden Fahrenheit en het kookpunt bij 212 graden Fahrenheit.
- n Tot voor kort gebruikte men als vloeistof vooral kwik. Kwik is echter een giftige stof, daarom zien we tegenwoordig andere vloeistoffen in thermometers.

3.2.3 Licht en kleur

Basisinzichten

- *Licht is straling die met de ogen is te zien. Licht ontstaat in lichtbronnen. Voorwerpen weerkaatsen licht. Daardoor zijn ze voor mensen zichtbaar.*
- *Het witte licht van de zon is opgebouwd uit een groot aantal kleuren. Een kleurenfilter houdt bepaalde kleuren tegen en laat andere kleuren door. Hierdoor verandert de kleur van het licht.*
- *Schaduw ontstaat als een ondoorzichtig voorwerp licht onderbreekt. De grootte van de schaduw hangt onder andere af van de afstand van het voorwerp tot de lichtbron.*

Uitwerking

- Licht is straling die met de ogen te zien is, oftewel zichtbare straling (a). In lichtbronnen ontstaat licht door omzetting van andere energievormen (1), zoals elektriciteit (b) of een brandstof (2). Licht maakt de dingen zichtbaar. De zon is de belangrijkste lichtbron: de wereld rondom is overdag zichtbaar doordat zonlicht via voorwerpen naar de ogen weerkaatst (c).
- Wit licht, zoals zonlicht, is opgebouwd uit een groot aantal kleuren. Die kleuren zijn te zien in een regenboog. Een regenboog ontstaat als zonlicht door regendruppels valt. Het witte licht van de zon wordt door de druppels opgesplitst in de afzonderlijke kleuren (3). Met een kleurenfilter verandert de kleur van voorwerpen doordat het filter alleen licht van bepaalde kleur(en) doorlaat. Door een filter voor een witte lamp te zetten, maakt men licht van de gewenste kleur en krijgen de voorwerpen die er door worden verlicht een andere kleur (4) (d).
- Als een ondoorzichtig voorwerp lichtstralen onderbreekt, ontstaat een schaduw (5). De schaduw bevindt zich altijd aan de andere kant van het voorwerp dan de lichtbron en verplaatst zich als de lichtbron of het voorwerp zich verplaatst. De schaduw wordt kleiner als de afstand tussen lichtbron en voorwerp toeneemt. Maar de grootte van een schaduwbeeld hangt ook af van de afstand tussen het voorwerp en het vlak waarop de schaduw zichtbaar is (6).

Voorbeelden

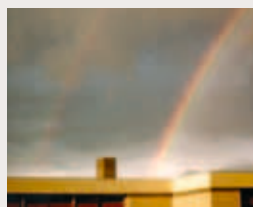
- 1 Door verbranding van gas of het verhitten van de gloeidraad in een gloeilamp ontstaat licht.



- 2 Spaarlampen, tl-buizen en kaarsen zijn lichtbronnen binnenshuis.

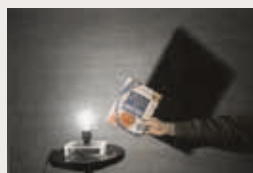


- 3 In een regenboog zie je alle kleuren van rood tot violet. Edelstenen hebben hetzelfde effect als regendruppels en laten ook vele kleuren zien als er wit licht op valt.



- 4 Met een roodfilter voor een witte lamp wordt alleen rood licht doorgelaten. In rood licht zien alle rode en witte voorwerpen er rood uit en alle andere voorwerpen zwart.

- 5 Het boek onderbreekt de lichtstralen. Daardoor zie je de schaduw van het boek op de muur.



- 6 Als je bij voorbeeld 5 het boek naar de lamp toe beweegt, wordt de schaduw op de muur groter.

Achtergrondinformatie

- a Er bestaat ook onzichtbare straling, bijvoorbeeld ultraviolette straling en infraroodstraling.
- b Hier en verder in dit hoofdstuk kiezen we voor dagelijks taalgebruik en dus voor 'elektriciteit' in plaats van 'elektrische energie'. Zie voor elektriciteit ook paragraaf 3.2.4.
- c Waarschuwing: rechtstreeks naar de zon kijken is schadelijk voor de ogen.
- d Een roodfilter laat alleen rood licht door en absorbeert de andere kleuren licht.

3.2.4 Elektriciteit

Basisinzichten

- *Elektriciteit wordt opgewekt in elektriciteitscentrales. Accu's en batterijen leveren ook elektriciteit.*
- *Als een spanningsbron wordt aangesloten op een geleidende kring gaat er een elektrische stroom lopen. Hoe groter de spanning, des te groter de elektrische stroom in de kring.*
- *Er zijn materialen die elektrische stroom goed geleiden en materialen die elektrische stroom slecht geleiden.*
- *Als er een (veel) te grote elektrische stroom door een stroomkring loopt, spreken we van kortsluiting. Kortsluiting zorgt soms voor sterke verwarming van de draden en kan brand tot gevolg hebben. Een zekering in de stroomkring onderbreekt een te grote elektrische stroom.*

Uitwerking

- Elektriciteit wordt met behulp van een grote dynamo (generator) in een elektriciteitscentrale opgewekt (1). Elektriciteit kan door kabels naar elke wenselijke plek vervoerd worden (2). Elektriciteit kan ook geleverd worden door een accu of een batterij. Elektriciteit kan met behulp van een elektromotor omgezet worden in beweging (a). Veel apparaten zijn met een elektromotor uitgerust (3).
- Als men een spanningsbron aansluit op een geleidende kring gaat er een elektrische stroom lopen. De spanningsbron samen met de gesloten geleidende kring heet stroomkring. Met een schakelaar kan men de elektrische stroom in de stroomkring in- en uitschakelen: bij het inschakelen wordt de stroomkring gesloten en kan de lamp branden of het elektrische apparaat werken. Bij het uitschakelen wordt de stroomkring onderbroken en gaat de lamp uit of valt het apparaat stil.
Door meerdere batterijen op de juiste wijze in serie te schakelen, krijgt de spanningsbron een grotere spanning (b). Wanneer de spanning van een spanningsbron toeneemt, zal de stroom die in de stroomkring loopt (c) ook toenemen en zullen lampjes in de stroomkring feller branden of zal de motor van een apparaat sneller draaien (4).
- Voor een stroomkring zijn goede geleiders nodig. Metalen zijn goede stroomgeleiders en worden daarom gebruikt in stroomdraden en in gloeidraden van lampjes (5). Slecht geleidende materialen, vaak van kunststof, gebruikt men om de elektriciteit in de stroomkring te houden: ze vormen het omhulsel van de stroomdraad en de behuizing van elektrische apparaten (6).

- Als er een (veel) te grote stroom door een stroomkring loopt, kunnen de stroomdraden sterk verhit raken. We spreken dan van kortsluiting (7) (d). Bij gebruik van een sterke spanningsbron, zoals de netspanning in huizen of een autoaccu, kan kortsluiting brand veroorzaken. Een zekering in de stroomkring dient om bij een te grote stroom de stroomkring te onderbreken. Een veel voorkomend type zekering, de 'stop' (8), bevat een dun draadje dat bij een te hoge stroomsterkte doormelt en zo voor onderbreking van de stroomkring zorgt. Op een zekering staat altijd vermeld hoeveel stroom er op zijn hoogst doorheen kan lopen.

Voorbeelden

- 1 In Nederlandse elektriciteitscentrales wordt elektriciteit vooral geproduceerd uit steenkool en aardgas.



Er zijn ook windmolenparken en waterkrachtcentrales.



- 2 Via hoogspanningsmasten, ondergrondse kabels en snoeren wordt elektriciteit vervoerd.



- 3 Mixers, stofzuigers, (af)wasmachines en boormachines zijn uitgerust met een elektromotor.



- 4 Met een transformator regel je de spanning en daarmee de snelheid waarmee een speelgoedtreintje rijdt.



- 5 In stroomdraden wordt meestal koper gebruikt en voor de gloeidraden in lampen wolfram. Ook de koolstof in een potlood en (zout) water zijn goede stroomgeleiders.



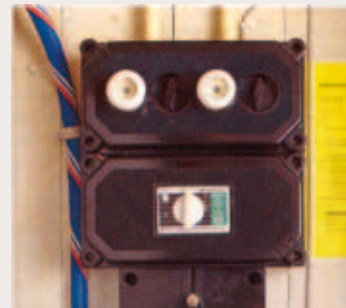
- 6 Papier, hout en kunststof zijn goede isolatoren. Voor de isolatie van stroomdraden en elektrische apparaten wordt meestal kunststof gebruikt.



- 7 Als je bij het snoeien van de heg met een elektrische heggenschaar per ongeluk het elektriciteitsnoer doorknipt, ontstaat kortsluiting.



- 8 In de witte knoppen zitten zekeringen ('stoppen').



Achtergrondinformatie

- a Zie ook paragraaf 3.2.2 van dit hoofdstuk.
- b Men kan deze spanning berekenen door de spanning van de afzonderlijke batterijen bij elkaar op te tellen.
- c De netspanning is veel hoger (230 V) dan die van een batterij (1,5 V of 4,5 V) en levensgevaarlijk om proeven mee te doen. Wanneer door aanraking van stroomdraden de stroomkring gesloten wordt, kan netspanning een gevaarlijke 'elektrische schok' veroorzaken.
- d De oorzaak van kortsluiting is vaak een verkeerde montage of een beschadigd elektriciteitsnoer, waardoor stroomdraden met elkaar in contact komen.

3.2.5 Zinken, zweven en drijven

Basisinzichten

- *Op alle voorwerpen werkt een kracht naar de aarde toe: de zwaartekracht. Als een voorwerp in water ondergedompeld wordt, werkt er behalve de zwaartekracht naar beneden ook een kracht omhoog: de opwaartse kracht.*
- *Als de opwaartse kracht groter is dan de zwaartekracht, zal een voorwerp in het water gaan drijven. Als de opwaartse kracht even groot is als de zwaartekracht, zweeft het voorwerp in het water. Als de opwaartse kracht kleiner is dan de zwaartekracht, zal het voorwerp zinken.*
- *Hoe meer water het voorwerp verplaatst, des te groter is de opwaartse kracht op het voorwerp.*

Uitwerking

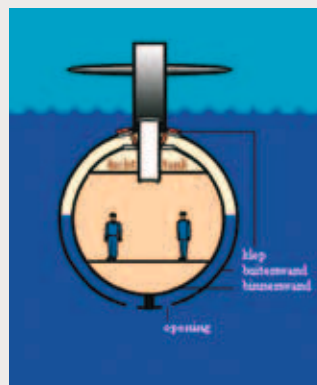
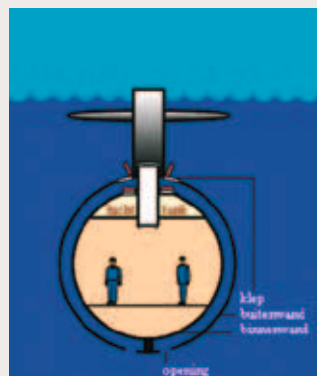
- De kracht waarmee een voorwerp door de aarde wordt aangetrokken heet de zwaartekracht (zie paragraaf 3.2.1). Hoe groter het gewicht (a) van een voorwerp is, des te groter de zwaartekracht die er op werkt (b). Door de zwaartekracht valt elk voorwerp dat men optilt en weer loslaat. Deze kracht werkt overal op aarde, ook op een voorwerp in water. In water werkt nog een andere, omhoog gerichte kracht op het voorwerp: de opwaartse kracht (c). Deze opwaartse kracht kan de zwaartekracht (gedeeltelijk) opheffen: een voorwerp weegt onder water altijd minder dan in de lucht (d) (1).
- Of een voorwerp dat in het water wordt gegooid, zinkt of blijft drijven, hangt van de grootte van beide krachten af. Als de zwaartekracht groter is dan de opwaartse kracht, zal het voorwerp zinken. Als beide krachten even groot zijn, blijft het voorwerp in het water zweven op de plaats waar het losgelaten wordt. Een in het water zwevend voorwerp is gewichtloos. Als de opwaartse kracht groter is dan de zwaartekracht zal het voorwerp dat je onder water los laat, opstijgen. Het zal tot rust komen in een toestand waarin het voor een deel boven het water uitsteekt: het voorwerp drijft (2).
- De opwaartse kracht in water wordt bepaald door de hoeveelheid water die het voorwerp verplaatst (e). Hoe meer water een voorwerp verplaatst, des te groter is de opwaartse kracht (3).
Als men een voorwerp geleidelijk aan in water laat zakken, wordt de opwaartse kracht steeds groter totdat het voorwerp geheel ondergedompeld is. Eenmaal onder water verandert de opwaartse kracht niet meer (4).

Voorbeelden

- 1 Dankzij de opwaartse kracht slagen veel kinderen erin een volwassene in het zwembad op te tillen.
- 2 Een ijsberg steekt ongeveer 10% boven het water uit, 90% zit onder water. Dit geldt ook voor ijsklontjes in een glas water.
- 4 Een onderzeeboot zinkt door water in grote tanks te laten lopen. De boot stijgt door lucht in de tanks te pompen. De lucht verdrijft het water uit de tanks en maakt de boot lichter, waardoor de zwaartekracht afneemt. Als de boot helemaal onder water is, is de opwaartse kracht in beide situaties gelijk.



- 3 Een massief aluminium blokje zal zinken in water, een even zwaar aluminium bootje kan blijven drijven.



Achtergrondinformatie

- a Hier is gekozen voor de voor leerlingen herkenbare term 'gewicht', terwijl dat feitelijk 'massa' zou moeten zijn. In het dagelijks leven worden massa en gewicht door elkaar gebruikt: beide worden in kilogram aangegeven. Natuurkundig is er echter verschil tussen massa en gewicht omdat gewicht een kracht is (uitgedrukt in Newton). Gewicht is de kracht waarmee een voorwerp duwt op het contactvlak waarop het ligt. Massa geeft aan hoeveel je van het voorwerp hebt (in kg).
Voorbeeld: een pak suiker van 1 kilogram heeft op de maan ook een massa van 1 kilogram, maar zijn gewicht is daar veel kleiner dan op aarde. Dat komt omdat de zwaartekracht op de maan kleiner is dan op aarde.
- b Zwaartekracht wordt uitgedrukt in Newton (N). Op een kilogram suiker bijvoorbeeld werkt op aarde een zwaartekracht van (ongeveer) 10 N.
- c Ook in lucht werkt een opwaartse kracht op voorwerpen: zie de wet van Archimedes in achtergrondinformatie (e) en vervang daar 'vloeistof' door 'lucht'.

- d Het is gemakkelijker om een steen onder water vast te houden dan in de lucht. Het gewicht van een voorwerp onder water is gelijk aan de zwaartekracht op het voorwerp, verminderd met de opwaartse kracht.
- e De opwaartse kracht hangt af van de dichtheid van de vloeistof, dus van de soort vloeistof. De wet van Archimedes geeft aan hoe het zit: de opwaartse kracht die op een voorwerp in een vloeistof werkt is gelijk aan het gewicht van de verplaatste vloeistof.

3.2.6 Lucht

Basisinzichten

- *Lucht bestaat uit een mengsel van verschillende gassen.*
- *Lucht neemt ruimte in en oefent druk uit. Als lucht in een ruimte wordt gepompt, neemt de druk toe. Als lucht wordt weggezogen uit een ruimte, daalt de druk. Als alle lucht uit een ruimte is weggezogen, ontstaat vacuüm. Wind is een verplaatsing van lucht als gevolg van verschillen in luchtdruk.*
- *Lucht kan bij verwarming uitzetten en opstijgen. Lucht kan bij afkoeling inkrimpen en dalen.*

Uitwerking

- Rond de aarde bevindt zich een luchtlaag van enkele kilometers dik. Lucht is een mengsel van verschillende gassen, waaronder zuurstof (a). Door inademen wordt zuurstof opgenomen. Zuurstof is nodig voor het verbranden van brandstoffen (b).
- Lucht kun je niet zien of ruiken. Dat lucht niet niks is, is op verschillende manieren aan te tonen. Lucht biedt weerstand als mensen of voertuigen zich verplaatsen (1). Lucht neemt ruimte in en oefent druk uit. Dat is merkbaar als lucht wordt samengeperst of meer lucht in een ruimte wordt gepompt: de druk neemt dan toe (2). Als lucht uit een afgesloten ruimte wordt weggezogen, daalt de druk. Als alle lucht uit een ruimte weggezogen is, is de ruimte luchtledig en spreekt men van een vacuüm (3) (c).
Wind is een gevolg van het verschil in luchtdruk tussen plaatsen op aarde. Lucht stroomt van plaatsen met hogere naar plaatsen met lagere luchtdruk. Hoe groter het verschil in luchtdruk, des te harder het waait. Bij zeer grote verschillen in luchtdruk op korte afstand kunnen zware stormen of orkanen ontstaan.
- Lucht die verwarmd wordt, zet uit en wordt lichter. De lichtere warme lucht zal in de omringende koudere lucht opstijgen. Dit verklaart de opstijgende lucht boven een radiator of boven land verwarmd door felle zon. Lucht die afkoelt krimpt in. Koude lucht is zwaarder dan de omringende warmere lucht en zal dus dalen. In een afgesloten ruimte stijgt de druk bij verwarming van de lucht en daalt de druk bij afkoeling (4).

Voorbeelden

- 1 Bij het fietsen is merkbaar dat lucht weerstand biedt.



- 2 Bij het oppompen van een fietsband neemt de druk in de band toe.



- 3 Levensmiddelen, zoals kaas, koffie of vleeswaren, worden vacuüm verpakt om bederf te voorkomen.



- 4 Als een fietsband lang in de volle zon staat, kan de druk in de band zo hoog worden dat de band klappt. Als een ballonvaarder de brander aanzet, wordt de lucht in de ballon verwarmd en stijgt de ballon.



Achtergrondinformatie

- a De belangrijkste bestanddelen van lucht zijn stikstof (ongeveer 78%), zuurstof (ongeveer 20%) en kooldioxide (ongeveer 1,3%). Zuurstof en kooldioxide spelen een rol bij de ademhaling van organismen (zie hoofdstuk 3, met name paragraaf 3.3 van de domeinbeschrijving *Natuuronderwijs voor de basisschool*, 2002)
- b Zie paragraaf 3.2.2 van deze domeinbeschrijving (en paragraaf 3.1 uit de domeinbeschrijving *Natuuronderwijs voor de basisschool*, 2002).
- c In het heelal heerst bij benadering een vacuüm.

3.2.7 Geluid

Basisinzichten

- *Geluid ontstaat doordat de trilling van een voorwerp zich door de omringende lucht verplaatst.*
- *Geluid verplaatst zich in allerlei materialen. De geluidssnelheid is in elk materiaal anders.*
- *Geluiden kunnen verschillen in toonhoogte en geluidsterkte. Hoe sneller de geluidsbron trilt, des te hoger de toon. Hoe groter de uitwijking van de trillende delen van de geluidsbron, des te harder het geluid is. Te harde geluiden kunnen het gehoor beschadigen.*

Uitwerking

- Geluid ontstaat als trillingen of bewegingen van voorwerpen de omringende lucht aan het trillen brengt. Deze trillingen verplaatsen zich in de lucht. Als ze het oor bereiken, kunnen ze waargenomen worden (a).
De stembanden van de mens maken bij het spreken geluid doordat de stembanden en de mond lucht in trilling brengen. In muziekinstrumenten ontstaat geluid onder andere door te blazen, een snaar te laten trillen (1) of op een vel te slaan.
Motoren maken geluid doordat draaiende onderdelen of explosies de lucht in trilling brengen. In een geluidsinstallatie ontstaat geluid doordat een luidspreker in trilling wordt gebracht (2).
- Geluid heeft een stof nodig om zich te kunnen verplaatsen van de geluidsbron naar het oor. Dat kan lucht zijn, maar ook een vaste stof of een vloeistof. In vacuüm kan geluid zich niet verplaatsen. Geluid beweegt in lucht met een snelheid van ongeveer 340 meter per seconde. In vaste stoffen en vloeistoffen is de snelheid veel groter (3).
- Geluiden kunnen verschillen in toonhoogte. Naarmate een geluidsbron minder trillingen per seconde maakt, hoort men lagere tonen en omgekeerd (b). Soms zijn tonen zo laag of zo hoog dat ze niet door mensen gehoord kunnen worden (4). Oudere mensen kunnen vooral de hogere tonen minder goed horen dan jongere mensen. Geluiden kunnen ook verschillen in geluidsterkte: hard en zacht (c). De sterkte van geluid wordt bepaald door de uitwijking van de trillende delen van de geluidsbron, bijvoorbeeld de snaren van een gitaar of de luidspreker in een geluidsinstallatie. Een kleine uitwijking zorgt voor een zacht geluid, een grote uitwijking voor een hard geluid. Naarmate men verder van de geluidsbron verwijderd is, neemt de geluidsterkte af. Mensen die te lang aan lawaai zijn blootgesteld of te lang naar harde muziek luisteren, kunnen blijvende gehoorschade oplopen. Door gebruik te maken van een stof die de trillingen dempt, kan geluidshinder voorkomen worden (5).

Voorbeelden

- 1 Een harp is een voorbeeld van een snaarinstrument. Snaren die je aanslaat gaan trillen en brengen de omringende lucht in trilling.



- 2 Bij harde lage tonen is de trilling van de luidspreker duidelijk te voelen.



- 3 In vaste stoffen is het geluid ongeveer vijf maal zo snel als in lucht.

- 4 De hoge toon van een hondenfluitje kunnen honden wel en mensen niet horen.



- 5 Trillingen worden gedempt door een zachte vloerbedekking of door oordoppen.



Achtergrondinformatie

- a Zie ook paragraaf 2.2 van de domeinbeschrijving *Natuuronderwijs voor de basisschool*, 2002.
- b Om het aantal trillingen per seconde aan te geven gebruikt men de grootte 'frequentie'. De eenheid voor frequentie is Hertz (Hz). $1 \text{ Hz} = 1 \text{ trilling per seconde}$. Kinderen kunnen geluiden horen met frequenties tussen de 20 en 20.000 Hertz.
- c Geluidssterkte wordt uitgedrukt in decibel (dB). Voorbeelden: 40 dB: geluid van een koelkast op 1 meter afstand; 110 dB: geluid van een betonboor op 1 meter afstand; 140 dB: pijngrens.

3.2.8 Magnetisme

Basisinzichten

- *Magneten trekken voorwerpen aan waar ijzer in zit. Een magneet werkt door stoffen heen.*
- *Een magneet heeft twee polen, een noordpool en een zuidpool. De aantrekkingskracht van een magneet ontbreekt in het midden van de magneet en is het grootste bij de polen.*
- *Een kompasnaald is een magneet die altijd naar het noorden wijst.*

Uitwerking

- Een magneet trekt voorwerpen aan waarin ijzer is verwerkt (1) (a). Als een ijzeren voorwerp langere tijd bij een magneet ligt, wordt het zelf ook een beetje magnetisch. Als de afstand tot de magneet groter wordt, vermindert de kracht. De aantrekkingskracht van de magneet dringt door een laagje hout, papier of glas heen (2).
- Een magneet heeft twee polen, een noordpool en een zuidpool. Aan de polen is de krachtwerking van de magneet het sterkst, in het midden het zwakst (3). Als men twee magneten bij elkaar houdt, stoten gelijke polen elkaar af en trekken verschillende polen elkaar aan (4).
- Een belangrijke toepassing van magneten is te vinden in het kompas. In een kompas zit een lichte magneet in de vorm van een naald. Deze naald kan soepel om een verticale as draaien wanneer het kompas horizontaal wordt gehouden. De kompasnaald wijst in noordelijke richting (b) en is daardoor een hulpmiddel bij het oriënteren in een onbekend gebied (5). De werking van een kompas berust op het gegeven dat de aarde zelf als een grote magneet werkt met een magnetische noord- en zuidpool.

Voorbeelden

- 1 Munten van € 0,02 of € 0,05 kun je met een magneet oppakken.

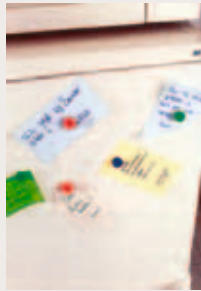
- 2 Door gebruik te maken van magneten kan de zijde van een ruit die moeilijk bereikbaar is (bijvoorbeeld van een aquarium of een hoge flat) toch schoongemaakt worden.



- 3 Als je met een magneet spijkers opdraapt, blijven ze aan de uiteinden van de magneet hangen.



- 4 Toepassingen van (permanente) magneten zijn onder andere te vinden bij sluitingen van kastjes, bij het koppelen van speelgoedtreintjes en bij memoborden.



- 5 Omdat op een kaart altijd het noorden aangegeven is, kan men met de combinatie kaart en kompas te weten komen welke richting men moet inslaan.



Achtergrondinformatie

- a Een magneet trekt ook voorwerpen aan die van nikkel of kobalt zijn gemaakt. Permanente magneten zelf zijn vaak gemaakt van aluminium, nikkel en kobalt.
- b De aardrijkskundige pool (Noordpool) valt niet samen met de magnetische pool. De magnetische pool ligt in het uiterste noorden van Canada. Hierdoor is er een hoek tussen de aardrijkskundige noordrichting en de richting van de kompasnaald.

4 Technik

4 Techniek

4.1 Aanpassingen

Uit de discussies in de resonansgroep kwamen de volgende voorstellen tot aanpassing van de domeinbeschrijving en handhaving van onderdelen naar voren:

- Kennis van gereedschappen behoort op zich niet tot de kern van het onderwijs in techniek. Het zijn middelen waarmee men ontwerpen en producten probeert te realiseren. De vaardigheid om op de juiste wijze met gereedschap en materialen om te gaan, wordt daarom beschouwd als afgeleide kennis die men al doende leert. Omdat het succes van het maken van producten in grote mate afhangt van het goed kunnen gebruiken van gereedschap is als bijlage een lijst van bij het basisonderwijs passende gereedschappen opgenomen (bijlage 2). Het is dus niet de bedoeling dat leerlingen al deze gereedschappen leren gebruiken, maar alleen voor zover deze gereedschappen toevallig in een gekozen techniekopdracht nodig zijn bij het maken van een product.
- Het domein Energiebronnen en energieomzettingen wordt geschrapt; het komt bij de domeinbeschrijving natuurkunde voldoende aan de orde (zie paragraaf 3.2.2).
- Kennis over de relatie tussen techniek en samenleving is geïntegreerd in de vakken aardrijkskunde, geschiedenis en natuuronderwijs (zie *Wereldoriëntatie voor de basisschool*). Aparte aandacht daarvoor binnen een domeinbeschrijving techniek is niet nodig. Wel kan vanuit opdrachten techniek gerefereerd worden aan leerstof in het leergebied wereldoriëntatie, waaruit blijkt welke maatschappelijke implicaties bepaalde technische ontwikkelingen hebben, of hebben gehad. Zo kan men bijvoorbeeld bij een opdracht om met behulp van lampjes en batterijen verlichting aan te brengen in een poppenhuis aanleiding vinden om in te gaan op de geschiedenis van de invoering van elektriciteit in de samenleving van de 19e eeuw of op het toepassen van duurzame energie zoals bij lantaarnpalen met zonnepanelen. En zo kan het timmeren van een nestkastje aanleiding zijn om in te gaan op de bouw en het gedrag van vogels.
- Door de toename van het gebruik van geautomatiseerde systemen in het dagelijkse leven worden leerlingen daar ook meer mee geconfronteerd. Het principe van eenvoudige geautomatiseerde systemen is volgens de resonansgroep goed uit te leggen op het niveau van de basisschoolleerlingen. Ook het ontwerp van zo'n systeem ligt met behulp van eenvoudige middelen binnen het bereik van het onderwijs op de basisschool. Er zullen voorbeelden met een toelichting worden opgenomen die de leraar kan gebruiken bij de behandeling van dit onderwerp.

Wegend en concluderend komt de resonansgroep tot de volgende **kennisinhouden** die competentiebevorderend zijn voor techniek:

- 1 Eigenschappen van materialen en onderdelen
- 2 Constructies en verbindingen
- 3 Overbrengingen
- 4 Geautomatiseerde systemen

4.2 Domeinbeschrijving techniek

4.2.1 Eigenschappen van materialen en onderdelen

Basisinzichten

- *Er zijn verschillende materialen. Een globale indeling onderscheidt: metalen, hout, kunststoffen (plastics), glas en textiel.*
- *Eigenschappen van materialen en onderdelen die een rol spelen bij het ontwerpvoorstel kunnen zijn: dichtheid, sterkte, buigzaamheid, weerstand tegen weersinvloeden, warmtegeleiding, smeltpunt, stroomgeleiding, magnetische eigenschappen, uiterlijk, prijs, beschikbaarheid, duurzaamheid en verbindingsmogelijkheden.*
- *Eigenschappen van materialen en onderdelen die een rol spelen bij het maken van een product/prototype kunnen zijn: bewerkbaarheid, gedrag ten aanzien van verhogen/verlagen van temperatuur (thermoplasten/thermoharders) en besturingsmogelijkheden.*

Uitwerking

- De meeste metalen geleiden de elektrische stroom en ook de warmte goed. Koper is de beste warmtegeleider en is ook een goede stroomgeleider. Zilver en goud geleiden stroom en ook warmte nog beter, maar zijn ook veel duurder. Hout, kunststoffen en glas geleiden elektrische stroom en warmte niet goed. Dat zijn isolatoren voor elektrische stroom en warmte.
- Bij het maken van een ontwerpvoorstel is het van belang dat de juiste materialen op de juiste plek en voor het juiste onderdeel worden gekozen.
Bij het ontwerpen van een ladder (1) is het belangrijk dat de ladder niet te zwaar wordt. Daarom kiest men voor een materiaal met een kleine dichtheid, dus een licht materiaal. Toch moet de ladder ook sterk en buigzaam zijn. Een buigzame ladder zal minder snel breken (vergelijk het met een rietstengel). Bovendien moet hij liefst buiten kunnen liggen en dus niet roesten of rotten.
Bij het ontwerp van een fluitketel (2) zijn juist de eigenschap om warmte te geleiden en het smeltpunt van het materiaal van belang. De fluitketel moet niet smelten door de gasvlam, dus het smeltpunt van het materiaal moet hoog zijn. Bij een (elektrische) schroevendraaier is het handig als de schroef aan het uiteinde van de schroevendraaier blijft zitten. Daarom is dit deel van de schroevendraaier van ijzer, zodat het magnetisch kan worden gemaakt en daardoor de schroef vasthoudt (3).
Bij het ontwerp van speelgoed (4) spelen de designeisen een grote rol: hoe het eruit ziet, hoe het voelt en wat de voorkeur is van een bepaalde doelgroep.
- Bij de productie van een ontwerp is het van belang hoe gemakkelijk het materiaal te bewerken is. Als het van hout, papier of textiel (5) gemaakt kan worden, dan scheelt dat in de bewerkingskosten en dus in de productiekosten. Machines om metalen te bewerken zijn veel duurder. Als het ontwerp geproduceerd wordt uit onderdelen, dan is het belangrijk te weten hoe de verbindingen gemaakt kunnen worden: is het materiaal waaruit de onderdelen bestaan te lassen, te solderen, aan elkaar te smelten, of moeten er andere verbindingen bijvoorbeeld met pen en gat of schroeven gemaakt worden (6)? Bij de keuze voor onderdelen in een ontwerp kan bijvoorbeeld rekening gehouden worden met de mogelijkheid van besturing op afstand.

Voorbeelden

- 1 Een ladder moet licht, sterk, buigzaam zijn en niet roesten. Daarom wordt hij tegenwoordig meestal van aluminium gemaakt.



- 2 Een fluitketel waarin het water wordt verwarmd door een gasvlam, moet goed en snel de warmte van de vlam doorgeven aan het water. Metalen zijn goede warmtegeleiders, dus worden deze ketels meestal van roestvast staal of aluminium gemaakt. Ook de eis dat de ketel niet mag roesten, is belangrijk.



- 3 Bij een (elektrische) schroevendraaier is het uiteinde magnetisch.



- 4 Bij het ontwerp van speelgoed moet sterk rekening worden gehouden met de doelgroep. Sommige mensen willen plastic speelgoed, anderen willen meer traditioneel houten speelgoed.



- 5 Bij het maken van een product of een prototype, is het belangrijk welke productiemiddelen je hebt. Soms is het gebruik van hout te verkiezen boven andere materialen omdat het gemakkelijker te bewerken is. Het poppenhuis op de foto en de trapjes naar de verdiepingen zijn van hout gemaakt.



- 6 De soort verbindingen is sterk afhankelijk van de keuze van de materialen. Hout kun je niet lassen, wel lijmen of verbinden met pen en gat. Ook het poppenhuis van voorbeeld 5 heeft pen-gat verbindingen.



Metalen zijn met moderne lastechnieken op allerlei manieren aan elkaar te bevestigen, zoals hier: het lassen van een fietsframe.



4.2.2 Constructies en verbindingen

Basisinzichten

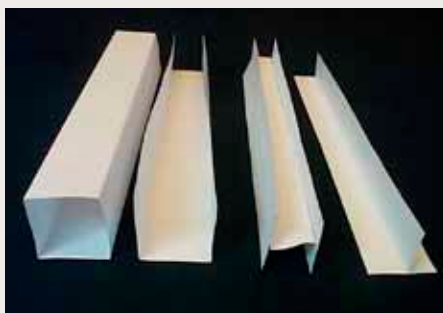
- *Met profielen kunnen sterke en toch lichte constructies gemaakt worden.*
- *Constructies worden steviger met driehoeken, bogen of door in verband te bouwen. Constructies worden stabiel door de onderkant breed of zwaar te maken.*
- *Door verbindingen worden onderdelen aan elkaar bevestigd tot een groter geheel. Er zijn verbindingen waarbij de onderdelen weer ontkoppeld kunnen worden en andere waarbij dat moeilijk of niet meer gaat.*

Uitwerking

- Constructies moeten meestal sterk, stijf en toch licht zijn. Daarvoor maakt men gebruik van profielen. Profielen zijn gemaakt van metaal, papier of kunststof. Ze hebben een H-, L-, T-, U-, V-buisvorm of ze zijn geribbeld (1).
- Constructies worden steviger door het gebruik van driehoeken of bogen. De driehoek is in tegenstelling tot de vierhoek een starre, niet te vervormen constructie (2). Een boogvorm kan meer druk opvangen dan een rechte vorm en maakt daardoor een constructie steviger (3). Bouwwerken worden steviger door de bouwstenen in verband te plaatsen (4). Constructies staan stabiel als ze een brede of zware basis hebben (5). Een brede of zware basis voorkomt dat een constructie omvalt. Stabiliteit is niet hetzelfde als stevigheid: een constructie kan stevig zijn en niet stabiel staan (dus gemakkelijk omvallen), of stabiel staan en niet stevig zijn (dus gemakkelijk 'in elkaar zakken'). Constructies worden soms met kabels op hun plaats gehouden (6).
- Bij constructies zijn verbindingen belangrijk. Er zijn verbindingen waarbij de onderdelen weer ontkoppeld kunnen worden. Zulke verbindingen komen tot stand doordat de vorm van twee onderdelen op of in elkaar passen (7) of door de onderdelen met schroeven, bouten en moeren, of splitpenen aan elkaar vast te maken. Verbindingen die stevig én makkelijk met de hand los te maken zijn, zijn bijvoorbeeld verbindingen met een vleugelmoer of een grote dop op de kop (8). Verbindingen die bedoeld zijn om onderdelen permanent te verbinden en die niet of slechts met moeite weer ongedaan gemaakt kunnen worden, zijn verbindingen van lijm, specie, soldeertin, naaigaren en spijkers. Vaak is het belangrijk dat een verbinding beweging tussen de onderdelen mogelijk maakt. Bij zulke verbindingen worden bijvoorbeeld scharnieren gebruikt of kogellagers (9).

Voorbeelden

- 1 Constructies kunnen steviger worden gemaakt door te vouwen tot profielen of op te rollen tot buizen.



- 2 Bij een kraan worden driehoekige vakwerkelementen gebruikt, waardoor de hijsmast licht en toch stevig is.



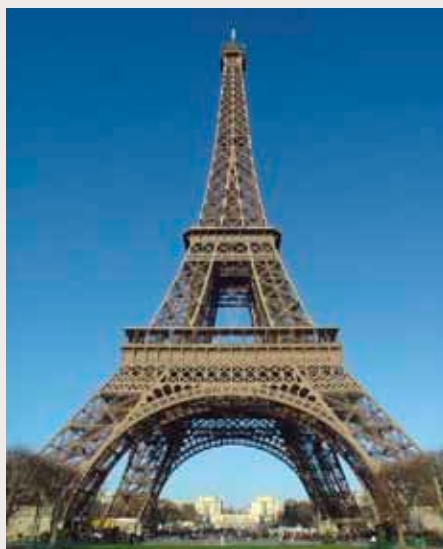
- 3 Constructie die door een boogvorm stevig is: brug.



- 4 Metselwerk gaat altijd in verband. Daardoor is een muur stevig.



- 5 De Eiffeltoren staat stabiel door de brede onderkant.



- 6 Steunkabels houden de bovenleiding van de tram omhoog. Scheerlijnen houden de tent goed gespannen en op zijn plaats.



- 7 Vormverbindingen zijn bijvoorbeeld: legpuzzel, rits, schoenveter, kroonkurk, klittenband en Legostenen.



- 8 Verbindingen die stevig moeten zijn en toch met de hand los gedraaid kunnen worden. Een figuurzaag-beugel heeft vleugelmoeren die je gemakkelijk los en vast kunt draaien. Een handdouche kun je in hoogte verstellen door de knop los en op de juiste hoogte weer vast te draaien.



- 9 Een scharnier maakt beweging tussen onderdelen mogelijk. Dit geldt ook voor rails en runners om gordijnen open en dicht te maken en voor kogellagers om wielen om een as te laten draaien.



4.2.3 Overbrengingen

Basisinzichten

- *(Tand)wielen, hefbomen en cilinders met perslucht (pneumatiek) of vloeistof (hydrauliek) zorgen voor de overbrenging van een beweging of een kracht van het ene onderdeel van een apparaat of machine op het andere onderdeel.*
- *Een overbrenging kan een kracht vergroten, verkleinen of van richting veranderen, of een beweging versnellen, vertragen of van richting veranderen.*

Uitwerking

- In de techniek is het dikwijls nodig om een beweging van het ene onderdeel in een apparaat, machine of werktuig over te brengen op een ander onderdeel. Constructies waarmee men dit doet, heten overbrengingen.
Er zijn overbrengingen van een ronddraaiend voorwerp naar een ander ronddraaiend voorwerp. Bij deze overbrengingen wordt gebruikgemaakt van wielen die op assen gemonteerd zijn en met elkaar in verbinding staan. Tandwielen grijpen direct in elkaar (1) (9). Wielen kunnen ook verbonden worden met een stang, een ketting (2), een riem of snaar.

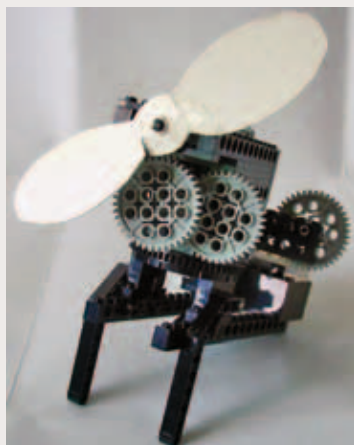
Er zijn ook overbrengingen waardoor een ronddraaiende beweging overgaat in een rechtlijnige beweging en overbrengingen die het omgekeerde bewerkstelligen. Soms wordt bij de overbrenging gebruikgemaakt van een stang en een as. Dat is een veelgebruikte overbrenging in automotoren (3).

Er zijn ook overbrengingen waarbij een rechtlijnige beweging wordt omgezet in een andere rechtlijnige beweging. Bij dit type overbrenging wordt gebruikgemaakt van een hefboom (4), een touw met een katrol (6) of zuigers en cilinders met samengeperste lucht (pneumatisch systeem) of vloeistof (hydraulisch systeem) (7). Met behulp hiervan kan een neergaande beweging worden omgezet in een opgaande en omgekeerd.

- Hefbomen maken een kracht groter of kleiner en/of veranderen de richting van een kracht. Het veranderen van de grootte van de kracht gebeurt met hefboomen met ongelijke armen. Een kleine kracht uitgeoefend op de lange arm van de hefboom resulteert in een relatief grote kracht op de korte arm. Een hefboom brengt dus met weinig kracht op de lange arm veel kracht op de korte arm over (5). Hefbomen veranderen in het algemeen de richting van een kracht (4). Om onderdelen van een voorwerp ten opzichte van elkaar te laten bewegen, gebruikt men scharnieren of draaipunten (8). Tandwielen veranderen vaak het toerental (aantal omwentelingen per minuut) van een draaiende beweging of de richting van de draaiing. Om het toerental te veranderen gebruikt men tandwielen van verschillende grootte. Als een tandwiel met weinig tanden een tandwiel met veel tanden aandrijft, treedt een vermindering van het toerental op. Omgekeerd krijg je een verhoging van het toerental (1) (9). Het veranderen van de richting van de draaiing gebeurt met speciale tandwielen (10).

Voorbeelden

- 1 Met Lego kun je een ventilator maken waarvan de rotorbladen heel snel ronddraaien. Je gebruikt dan een tandwieloverbrenging van groot naar klein. (Het kleine tandwiel zit hier net achter de rotorbladen.)



- 2 Het voorste en het achterste tandwiel van een fiets zijn door middel van een ketting met elkaar verbonden (kettingoverbrenging) en draaien daardoor in dezelfde richting maar met een ander toerental rond.



- 3 Een zuiger in een motor gaat op en neer en drijft een krukas aan. De krukas is verbonden met de wielen die draaien. Een rechtlijnige beweging wordt omgezet in een ronddraaiende. Bij een plakstift wordt een ronddraaiende beweging omgezet in een rechtlijnige beweging.



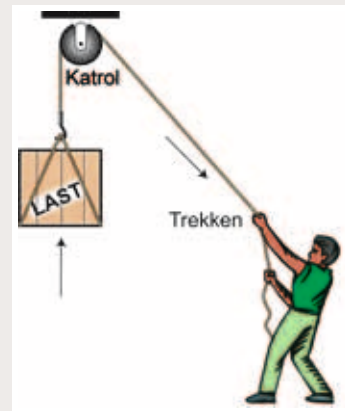
- 4 Hefboom: bij een wip (hefboom) wordt een neergaande beweging aan de ene kant van de wip omgezet in een opgaande beweging aan de andere kant.



- 5 Met een notenkraker kun je de uitgeoefende kracht vergroten.



- 6 Met een katrol kun je de richting van de kracht veranderen. Dan kun je makkelijker tillen. Je tilt het gewicht op door te trekken.



- 7 Met persluchtcilinders of hydraulische cilinders kun je grote krachten uitoefenen. Een kappersstoel heeft een pneumatisch systeem. Een graafmachine heeft hydraulische systemen.



- 8 Bij een schaar kunnen onderdelen ten opzichte van elkaar bewegen. Door een draaipunt wordt de kracht in een tegengestelde beweging overgebracht (twee hefbomen in één schaar). Bij een nagelschaartje of bij een takkenschaar zijn de armen relatief groot om meer kracht te kunnen uitoefenen.



- 9 In een klok zorgt een tandwieloverbrenging ervoor dat de secondewijzer 60 maal 24 omwentelingen per dag maakt. Hij draait dus sneller dan de minutenwijzer, meestal de 'grote' wijzer, die 24 omwentelingen per dag maakt. De minutenwijzer maakt op zijn beurt weer meer omwentelingen per dag dan de 'kleine' wijzer, die maar twee omwentelingen per dag maakt.



- 10 In een handmixer zit een haakse tandwiel-overbrenging. Het grote tandwiel dat verbonden is met de hendel staat haaks (loodrecht) op twee kleine tandwielen. Als je aan de hendel draait, draait het grote tandwiel mee. Dit grote tandwiel brengt de beweging, via de kleinere tandwielen, over op de kloppers. De kleine tandwielen draaien in een richting die loodrecht staat op die van het grote tandwiel. Ze draaien ook met een groter toerental dan het grote tandwiel. Ten opzichte van elkaar draaien de kleine tandwielen in een tegenovergestelde richting.



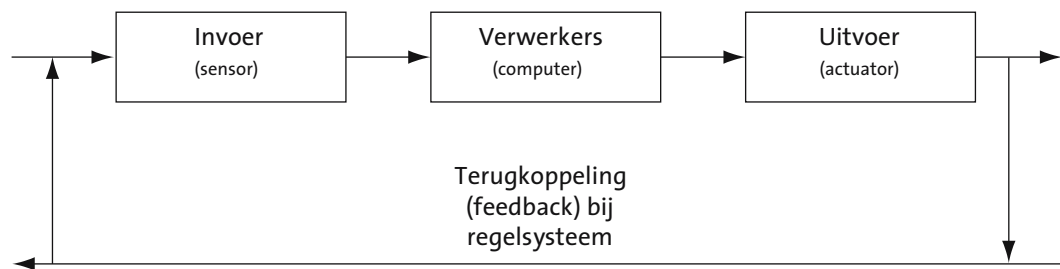
4.2.4 Geautomatiseerde systemen

Basisinzichten

- Door geautomatiseerde systemen kunnen machines of apparaten zelfstandig taken uitvoeren, zonder tussenkomst van de mens.
- Een geautomatiseerd systeem bestaat altijd uit de volgende onderdelen: invoer, verwerking en uitvoer. De invoer van gegevens gaat vaak via sensoren.
- Een geautomatiseerd systeem kan een meetsysteem, een stuursysteem of een regelsysteem zijn.

Uitwerking

- In een geautomatiseerd systeem worden gegevens ingevoerd, die ervoor zorgen dat een machine of apparaat bepaalde handelingen verricht zonder tussenkomst van mensen. Het systeem reageert op bepaalde signalen uit de omgeving. Die signalen worden omgezet in elektrische signalen door sensoren ('voelers'). Er zijn verschillende sensoren zoals een lichtsensor, een temperatuursensor, een magneetveldsensor of een druksensor. Een tijdschakelaar of een drukschakelaar kan ook voor de invoer zorgen.
- De onderdelen van een geautomatiseerd systeem:



- De verschillende geautomatiseerde systemen zijn te herkennen aan de mate waarin ze handelingen voor de mens automatisch regelen. Het eenvoudigste systeem is een meetsysteem. Een voorbeeld van een meetsysteem is een digitale thermometer die binnen aangeeft hoe hoog de temperatuur buiten is. Buiten hangt de voeler en die is verbonden met een kastje binnen waarin de verwerker zit met een scherm dat de temperatuur aangeeft (1). Een stuursysteem reageert op een signaal met een actie. Het kan zijn dat er een alarm afgaat of dat er een deur opengaat. Er gaat een signaal het systeem in en dan gebeurt er iets (2) (3). Bij een regelsysteem heeft de uitvoer invloed op de invoer. Er vindt terugkoppeling (feedback) plaats (4).
In geautomatiseerde systemen wordt dikwijls gebruikgemaakt van een computer. Deze kan heel klein zijn (één chip) of heel groot (zeer veel chips op een printplaat).

Voorbeelden

- 1 Een digitale thermometer met een voeler buiten die draadloos zijn signaal naar de computer binnen zendt. De computer verwerkt het signaal en geeft de temperatuur van buiten weer op een beeldscherm. Dit is een geautomatiseerd meetsysteem.



- 2 Een voetgangerslicht treedt in werking als iemand op de knop drukt. Het licht wordt automatisch weer rood doordat een auto over een lus in het wegdek rijdt en daarmee een signaal geeft aan het systeem. Dit is een voorbeeld van een stuursysteem. Het licht kan ook automatisch rood worden na een vaste tijd.



- 3 Een poortje bij de uitgang van een kledingwinkel is voorzien van een magneetveldsensor. De kledingstukken zijn voorzien van een magnetische strip die door de sensor gesignaleerd wordt. Er treedt dan een alarm in werking. Dit is ook een voorbeeld van een stuursysteem.



- 4 De thermostaat voor de centrale verwarming regelt automatisch de ingestelde temperatuur in de kamer. Dit is een voorbeeld van een regelsysteem.



Bijlagen

Bijlage 1 Deelnemers

Deelnemers aan de cultuurpedagogische discussie (2001-2002)

Kerngroep

Prof. dr. J.D. Imelman, hoogleraar grondslagen en geschiedenis van de pedagogiek aan de Universiteit Utrecht, oud-hoogleraar algemene pedagogiek, in het bijzonder de wijsgerige en historische pedagogiek aan de Rijksuniversiteit Groningen, emeritus hoogleraar sinds november 1998.

Dr. W.A.J. Meijer, universitair hoofddocent algemene pedagogiek aan de Rijksuniversiteit Groningen.

Drs. H.W. Notté, geograaf, wetenschappelijk medewerker wereldoriëntatie bij Cito.

Drs. N. Osinga, ontwikkelingspsycholoog, waarnemend directeur van het Gemeenschappelijk Centrum voor Onderwijsbegeleiding in Friesland (GCO Fryslân).

Drs. H.B. Wagenaar, algemeen pedagoog, wetenschappelijk medewerker wereldoriëntatie bij Cito.

Vakinhoudelijke experts

Natuurkunde en techniek

Ir. G.A.M. Boeijen, wetenschappelijk medewerker natuur- en scheikunde, natuuronderwijs en natuurkunde bij Cito.

Natuurkunde

C. Brederveld, docent Techniek voortgezet onderwijs, leerstofontwikkelaar.

Drs. H.P.A.M. Geurts, fysicus, hoofd afdeling onderwijszaken FNWI aan de Radboud Universiteit Nijmegen.

Techniek

Drs. J. E. Frederik, docent natuurkunde didactiek, lerarenopleider TULO aan de Technische Universiteit Delft.

Ir. J.H. Schimmel, wetenschappelijk medewerker natuurkunde en techniek bij Cito, docent natuurkunde en techniek bij de lerarenopleiding Efa in Amsterdam.

Resonansgroep voor de herziening van de domeinen natuurkunde en techniek (2010)

Ir. G.A.M. Boeijen, adviseur bètavakken en techniek.

Drs. J. E. Frederik, natuurkunde en techniek didacticus, masteropleiding Science Education and Communication, Technische Universiteit Delft.

Dr. M. van Graft, senior leerplanontwikkelaar wereldoriënterende vakken, sector Primair onderwijs, SLO, Enschede.

Drs. W.J.G. Kneepkens, wetenschappelijk medewerker natuurkunde bij Cito.

Drs. J.T.M. Marell, docent natuuronderwijs en techniek, Pabo Groenewoud Nijmegen (HAN) / Kenniscentrum Wetenschap en Techniek Gelderland.

Dr. S. Peters, procesmanager VTB-Pro professionalisering.

Drs. J.M.W. Thijssen, wetenschappelijk medewerker biologie en natuur- en techniekonderwijs bij Cito.

Bijlage 2 Gereedschappen

Rubriek	Soort/Activiteit	Exemplaar
Klemmen	werkbanken klemgereedschap tangen	bankschroef lijmtang combinatietang
Meten	meetlatten schrijfhaken passers hulpgereedschappen	liniaal, rolmaat verstekhaak, tekenhaak steekpasser verstekbak
Verspanen	zagen met de hand snijden boren met de hand vijlen en raspen schuren knippen draad knippen papier	handzaag, figuurzaag, ijzerzaag breekmes handboor vijl schuurpapier zijknijptang (of nijptang) papierschaar
Verbinden	nagelen schroeven solderen	hamer, nietmachine schroevendraaier kruiskopschroevendraaier priem, steeksleutel soldeerbout
Vervormen	draad buigen	combinatietang, rondbektang
Veiligheid	kleding omgeving	schort, bril, handschoenen onderlegger

Trefwoordenregister

A

aandrijfas 30
aantrekkingskracht
 van de aarde of de zon 25, 27
 elektrische 25, 26, 27
 magnetische 43
aarde 25, 27, 37, 38, 39, 43
aardgas 28, 32, 35
aardolie 28, 32
accu 34, 35
actuator 56
afkoeling 29, 39
afstotende kracht 25, 26, 43
afvalstoffen 28, 29, 32
alcohol 31
aluminium 44, 48
apparaat 28, 34, 36, 52, 56
Archimedes 38, 39
as 27, 52, 53
automotor 53

B

batterij 27, 34, 36
benzine 30
betonboor 42
bevrozen 28, 29
beweging 27, 28, 29, 30, 34, 50, 52, 53, 54, 55
bewegingsrichting 25, 26
bewerkbaarheid 47
boogvorm 51
boormachine 35
bovenleiding 51
brandstof 28, 29, 32, 33, 39
broeikaseffect 32
buigzaam 47, 48
buis 50

C

Celsius 32
centrale verwarming 57
chemische energie 32
chip 56
cilinder 52, 53, 54
cirkelbaan 25, 26
computer 21, 56, 57
condenseren 28, 29, 31
constante snelheid 27, 28
constructie 19, 20, 21, 46, 49, 50, 52

D

damp 29, 32
decibel 42
declinatie 44
designeis 47
dichtheid 47
digitale thermometer 57
draadloos 57
draaipunt 55
drijven 16, 24, 37, 38
druk 39, 40, 50
drukschakelaar 56
duurzaamheid 47
dynamo 28, 30, 34

E

elektriciteit 18, 24, 27, 32, 33, 34, 35, 46
elektriciteitscentrale 34, 35
elektriciteits snoer 36
elektrisch apparaat 34
elektrische energie 28, 30, 32, 34
elektrische kracht 25
elektrische lading 25, 26, 27
elektrische stroom 34, 47
elektromotor 28, 34, 35
elektron 27
energie 16, 19, 22, 24, 28, 29, 30, 31, 32, 46
energiebron 20, 28
energievorm 28, 33

F

Fahrenheit 32
figuurzaag 52, 60
frequentie 42

G

gas 29, 32, 33, 39
gasvormige fase 32
geautomatiseerd systeem 21, 56
gehoorschade 41
geladen deeltjes 27
geleiden 27, 34, 47
geleidende kring 34
geleider 29, 30, 34
geleiding 28, 29
geluid 16, 24, 41
geluidsbron 41
geluidshinder 41

geluidssnelheid 41
geluidssterkte 41
gereedschappen 46, 60
gewicht 37, 38, 39, 54
gewichtloos 37
gloeidraad 34, 36

H

hefboom 52, 53, 55
Hertz 42
hijsmast 50
hondenfluitje 42
hoogspanningsmast 35
hout 28, 30, 32, 36, 43, 47, 49
hydraulische systeem 54

I

ijs 26, 29, 31
ijzer 43, 47
infraroodstraling 34
inkrimpen 39
invoer 56
isolatie 36
isolator 27, 28, 29, 36, 47

K

ketting 52
kilogram 38
kleur 32, 33, 34
kleurenfilter 32, 33
kobalt 44
koeling 29
koelwater 32
kompas 43, 44
kompasnaald 43
kookpunt 29, 32
kooldioxide 40
koper 36
kortsluiting 34, 35, 36
kracht 16, 22, 24, 25, 26, 27, 28, 37, 38, 43, 52, 53, 54, 55
kunststof 34, 36, 47, 50
kwik 32

L

lamp 28, 32, 34, 56
lassen 47, 49
licht 16, 28, 32, 33, 34, 47, 48, 50, 57
lichtbron 32, 33
lichtsensor 56
lucht 16, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 53
luchtdruk 39

luchtledig 39
luchtvervuiling 32
luidspreker 41, 42

M

maan 25, 38
machine 52, 56
magneet 43, 44
magneetveldsensor 56, 57
magnetisch 43, 47, 48
magnetische kracht 24, 25
magnetische pool 44
magnetisme 16, 24
massa 27, 38
materiaal 19, 30, 41, 47
materie 27
meetsysteem 56, 57
metaal 27, 29, 47, 50
milieu 29
milieuvervuiling 32
moleculen 27
motor 41, 54
muziekinstrument 41

N

natuurstroom 30
negatieve lading 26, 27
netspanning 35, 36
neutraal 27
Newton 24, 38
nikkel 43, 44
noorden 43
noordpool 43

O

ontwerp 19, 20, 21, 46, 47, 48
oor 41
oordoppen 42
opwaartse kracht 24, 25, 37, 38, 39
organisme 40
overbrenging 19, 21, 46, 52, 53, 55

P

parachute 27, 28
perslucht 52
persluchtcilinder 54
pijngrens 42
planeet 25, 27
plastic 47
positieve lading 26
printplaat 56
probleem constateren 15, 19, 20, 21
product 49

product/prototype maken 15, 19, 20, 21
productiekosten 47
productiemiddelen 49
profielen 49, 50
programma VTB 11, 14, 15
prototype 49

R

radiator 29, 39
rechtlijnige beweging 53, 54
regelsysteem 56, 57
regenboog 33
richting van een kracht 53
riem 52
roesten 47, 48
roodfilter 33, 34
rust 25, 27, 37

S

schaduw 32, 33
schakelaar 34, 56
scharnier 52
schroef 47, 50, 60
schroevendraaier 47, 48
sensor 56, 57
signaal 56, 57
smelten 28, 29, 47
smeltpunt 29, 32, 47
snaar 41, 52
snaarinstrument 42
snelheid 25, 26, 27, 28, 36, 41
solderen 47, 60
spaarlamp 33
spanning 34, 36
spanningsbron 34
spierkracht 24, 25, 26, 28
stabiel 51
stang 53
steenkool 32
stemband 41
sterkte 47
steunkabel 51
stevig 50, 52
stikstof 40
stof 27, 29, 32, 41
stollen 28, 29, 31
straling 28, 29, 32, 33, 34
stromend water 28, 29, 30
stroming 28, 29
stroom 27, 30, 34, 35, 47
stroomdraad 34, 35, 36
stroomgeleider 47
stroomgeleiding 47

stroomkring 34, 35, 36
stuursysteem 56, 57
sublimeren 32

T

tandwiel 52, 53, 55
tandwieloverbrenging 53, 55
temperatuur 16, 28, 29, 31, 32, 47, 56, 57
temperatuursensor 56
textiel 47
thermometer 29, 56
thermoplasten/thermoharders 47
thermostaat 57
tl-buis 33
toon 41, 42
toonhoogte 41
transformator 36
transport 28
trilling 41, 42

U

uitvoer 56
uitzetten 39
ultraviolet 34

V

vacuüm 39, 40, 41
vaste fase 32
vaste stof 29, 41
veerkracht 25
verbinding 19, 20, 21, 46, 47, 49, 50, 52
verbranding 28, 29, 33
Verbreiding Techniek Basisonderwijs (VTB) 11
verdampen 28, 29
verhitten 33
versnellen 52
vertragen 52
vervluchtigen 32
verwerker 56
verwerking 56
vleugelmoer 52
vloeibaar 29
vloeistof 29, 31, 32, 38, 39, 41, 52, 53
vloeistofthermometer 29
voedsel 28
voeler 56, 57
vuur 28, 30, 31

W

warmte 28, 29, 31, 32, 47, 48
warmtegeleider 28, 29, 47
warmtegeleiding 47
water 25, 29, 30, 31, 32, 36, 37, 38, 39, 48
waterkrachtcentrale 35
watermolen 29
weerstand 39, 40, 47
werktuig 52
wiel 52, 54
wind 16, 26, 28, 29
windenergie 30, 32
windkracht 25
windmolenpark 35
wrijvingskracht 24, 25, 26, 27

Z

zekering 35
zinken 16, 24, 37
zon 25, 27, 28, 29, 31, 32, 33, 34, 39, 40
zonlicht 33
zonnecel 28, 30
zonne-energie 32
zonnepaneel 28, 30
zonnestelsel 27
zuidpool 43
zuiger 54
zuurstof 39, 40
zwaartekracht 25, 27, 28, 37, 38, 39
zweven 16, 24, 27, 37

Illustratieverantwoording

l = links, r = rechts, m = midden, b = boven, o = onder

Alessi: 48 lo
Arbo: 42 rm
Igor Asselbergs: 51 lm
Rogier Baltus: 29 ro
www.bartsmit.com: 48 rmo
Batavus: 49 ro
www.bktrading.nl: 48 ro
Gerard Boeijen: 51 lo, 51 rm, 52 lb, 52 lo, 52 ro, 54 lrb, 54 lm, 55 lb, 57 lo
Dietrich Cleijne: 30 lb, 30 rm, 31 lb, 33 lo, 35 ro, 38 l, 40 lo, 42 lo, 54 llb, 54 rb
Clipart, 31 ro, 42 rb
Danibelle: 49 l
www.flickr.com: 30 lo, 48 lb, 53 r
Flying Camera, Eindhoven: 35 lb
www.gadgetsfabriek.nl: 55 lo
Hapé: 30 rb
Carel van Hees: 42 ro
Historisch Archeologisch Onderzoekscentrum Denemarken: 29 lo
Honeywell: 57 ro
Indoor Skydive: 28 rb
Ingrid Joppe: 50 l, 57 rb
Gert van de Kamp Fotografie: 36 lm, 42 lb
www.kapperskorting.com: 54 rm
Freek Kneepkens: 48 rb, 48 rmb
Hiske Kneepkens: 28 lb
Jorine van Marrewijk: 30 ro, 31 rb
Moretime: 57 lb
Henk Notté: 40 rb
Marijn Olislagers: 44 l
Johan Schimmel: 30 lm, 36 lo, 50 r, 51 lb, 51 rb, 51 ro, 52 rb, 54 lo, 55 r
Shoptvproducts: 43 l
Ewout Staartjes: 33 ro
www.sterrenkids.nl: 27 lb
www.tinypic.com: 36 lb
www.traktorpool.nl: 54 ro
Visual Photo Design, Nijmegen: 31 lo
Voorlichting Bouw: 49 rb
Wikimedia: 26 lb
www.wonen.nl: 36 rb
Wayne Young: 40 ro

Primair onderwijs

Wereldoriëntatie

Natuurkunde en techniek voor de basisschool

Een domeinbeschrijving als resultaat
van een cultuurpedagogische discussie

Cito

Nieuwe Oeverstraat 50
Postbus 1034
6801 MG Arnhem
T (026) 352 11 11
F (026) 352 13 56
www.cito.nl

Klantenservice

T (026) 352 11 11
F (026) 352 11 35
klantenservice@cito.nl

Artikelnummer: 60139

Fotografie: Ron Steemers

