

Balans van het natuurkunde- en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 4

PPON-reeks nummer 43



zeker weten

Balans van het natuur- kunde- en techniek- onderwijs aan het einde van de basisschool 4

Uitkomsten van de vierde peiling in 2010

Boy Kneepkens
Frank van der Schoot
Bas Hemker

Wereldoriëntatie

PPON-reeks nummer 43

Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau

Uitgave Stichting Cito Instituut voor Toetsontwikkeling 2011

- Opdrachtgever: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen
- Ontwerp peiling: Boy Kneepkens, Frank van der Schoot en Bas Hemker
- Auteurs: Frank van der Schoot en Boy Kneepkens
- Psychometrische analyses: Bas Hemker
- Opgavenconstructie: Gerard Boeijen, Jorine van Marrewijk, Margreet Nauta, Gert Olthof en Boy Kneepkens
- Coördinatie gegevensverzameling: José Thijssen
- Secretariaat: Joke van Daal, Özlem Tan en Hanneke Weishaupt
- Bureau redactie: Loes Hiddink en Petra Winkes
- Grafische vormgeving: Marianne Brouwer
- Ontwerp grafieken en advies: Henk Heusinkveld GGT
- Opmaak: Service unit, MMS
- Foto omslag: Ron Steemers

© 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.

Samenvatting

In het voorjaar 2010 is een vierde peilingsonderzoek voor Natuurkunde en voor Techniek in jaargroep 8 uitgevoerd. De peiling omvatte een inventarisatie van een aantal aspecten van het onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek en een evaluatie van de leeropbrengsten voor deze domeinen. De belangrijkste conclusies van deze peiling zijn hier bij elkaar gezet.

Lestijd voor Natuurkunde

Natuurkunde is voor de meeste leraren geen leergebied dat wekelijks in het lesprogramma voorkomt. Het maakt daarbij niet uit of de school deelneemt aan het Programma Verbreding Techniek in het Basisonderwijs (VTB). Ongeveer de helft van de leraren geeft aan één keer per maand of minder natuurkundeonderwijs te geven. De lestijd is dan ongeveer 30 à 45 minuten.

paragraaf 3.1 | pagina 38

Methodegebruik voor Natuurkunde

Driekwart van de leraren maakt gebruik van een methode voor het natuurkundeonderwijs, maar dat is in de meeste gevallen de methode die ook voor het biologieonderwijs wordt gebruikt. Tezamen wordt dat dan aangeduid als methode voor 'natuuronderwijs'. Dat verklaart mogelijk ook de relatief geringe aandacht voor natuurkunde: de beschikbare tijd voor natuuronderwijs moet immers gedeeld worden met biologieonderwijs. Bij de meeste methoden geven leraren aan 80 procent of meer van het onderwijsaanbod in de methode te realiseren. De meeste leraren geven ook aan tevreden te zijn met de methode.

paragraaf 3.1 | pagina 39

Aandacht voor onderwerpen Natuurkunde

Er zijn weinig onderwerpen binnen het leerstofdomein Natuurkunde waaraan leraren écht aandacht besteden, dat wil zeggen een onderwerp in twee op meer lessen behandelen. Meestal wordt een onderwerp niet of in één les behandeld. Relatief de meeste aandacht krijgt nog het onderwerp Energie, waarvan zo'n 40 procent van de leraren zegt dit echt te behandelen.

paragraaf 3.1 | pagina 41

Activiteiten in het kader van natuurkundeonderwijs

Het gebruik van internet is inmiddels een breed geaccepteerd middel om informatie te zoeken over natuurkundeonderwerpen. Meer dan 50 procent van de leraren in jaargroep 6 en meer dan 70 procent van de leraren in jaargroep 7 en 8 gebruiken internet of laten het leerlingen daarvoor gebruiken. Ongeveer de helft van de leraren laat leerlingen onderzoekjes doen op het gebied van natuurkunde en/of introduceert natuurkundeonderwerpen met behulp van proefjes.

paragraaf 3.1 | pagina 42

Minder vaak problemen

Vergeleken met de vorige peiling ervaren leraren minder vaak problemen zoals een overladen onderwijsprogramma, gebrek aan geschikt materiaal voor natuurkundeproefjes of te weinig voorbereidingstijd.

paragraaf 3.1 | pagina 42

Techniek: deelname aan Programma VTB

Sinds 2001 kunnen scholen deelnemen aan het programma 'Verbreding Techniek in het Basisonderwijs'. In de jaargroepen 6 en 7 zegt 30 procent van de leraren aan dit programma deel te nemen, in jaargroep 8 36 procent. Dat komt overeen met de omvang van 30 procent van de scholen die de website Wetenschap en techniek in het basisonderwijs voor 2010 becijfert.

paragraaf 3.2 | pagina 45

Deelname VTB afhankelijk van stratumniveau

Wanneer we de scholen indelen naar het percentage zogenaamde gewichtsl leerlingen dat de school bezoekt, dan blijken vooral scholen met weinig of geen gewichtsl leerlingen aan het Programma VTB deel te nemen.

paragraaf 3.2 | pagina 46

VTB-deelname duidelijk van invloed op onderwijsaanbod voor Techniek

Scholen die deelnemen aan het Programma VTB gebruiken vaker een methode voor techniekonderwijs, geven vaker techniekles en de gebruikelijke duur van de techniekles is ook langer dan in scholen die niet aan het programma deelnemen. VTB-scholen geven ook vaker aan dat zij aandacht schenken aan onderwerpen als 'Eigenschappen van materialen en onderdelen', 'Constructies en verbindingen' en 'Overbrengingen'. Activiteiten als het ontwerpen van een product of het op technische aspecten testen dan wel analyseren van een product worden ook duidelijk vaker gerapporteerd door leraren van VTB-scholen.

paragraaf 3.2 | pagina 47

Kennis en vaardigheden van de leerlingen met betrekking tot Natuurkunde

Voor de percentiel-10 leerlingen is het grootste deel van de opgaven te moeilijk. Zij beheersen voornamelijk de opgaven waarin naar concrete feiten wordt gevraagd die dicht bij hun ervaringswereld liggen. Wanneer een opgave iets abstracter is geformuleerd of complexere informatie bevat, haken zij af. De gemiddelde leerlingen hebben daar minder moeite mee. Het valt op dat zij moeite hebben met het begrip energieomzetting en de volgorde waarin energieomzettingen plaatsvinden. De grootste kennishiaten, ook bij de percentiel-75 leerlingen, blijken te liggen bij het begrip opwaartse kracht (in samenspel met de zwaartekracht) en het begrip van stroomkringen.

paragraaf 4.1 | pagina 62

Kennis en vaardigheden van de leerlingen met betrekking tot Techniek

Het toepassen van het hefboomprincipe, zelfs in ogenschijnlijk eenvoudige en herkenbare situaties (bijvoorbeeld een wip) blijkt zelfs voor de beste leerlingen moeilijker dan verwacht. Ook met de kennis van overbrengingen via tandwielen of snaren is het (zeer) matig gesteld.

paragraaf 4.2 | pagina 81

Praktische vaardigheid met betrekking tot Natuurkunde en Techniek

In de kerndoelen staan ‘onderzoek doen aan materialen en natuurkundige verschijnselen’ en ‘oplossingen voor technische problemen ontwerpen, deze uitvoeren en evalueren’ expliciet vermeld. Op bescheiden schaal is door middel van acht praktische opdrachten de praktische vaardigheid van leerlingen in groep 8 gepeild. Voor de percentiel-10 leerlingen waren twee van deze opdrachten goed uitvoerbaar, terwijl de gemiddelde leerling vijf opdrachten tot een goed einde bracht. De overige drie opdrachten werden alleen door de meest vaardige leerlingen goed of redelijk goed uitgevoerd. De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden de opdrachten uitdagend en geschikt voor het basisonderwijs.

paragraaf 4.3 | pagina 90

Effect van Leerlinggewicht

Ook de nieuwe leerlinggewichten blijken differentiële effecten te hebben op de prestaties van leerlingen. Zowel 0.3-leerlingen als 1.2-leerlingen hebben een grote achterstand ten opzichte van de 0.0-leerlingen, en dat geldt voor alle drie de onderwerpen Natuurkunde, Techniek en Praktische opdrachten. 1.2-leerlingen hebben ook achterstand op 0.3-leerlingen, maar dit verschil is nergens significant.

paragraaf 5.2 | pagina 109

Effect van Stratum

Het stratumniveau weerspiegelt de sociaal-economische achtergrond van de leerlingpopulatie op een school op basis van de leerlinggewichten. Over het algemeen is er sprake van een negatieve trend in de effectgrootten met toenemend stratumniveau van de scholen.

paragraaf 5.2 | pagina 112

Effect van Geslacht

Bij alle drie de onderwerpen – Natuurkunde, Techniek en Praktische opdrachten – is er sprake van een significant negatief effect bij het vergelijken van de prestaties van meisjes met die van de jongens.

paragraaf 5.3 | pagina 112

Effect van Leertijd

Zowel bij Natuurkunde als bij Techniek wordt een matig negatief effect gevonden voor leertijd in het nadeel van vertraagde leerlingen ten opzichte van reguliere leerlingen. Bij het onderwerp Praktische opdrachten wordt geen effect voor leertijd gevonden.

paragraaf 5.3 | pagina 114

Effect van Herkomst

Binnen de variabele Herkomst vergelijken we de prestaties van kinderen met een Nederlandse achtergrond met die van kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond. Voor de onderwerpen Natuurkunde en Techniek worden significant negatieve effecten gevonden voor kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond. Bij het onderwerp Praktische opdrachten is er sprake van een klein, niet significant negatief effect voor kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond ten opzicht van kinderen met een Nederlandse achtergrond.

paragraaf 5.3 | pagina 114

Effect van VTB

Hoewel we hierboven al zagen dat deelname aan het Programma Verbreding Techniek in het Basisonderwijs een duidelijk effect heeft op het onderwijsaanbod voor Techniek worden er vooralsnog geen verschillen in resultaten gevonden tussen scholen die wel en die niet deelnemen aan VTB.

paragraaf 5.4 | pagina 114

Effect van Afnamejaar

Bij de vergelijking van de resultaten in 2010 met de resultaten van de vorige peiling in 2002 variëren de gevonden effecten. Voor Natuurkunde wordt geen verschil gevonden, voor Techniek een klein, maar significant negatief effect en voor Praktische opdrachten een klein, maar significant positief effect.

paragraaf 5.4 | pagina 114

Inhoud

Samenvatting	4
Inleiding	11
1 Domeinbeschrijving voor Natuurkunde en Techniek einde basisonderwijs	13
1.1 Cultuurpedagogische discussie als basis voor de domeinbeschrijving	14
1.2 Domein Natuurkunde	16
1.3 Domein Techniek	17
1.4 Relatie tussen de kerndoelen basisonderwijs en de domeinbeschrijving	18
2 Peilingsonderzoek	19
2.1 Peilingsinstrumenten	20
2.2 Steekproef van scholen en leerlingen	21
2.3 Uitvoering van het onderzoek	26
2.4 Analyses van de resultaten	27
2.5 Standaardonderzoek	28
2.6 Rapportage van de resultaten	31
3 Onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek	37
3.1 Onderwijsaanbod voor Natuurkunde	38
3.2 Onderwijsaanbod voor Techniek	45
4 Kennis en vaardigheden van leerlingen	53
4.1 Natuurkunde	54
4.2 Techniek	75
4.3 Praktische opdrachten	90
5 Verschillen tussen leerlingen	107
5.1 Inleiding	108
5.2 Effect van leerlinggewicht en stratum	109
5.3 Effect van enkele leerlingkenmerken	112
5.4 Effect van VTB en afnamejaar	114
Literatuur	115
Bijlagen	119
Bijlage 1: Verantwoording illustraties	120

Inleiding

Inleiding

In 1986 is in opdracht van de Minister van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen het project Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau (PPON) gestart. Het belangrijkste doel van het project is periodiek gegevens te verzamelen over het onderwijsaanbod en de onderwijsresultaten in het basisonderwijs en het speciaal basisonderwijs. Deze onderzoeksresultaten bieden een empirische basis voor de algemene maatschappelijke discussie over de inhoud en het niveau van het onderwijs. Het onderzoek richt zich op drie vragen:

- Waaruit bestaat het onderwijsaanbod in een bepaald leer- en vormingsgebied?
- Welke resultaten in termen van kennis, inzicht en vaardigheden zijn er gerealiseerd?
- Welke veranderingen of ontwikkelingen in aanbod en opbrengst zijn er in de loop van de tijd te traceren?

Peilingsonderzoek is een van de instrumenten van de overheid voor de externe kwaliteitsbewaking van het onderwijs (Netelenbos, 1995). Maar daarnaast zijn de resultaten van peilingsonderzoek van belang voor allen – onderwijsorganisaties, onderzoekers en ontwikkelaars van methoden, onderwijsbegeleiders en lerarenopleiders, leraren basisonderwijs en ouders – die betrokken zijn bij de discussie over en de vormgeving van het onderwijs in de basisschool.

In de periode mei/juni 2010 is in jaargroep 8 van het basisonderwijs het vierde peilingsonderzoek voor natuurkunde en techniek uitgevoerd. In de aanloop naar deze vierde peiling is op uitgebreide schaal aandacht besteed aan de ontwikkeling van nieuwe domeinbeschrijvingen voor de domeinen natuurkunde en techniek op basis van het model van de cultuurpedagogische discussie (zie hoofdstuk 1). De nieuwe domeinbeschrijving en de door de overheid gesubsidieerde projecten om wetenschap en techniek in het basisonderwijs te stimuleren zijn de aanleiding geweest om in deze peiling meer aandacht te schenken aan de vaardigheden op het gebied van ontwerpen en onderzoeken.

Deze balans rapporteert over de kennis, inzichten en vaardigheden van leerlingen betreffende de onderwerpen van de domeinen natuurkunde en techniek, onderdelen van het meestal breder gedefinieerde domein Natuuronderwijs. In een afzonderlijke balans (Thijssen e.a., 2011) besteden we aandacht aan het peilingsonderzoek voor biologie.

De balans begint in hoofdstuk 1 met een korte beschrijving van de domeinen Natuurkunde en Techniek. Vervolgens beschrijven we in hoofdstuk 2 de belangrijkste aspecten van het onderzoek zelf. In dit hoofdstuk wordt ook uitleg gegeven over de wijze waarop de kennis en vaardigheden van de leerlingen worden gerapporteerd en in het bijzonder hoe dat grafisch in beeld wordt gebracht. De resultaten van de inventarisatie van het onderwijsaanbod worden gerapporteerd in hoofdstuk 3. De resultaten van de leerlingen op de verschillende onderwerpen zijn beschreven in hoofdstuk 4. Het laatste hoofdstuk rapporteert over verschillen tussen leerlingen. We beschrijven de effecten van verschillende achtergrondkenmerken van leerlingen op hun kennis van en inzicht in de onderwerpen binnen de domeinen natuurkunde en techniek.

We hopen met deze rapportage een goede bijdrage te leveren aan het publieke debat over de kwaliteit van het natuurkunde- en techniekonderwijs op de basisschool.

Jan van Weerden
Hoofd Research Primair en voortgezet onderwijs

1 Domeinbeschrijving voor Natuurkunde en Techniek einde basisonderwijs

1 Domeinbeschrijving voor Natuurkunde en Techniek einde basisonderwijs

Een domeinbeschrijving vormt de basis voor de ontwikkeling van peilinginstrumenten. Zij bestaat uit een beschrijving van het leergebied in de vorm van een geordende lijst van belangrijke vaardigheden en leerinhouden. De domeinbeschrijvingen voor de wereldoriënterende vakken zijn ontwikkeld volgens de methode van de cultuurpedagogische discussie.

De domeinbeschrijving voor Natuurkunde en Techniek dekt de relevante kerndoelen uit het leergebied oriëntatie op jezelf en de wereld (Kerndoelen Primair Onderwijs, 2006). Het peilingsonderzoek van het natuurkunde- en techniekonderwijs in 2010 sluit aan bij de hoofdstukken 2, 3 en 4 van de domeinbeschrijving Natuurkunde en Techniek voor de basisschool uit 2010.

1.1 Cultuurpedagogische discussie als basis voor de domeinbeschrijving

Een domeinbeschrijving is een overzicht van kennis en vaardigheden die in een leergebied centraal staan. Bij elke peiling hoort een beschrijving van de leerstof achter de vragen die we leerlingen voorleggen.

De domeinbeschrijving bij de peilingen in 1990 (van Weerden, 1993) en 1995 (Wijnstra, 1999) bestond voornamelijk uit een inventarisatie van leerinhouden uit methoden. In de commentaren op deze peilingen klonk door dat de domeinbeschrijving leed aan overladenheid en gebrek aan samenhang. Dit werd gezien als een onvermijdbaar gevolg van het uitgangspunt van de domeinbeschrijving, namelijk dat ze een opsomming was van voor leerlingen uit het basisonderwijs relevante leerstof en in methoden opgenomen leerstof. De overdaad en het gebrek aan samenhang belemmeren een onderzoek naar de kwaliteit van het onderwijs, zo was de conclusie (Wijnstra, 1999).

De domeinbeschrijving bij de peiling van 2002 is ontwikkeld volgens de werkwijze van de cultuurpedagogische discussie (Imelman & Tolsma, 1987; Wagenaar, 1994).

Het doel van een dergelijke discussie is te komen tot een beredeneerd leerplan voor algemeen vormende vakken.

Een cultuurpedagogische discussie is lastig, omdat de deelnemers steeds gedwongen worden om logisch onvergelykbare zaken als enerzijds soorten kennis en vaardigheden en anderzijds wat kinderen daarvan, gegeven hun psychische en sociaal-culturele achtergronden, kunnen leren, op elkaar te betrekken. Kort gezegd gaat het bij deze discussie om kennis van het kind, kennis van de cultuur en pedagogische competentie. Bij het samenstellen van het discussieforum moet ervoor gezorgd worden dat al deze deskundigheden vertegenwoordigd zijn.

De discussie zelf beweegt zich op vier argumentatieve niveaus:

- *Het niveau van de maatschappelijke relevantie*

Op dit niveau gaat de discussie over de vraag in hoeverre de leerstof belangrijk is voor het verkrijgen van inzicht in de cultuur en de daarin begrepen maatschappelijke praktijkgebieden. De vraag die beantwoord moet worden is welke inzichten kinderen nodig hebben om tot kritisch oordelende en gewetensvol handelende volwassenen op te groeien.

- *Het niveau van de aard van de kennis*

Kennis waarin ingeleid wordt, maakt altijd deel uit van gebieden of categorieën van kennis met elk hun eigen concepten, denkvormen, verklaringswijzen en waardeoriëntaties. Historische kennis is bijvoorbeeld van een andere aard dan economische kennis en beide soorten verschillen weer van natuurkundige kennis. In een algemeen vormend leerplan moet ruimte zijn voor de verschillende denkvormen.

- *Het niveau van de vakinhoudelijke relevantie*

Vakinhoudelijke argumenten hebben betrekking op de binnen een vakgebied ontwikkelde kennis. Met vakinhoudelijke argumenten wordt erop toegezien dat de als leerstof gekozen kennis recht doet aan de traditie of het vak. Bijzaken moeten niet tot hoofdzaken worden verheven of omgekeerd. Er bestaat een gevaar dat leerstof zich te veel richt op details en voorbijgaat aan sleutelbegrippen, dat zij aanknoopt bij verouderde kennis of dat zij zodanig vereenvoudigd wordt dat de essentie van de vakinzichten geweld wordt aangedaan.

- *Het niveau van de leer- en ontwikkelingspsychologische relevantie*

Bij leer- en ontwikkelingspsychologische argumenten gaat het om redeneringen die de mogelijkheden en kwaliteiten van kinderen in het geding brengen. De didactische vormgeving is hierbij niet aan de orde, wel de vraag of voorgestelde kennis en vaardigheden leerbaar en interessant zijn voor de doelgroep, gelet op leeftijd, capaciteiten en achtergrond van de leerlingen.

In de periode van 1994 tot 2002 is op initiatief van Cito gediscussieerd over wenselijke leerinhouden voor de wereldoriënterende vakken. De domeinbeschrijvingen bij de peiling uit 1995 vormden hierbij een belangrijk uitgangspunt. Een belangrijke constatering bij de aanvang van de discussies was dat versnippering van leerinhouden tegengegaan kon worden en samenhang in kennis beter gewaarborgd werd wanneer werd uitgegaan van de traditionele indeling in schoolvakken aardrijkskunde, geschiedenis en natuuronderwijs. De resultaten van deze discussies zijn vastgelegd in drie publicaties: 'Aardrijkskunde voor de basisschool' (Notté, 2002; tweede gewijzigde druk 2008), 'Geschiedenis voor de basisschool' (Wagenaar, 2002; tweede gewijzigde druk, 2008) en 'Natuuronderwijs voor de basisschool' (Thijssen, 2002). 'Natuuronderwijs voor de basisschool' beschrijft de inhoud in vier thema's: Organismen, waarnemen en reageren; Stofwisseling en kringloop; Voortplanting en ontwikkeling; Natuurkunde en Techniek. Een verslag van de cultuurpedagogische discussies is gepubliceerd op de website van Cito, onder Onderzoek en wetenschap (Imelman, z.j.). In 2002 is op verzoek van het landelijk programma Verbreding Techniek Basisonderwijs (VTB) nog een afzonderlijke cultuur pedagogische discussie gevoerd over het domein techniek met als resultaat de domeinbeschrijving 'Techniek voor de basisschool' (Schimmel, Thijssen & Wagenaar, 2002).

Omdat de samenleving voortdurend in ontwikkeling is en het aantal deelnemers aan de discussie beperkt, staat het resultaat van een cultuurpedagogische discussie open voor aanvulling en wijziging. Reacties hebben voor het leergebied biologie niet tot bijstelling geleid. Anders is dit voor hoofdstuk 5 Natuurkunde en Techniek uit de domeinbeschrijving Natuuronderwijs voor de basisschool. De afgelopen jaren is veel geïnvesteerd om techniek, inmiddels uitgebreid tot wetenschap en techniek, een plaats te geven in het curriculum voor het basisonderwijs. In de kerndoelen worden 'onderzoek doen' bij natuurkunde en 'ontwerpen' bij techniek expliciet genoemd. Dit heeft Cito doen besluiten om in een resonansgroep de

leergebieden Natuurkunde en Techniek opnieuw te bezien.

De belangrijkste aanbevelingen van de resonansgroep zijn:

- In de domeinen van Natuurkunde en Techniek komt het begrip kracht met enige regelmaat voor. Ook in de kerndoelen van 2006 wordt kracht expliciet genoemd. De resonansgroep acht het van belang dat leerlingen enig inzicht krijgen in de betekenis van dit begrip. Zij pleit ervoor om hieraan in de domeinbeschrijving een aparte paragraaf te wijden.
- In de domeinbeschrijving Natuuronderwijs van 2002 is de positie van techniek ondergeschikt aan die van natuurkunde, als één van de acht paragrafen van het hoofdstuk Natuurkunde en techniek. De aanbeveling van de resonansgroep is om techniek als een apart hoofdstuk op te nemen in de domeinbeschrijving.
- Het onderwerp Besturingen uit de domeinbeschrijving van 2002 zou iets uitgebreider behandeld moeten worden, met als nieuwe titel Geautomatiseerde systemen.
- Het is wenselijk dat de kennisinhouden uit de domeinbeschrijving Natuurkunde de leerling uitdagen tot het doen van onderzoek.
- Het is wenselijk dat de kennisinhouden uit de domeinbeschrijving techniek de leerling uitdagen tot ontwerpen.
- 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.

Op basis van deze aanbevelingen is een nieuwe domeinbeschrijving Natuurkunde en Techniek voor de basisschool ontwikkeld (Boeijen, 2010; tweede herziene druk 2011).

Daarmee vervallen hoofdstuk 5 uit de domeinbeschrijving Natuuronderwijs voor de basisschool en de domeinbeschrijving Techniek voor de basisschool.

1.2 Domein Natuurkunde

De discussies over natuuronderwijs hebben voor natuurkunde geleid tot een indeling van de leerstof in acht onderwerpen. Aan elk onderwerp is een paragraaf gewijd in de domeinbeschrijving 'Natuurkunde en techniek voor de basisschool' (Boeijen, Kneepkens & Thijssen, 2010; tweede herziene druk 2011):

- Krachten
- Energie
- Licht en kleur
- Elektriciteit
- Zinken, zweven en drijven
- Geluid
- Magnetisme

Elk onderwerp is beschreven middels een aantal samenhangende basisinzichten.

Een basisinzicht is een kernachtige omschrijving van kennis die relevant wordt geacht voor leerlingen in het basisonderwijs. In hoofdstuk 4 worden bij elk onderwerp de basisinzichten van de domeinbeschrijving weergegeven. Hier wordt volstaan met een globale beschrijving van de acht onderwerpen.

- Bij het onderwerp *Krachten* worden verschillende krachten besproken, zoals spierkracht, zwaartekracht, elektrische kracht, veerkracht, wrijvingskracht. De beweging van een appel die van de boom valt of de beweging van de planeten om de zon wordt in verband gebracht met de zwaartekracht. Als een voorwerp in rust is terwijl er meerdere krachten op werken, heffen die krachten elkaar op.
- Bij het onderwerp *Energie* worden verschillende bronnen onderscheiden voor het opwekken van verschillende soorten energie. De verschillende soorten energie kunnen in elkaar worden omgezet. Over brandstoffen wordt aangegeven dat door verbranding warmte (een vorm van energie) en afvalstoffen vrijkomen. Warmte kan zich verplaatsen door straling, stroming of

geleiding. Warmte is nodig bij smelten en verdampen, maar komt vrij bij condenseren en stollen.

- Het onderwerp *Licht en kleur* gaat over licht als straling die met de ogen waarneembaar is, over het witte licht van de zon dat opgebouwd is uit een groot aantal kleuren, over kleurenfilters en over schaduw.
- Het onderwerp *Elektriciteit* gaat over de opwekking van elektriciteit, het effect van een spanningsbron in een stroomkring, geleiding en het verschijnsel kortsluiting.
- Bij het onderwerp *Zinken, zweven en drijven* komen in samenhang de begrippen zwaartekracht en opwaartse kracht in water aan de orde.
- Bij het onderwerp *Lucht* wordt gesproken over lucht als een mengsel van gassen, het begrip luchtdruk en de effecten van verwarming en afkoeling van lucht.
- Het ontstaan en de verplaatsing van geluid en eigenschappen als toonhoogte, geluidsterkte worden beschreven binnen het onderwerp *Geluid*.
- De werking van een magneet en in relatie daarmee van een kompasnaald komt in het onderwerp *Magnetisme* aan de orde.

In de peiling van 2010 zijn deze onderwerpen getoetst met behulp van een groot aantal schriftelijke vragen. Daarbij is meer dan voorheen het accent gelegd op het toetsen van onderzoekvaardigheden. Onderzoekvaardigheden zijn ook getoetst middels een aantal praktische opdrachten.

1.3 Domein Techniek

De discussies over natuuronderwijs hebben voor techniek geleid tot een indeling van de leerstof in vier onderwerpen. Aan elk onderwerp is een paragraaf gewijd in de domeinbeschrijving 'Natuurkunde en techniek voor de basisschool' (Boeijen, Kneepkens & Thijssen, 2010; tweede herziene druk 2011):

- Eigenschappen van materialen en onderdelen
- Constructies en verbindingen
- Overbrengingen
- Geautomatiseerde systemen

Elk onderwerp is, zoals bij natuurkunde, beschreven middels een aantal samenhangende basisinzichten. Een basisinzicht is een kernachtige omschrijving van kennis die relevant wordt geacht voor leerlingen in het basisonderwijs. In hoofdstuk 4 worden bij elk onderwerp de basisinzichten van de domeinbeschrijving weergegeven. Hier wordt volstaan met een globale beschrijving van de vier onderwerpen.

- Bij het onderwerp *Eigenschappen van materialen en onderdelen* wordt aandacht besteed aan verschillende soorten materialen en hun eigenschappen die bij het ontwerpen en maken van een product/prototype van belang zijn.
- Bij het onderwerp *Constructies en verbindingen* wordt gekeken hoe constructies sterk, stevig en stabiel kunnen worden gemaakt en hoe onderdelen met elkaar verbonden kunnen worden.
- Bij het onderwerp *Overbrengingen* komt aan de orde hoe bijvoorbeeld tandwielen en hefbomen zorgen voor de overbrenging van een beweging of kracht.
- Bij het onderwerp *Geautomatiseerde systemen* wordt besproken hoe deze systemen zonder tussenkomst van mensen zelfstandig taken kunnen uitvoeren. Daarbij wordt onderscheid gemaakt tussen meet-, stuur- en regelsystemen.

In de peiling van 2010 zijn deze onderwerpen getoetst met behulp van een groot aantal schriftelijke vragen. Op bescheiden schaal komen daarin ook ontwerpvaardigheden aan de orde. Ontwerpvaardigheden zijn ook getoetst middels een aantal praktische opdrachten.

1.4 Relatie tussen de kerndoelen basisonderwijs en de domeinbeschrijving

Natuur, waaronder het domein Natuurkunde en Techniek, is in de Wet op het Primair Onderwijs een van de onderscheiden kennisgebieden waaraan op iedere school aandacht moet worden besteed. De doelen van dit kennisgebied zijn uitgewerkt in kerndoelen. In 1993 zijn de eerste kerndoelen voor het basisonderwijs gepubliceerd in het Besluit kerndoelen basisonderwijs. In 1998 zijn de kerndoelen voor een aantal leerstofgebieden waaronder natuur herzien (Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen, 1998). Bij een volgende herziening in 2006 is het aantal kerndoelen aanzienlijk teruggebracht. Kerndoelen die richting geven aan het Natuurkunde en Techniekonderwijs, zijn ondergebracht bij het leergebied 'Oriëntatie op jezelf en de wereld' in het onderdeel 'Natuur en Techniek'. In de tabel geven we globaal de relatie aan tussen de domeinbeschrijving en de kerndoelen basisonderwijs uit 2006.

De kerndoelen basisonderwijs en de domeinbeschrijving Natuurkunde en Techniek

Kerndoelen Oriëntatie op jezelf en de wereld Onderdeel Natuur en Techniek	Domeinbeschrijving Natuurkunde en Techniek	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 Lucht Geluid Magnetisme	De basisinzichten bij de acht onderwerpen zijn voorzien van een uitwerking met voorbeelden en eventueel van achtergrondinformatie
43 De leerlingen leren hoe je weer en klimaat kunt beschrijven met behulp van temperatuur, neerslag en wind.	Lucht Krachten	Dit kerndoel wordt bij het vak aardrijkskunde uitgewerkt. In de beschrijving van het domein natuurkunde wordt alleen aandacht besteed aan temperatuur en wind.
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 en 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 en verbindingen Overbrengingen Geautomatiseerde systemen	Aan de beschrijving van de inhouden ligt het concept van de technische ontwerpcyclus ten grondslag.

2 Peilingsonderzoek

2 Peilingsonderzoek

In dit hoofdstuk beschrijven we de instrumentele aspecten van het peilingsonderzoek voor Natuurkunde en Techniek zoals de evaluatie-instrumenten, de steekproef van scholen en leerlingen, de uitvoering van het onderzoek, de analyse van de peilingsresultaten en het standaardenonderzoek. We sluiten het hoofdstuk af met een beschrijving van de figuur aan de hand waarvan de resultaten worden gerapporteerd.

2.1 Peilingsinstrumenten

Met de peilingsinstrumenten wordt informatie verzameld over het onderwijsaanbod, over kennis, inzichten en vaardigheden van leerlingen en over enkele achtergrondkenmerken van de leerlingen.

De aanbodvragenlijst

Het onderwijsaanbod is – overigens op bescheiden wijze – geïnventariseerd met een schriftelijke aanbodvragenlijst over het onderwijsaanbod voor de leerstofdomeneinen Natuurkunde en Techniek. De vragenlijst is voorgelegd aan de leraren van de jaargroepen 6, 7 en 8 van de deelnemende scholen en bevatte vragen over de tijd die aan Natuurkunde en Techniek wordt besteed, over het kennisaanbod en de competenties die nagestreefd worden, over lesmaterialen die worden gebruikt, en over eventuele problemen die een belemmering zouden kunnen zijn voor het geven van goed onderwijs in Natuurkunde en Techniek. De resultaten worden in hoofdstuk 3 beschreven.

De evaluatie-instrumenten

In het peilingsonderzoek voor Natuurkunde en Techniek onderscheiden we twee typen evaluatie-instrumenten:

- de schriftelijke toetsen voor Natuurkunde en Techniek
- en de praktische opdrachten.

De opgaven voor Natuurkunde en Techniek waren verdeeld over tien toetsboekjes. Elk toetsboekje bevatte twee clusters van opgaven. Het tweede cluster van een toetsboekje was vervolgens als eerste cluster opgenomen in het volgende toetsboekje. Het tiende toetsboekje sloot dus af met het eerste cluster van vragen uit het eerste toetsboekje. Deze opzet – waarbij de toetsboekjes gedeeltelijk overeenkomstige vragen hebben – maakt het mogelijk de resultaten van leerlingen op de verschillende vragen aan elkaar te relateren. Ongeveer de helft van de opgaven was ook in de vorige peiling opgenomen zodat een vergelijking met de leerresultaten uit de vorige peiling mogelijk is. De resultaten van de leerlingen op de toetsvragen worden beschreven in paragraaf 4.1 voor het onderwerp Natuurkunde en in paragraaf 4.2 voor het onderwerp Techniek.

Op een vijftigtal scholen, waarvan de leerlingen ook schriftelijke toetsen hebben gemaakt, zijn acht praktische opdrachten getoetst. Een leerling maakte vier opdrachten terwijl tegelijkertijd een tweede leerling de andere vier opdrachten kreeg voorgelegd. Om de spreiding van opdrachten over de leerlingen te vergroten werden de opdrachten bij de leerlingen in drie verschillende combinaties afgenomen. De onderzoeksopzet voor de praktische opdrachten, de opdrachten zelf en de resultaten van de leerlingen worden gedetailleerd beschreven in paragraaf 4.3.

Achtergrondkenmerken van de leerlingen

Met de leerlingenlijst bevragen we enkele achtergrondkenmerken van de leerlingen, zoals geslacht, leeftijd, herkomst en het leerlinggewicht. Deze gegevens worden gebruikt voor de analyse van de verschillen tussen groepen leerlingen.

De variabele leeftijd wordt daarbij omgezet in de variabele *leertijd* met de volgende twee categorieën:

- regulier, de leerlingen in jaargroep 8 die in dat schooljaar 12 jaar worden of jonger zijn;
- vertraagd, de oudere leerlingen.

Het *leerlinggewicht* van de leerlingen is een factor die door de school kan worden gebruikt bij de bepaling van de formatieomvang van de school. Met ingang van het schooljaar 2009-2010 gelden ook voor de leerlingen in jaargroep 8 de nieuwe leerlinggewichten. De leerlingen worden daarvoor gecategoriseerd op basis van het opleidingsniveau van de ouders. Er worden daarvoor drie categorieën onderscheiden:

1 de ouder heeft maximaal basisonderwijs of (v)so-zmlk gehad;

2 de ouder heeft maximaal lbo/vbo, praktijkonderwijs of vmbo basis- of kaderberoepsgerichte leerweg gedaan. Of de ouder heeft maximaal twee jaar onderwijs in een andere schoolopleiding in het voortgezet onderwijs aansluitend op het basisonderwijs gehad;

3 de ouder heeft na het basisonderwijs een verdergaande opleiding genoten.

De leerlinggewichten zijn nu

- 0.3 voor leerlingen van wie beide ouders of de ouder die belast is met de dagelijkse verzorging een opleiding uit categorie 2 heeft gehad;
- 1.2 voor leerlingen van wie één van de ouders een opleiding heeft gehad uit categorie 1 en de ander een opleiding uit categorie 1 óf 2;
- 0.0 voor leerlingen van wie één van de ouders of beide ouders een opleiding heeft gehad uit categorie 3.

2.2 Steekproef van scholen en leerlingen

De stratumindeling voor de steekproeftrekking

In 2010 had PPON peilingsonderzoeken gepland voor de leerstofdomeneinen Biologie, Natuurkunde, Techniek en Spreekvaardigheid. De gewenste steekproefomvang voor het totale onderzoek was vastgesteld op 150 scholen.

Het is voortdurend aangetoond dat het leerlinggewicht duidelijk is gerelateerd aan de resultaten van de leerlingen en wel in die zin dat een hoger leerlinggewicht gepaard gaat met lagere leerprestaties. Dat geldt voor de oude leerlinggewichten die tot het schooljaar 2009-2010 werden gebruikt, en de verwachting is dat hetzelfde geldt voor de nieuwe leerlinggewichten. Dat is ook het motief om aan de hand van deze leerlinggewichten extra formatie aan de scholen ter beschikking te stellen. Om nu zoveel mogelijk te waarborgen dat de steekproef van leerlingen op het niveau van de leerlinggewichten een adequate afspiegeling vormt van de schoolpopulatie wordt voor peilingsonderzoek een gestratificeerde steekproef getrokken op

basis van een schoolscore die wordt bepaald aan de hand van de leerlinggewichten.

Aangezien tijdens de voorbereiding van het onderzoek het teldatumbestand van najaar 2009 met de nieuwe leerlinggewichten nog niet beschikbaar was, is voor de steekproeftrekking gebruik gemaakt van het teldatumbestand van oktober 2008 met de oude leerlinggewichten:

- 1.25 voor Nederlandse arbeiderskinderen, in termen van opleidings- en/of beroepsniveau van de ouders,
- 1.40 voor schipperskinderen in internaat of pleeggezin,
- 1.70 voor kinderen in de reizende of trekkende bevolking,
- 1.90 voor kinderen uit gezinnen waarvan ten minste een van de ouders van niet-Nederlandse herkomst is en beperkingen kent in opleidings- en beroepsniveau,
- 1.00 voor alle andere kinderen.

Veel scholen inventariseren dit gegeven overigens niet omdat te weinig leerlingen een gewicht hoger dan 1.00 hebben en er dus geen effect van uitgaat op de formatieomvang van de school.

Voor de steekproeftrekking zijn de scholen verdeeld in drie strata op basis van de schoolscore. De schoolscore is gebaseerd op de – voormalige – leerlinggewichten en bestaat uit de ratio van het gewogen aantal leerlingen en het nominale aantal leerlingen. Daarop wordt een correctieterm van 9% toegepast zodat de schoolscore een bereik heeft van 0.91 (wanneer alle leerlingen gewicht 1.00 hebben) tot 1.81 (wanneer alle leerlingen gewicht 1.90 hebben). De tabel geeft een beschrijving van de drie strata die in globale termen een indeling van de schoolpopulatie weerspiegelt op basis van de sociaal-economische achtergrond van de schoolbevolking.

De stratumindeling van basisscholen in 2008 (N= 7039)

Stratum	Schoolscore	Omschrijving	Omvang in de populatie*
Stratum 1	≤ 1.00	Overwegend leerlingen met formatiegewicht 1.00, weinig 1.90-leerlingen	65,2%
Stratum 2	1.01-1.20	Relatief meer 1.25-leerlingen, weinig 1.90-leerlingen	22,3%
Stratum 3	> 1.20	Vooraf 1.25- en 1.90-leerlingen	12,4%

* teldatumbestand oktober 2008

De basissteekproef wordt getrokken in verhouding tot de omvang van de drie strata in de populatie, waarbij vervolgens rekening wordt gehouden met de verdeling van de schoolscores binnen ieder stratum. Voor elke getrokken school worden vier reservescholen getrokken met eenzelfde of naastliggende schoolscore. Omdat in het teldatumbestand 2008 alleen voor de jaargroepen 7 en 8 de oude leerlinggewichten nog gelden, zijn de schoolscores alleen vastgesteld op basis van de leerlinggewichten van leerlingen in deze twee jaargroepen.

De respons van scholen

In eerste instantie is een basissteekproef van 150 scholen benaderd voor deelname aan het onderzoek. 51 Scholen (34%) reageerden positief. In stratum 1 zijn vervolgens voor elke niet-deelnemende school twee reservescholen aangeschreven, en in de strata 2 en 3 vier reservescholen. Daarvan hebben nog eens 86 scholen hun medewerking toegezegd zodat in totaal 137 scholen – 91% van het beoogd aantal scholen – aan het peilingsonderzoek hebben deelgenomen.

De respons van scholen naar stratum

	Stratum 1			Stratum 2			Stratum 3		
	Omvang	Respons	%	Omvang	Respons	%	Omvang	Respons	%
Basissteekproef	95	35	37	35	12	34	20	4	20
Reservesteekproef	164	44	27	130	33	33	72	9	13
Totaal / % beoogd		79	83		45	45		13	65

Steekproef van scholen in de nieuwe stratumindeling

Intussen zijn met het teldatumbestand van oktober 2009 de nieuwe leerlinggewichten binnen de scholen bekend. Op basis van deze gegevens is een nieuwe stratumindeling ontwikkeld die deels ook bij de Eindtoets Basisonderwijs wordt gebruikt. Deze nieuwe stratumindeling is eenvoudig gebaseerd op het percentage leerlingen met gewicht groter dan 0. Er worden dan vier strata onderscheiden: minder dan 10%, 10-25%, 25-40% en meer dan 40% gewichtsleerlingen. De volgende tabel toont de indeling in strata en per stratum het percentage scholen in populatie en steekproef van scholen. (N.B. Voor de Eindtoets Basisonderwijs wordt binnen elk stratum nog een onderscheid gemaakt tussen grote en kleine scholen. Vanwege het relatief geringe aantal scholen is dat voor peilingsonderzoek minder geschikt: het aantal scholen per stratum wordt dan wel erg klein, zeker in de strata 3 en 4).

De nieuwe stratumindeling van basisscholen in 2009 (N= 6833)

Stratum	Percentage gewichtsleerlingen	Omvang in populatie	Omvang in steekproef
Stratum 1	0-10%	53,6%	66 (48,2%)
Stratum 2	10-25%	29,9%	53 (38,7%)
Stratum 3	25-40%	8,2%	9 (6,7%)
Stratum 4	40-100%	8,3%	9 (6,7%)

* teldatumbestand oktober 2009

Tot slot presenteren we in de volgende tabel de relatie tussen de oude en nieuwe stratumindeling. Scholen uit de strata 1 en 2 van de oude stratumindeling zijn nu vooral vertegenwoordigd in de eerste twee strata van de nieuwe stratumindeling, waarbij het zwaartepunt voor het oude stratum 1 in het nieuwe stratum 1 ligt en het zwaartepunt voor het oude stratum 2 in het nieuwe stratum 2. Scholen uit het oude stratum 3 komen nu in alle vier de nieuwe strata voor, maar het accent ligt toch duidelijk in het nieuwe stratum 4.

Relatie tussen oude en nieuwe stratumindeling in de steekproef

Oude stratumindeling	Nieuwe stratumindeling				Totaal
	0-10%	10-25%	25-40%	40-100%	
Stratum 1	51	27	1	0	79
Stratum 2	14	24	6	1	45
Stratum 3	1	2	2	8	13
Totaal	66	53	9	9	137

De representativiteit van de steekproef

De steekproef van basisscholen is onderzocht op representativiteit naar stratumniveau en regionale spreiding. Binnen de oude stratumindeling zijn scholen uit stratum 1 en 3 naar verhouding min of meer ondervertegenwoordigd, scholen uit stratum 2 zijn daarentegen enigszins oververtegenwoordigd. Binnen de nieuwe stratumindeling is stratum 2 enigszins oververtegenwoordigd en de andere drie strata licht ondervertegenwoordigd.

Wat regionale spreiding betreft is er sprake van een ondervertegenwoordiging van scholen uit Noord- en Zuid-Holland (regio A in de tabel), tegenover een relatieve oververtegenwoordiging van scholen uit de drie zuidelijke provincies (regio B) en met name uit Midden-Nederland (regio C).

Verdeling van scholen in populatie en steekproef naar regio's

Regio	Provincies	Postcodes	Populatie	Steekproef
A	Noord- en Zuid-Holland	10 t/m 33	31,6 %	16,8 %
B	Zeeland, Noord-Brabant, Limburg	43 t/m 64	22,3 %	29,9 %
C	Utrecht, Gelderland, Overijssel	34 t/m 42 en 65 t/m 77 en 80 t/m 82	29,0 %	38,0 %
D	Groningen, Friesland, Drenthe	78, 79 en 83 t/m 99	17,1 %	15,3 %
Totaal aantal			6986	137

De steekproef van leerlingen

In totaal hebben 3060 leerlingen aan het onderzoek deelgenomen. De samenstelling van deze steekproef wordt in bijgaande tabel beschreven voor de verschillende achtergrondkenmerken van de leerlingen. Het blijkt dat ongeveer een op de vijf leerlingen gedurende zijn of haar schoolloopbaan vertraging heeft opgelopen, jongens wat vaker dan meisjes. Het percentage vertraagde leerlingen is onder leerlingen met de leerlinggewichten 0.3 en 1.2 duidelijk hoger dan onder leerlingen met gewicht 0.0. Het onderlinge verschil tussen 0.3- en 1.2-leerlingen is wat leertijd betreft gering.

Alhoewel het leerlinggewicht voortaan uitsluitend is gebaseerd op het opleidingsniveau van de ouders is er niettemin een duidelijke relatie met herkomstcategorie. Ongeveer de helft van de leerlingen met een niet-Nederlandse achtergrond heeft een leerlinggewicht groter dan 0, dat dus bijdraagt aan de formatieomvang op de school. Verder is het percentage vertraagde leerlingen onder allochtone leerlingen twee keer zo hoog als onder autochtone leerlingen.

De samenstelling van de steekproef van scholen en leerlingen

Kenmerk	% scholen	% leerlingen
Stratum		
• 1	48	50
• 2	39	37
• 3	7	6
• 3	7	7
Geslacht		
• jongens		49
• meisjes		50
Leertijd		
• regulier		77
• vertraagd		18
Leerlinggewicht		
• 0.0		82
• 0.3		8
• 1.2		5
Herkomst 1.90 leerlingen		
• Turkije		3,1
• Marokko, Tunesië		3,5
• Griekenland, Joegoslavië		0,4
• Spanje, Italië, Portugal		0,2
• Suriname, Nederlandse Antillen, Aruba		0,9
• Overig/onbekend		4,0
Totaal aantal	137	3060

Leerlinggewicht, geslacht en herkomstcategorie in relatie tot leertijd (% leerlingen)

	Leertijd	
	Regulier	Vertraagd
Leerlinggewicht		
• 0.0	84	16
• 0.3	68	32
• 1.2	63	36
Geslacht		
• jongens	78	22
• meisjes	84	16
Herkomstcategorie		
• Nederlands	83	16
• niet-Nederlands	62	37

Leerlinggewicht en leertijd in relatie tot herkomstcategorie (% leerlingen)

	Herkomstcategorie	
	Nederlands	niet-Nederlands
Leerlinggewicht		
• 0.0	93	7
• 0.3	84	16
• 1.2	14	86
Leertijd		
• regulier	83	62
• vertraagd	16	37

2.3 Uitvoering van het onderzoek

Voor de afname van de toetsen bezocht een vooraf geïnstrueerde toetsleider gedurende een ochtendschooltijd de groep. Na een korte introductie kreeg elke leerling een map met de toetsen die hij of zij die ochtend zou gaan maken. De meeste mappen bevatten twee toetsen en de mappen waren zodanig samengesteld dat er een maximum aantal verschillende toetsen – willekeurig verdeeld over de leerlingen – in iedere groep werd afgenomen. Soms bevatte de map twee biologietoetsen, soms een biologietoets en een toets voor Natuurkunde en Techniek. In een aantal gevallen was daarnaast nog een vragenlijst aan de map toegevoegd. De toetsen werden in principe vóór de ochtendpauze afgenomen – iedere toetsafname duurde ongeveer 40 tot 45 minuten. Na de ochtendpauze werden de toetsen voor spreekvaardigheid afgenomen. De praktische opdrachten werden op de daarvoor geselecteerde scholen op een ander tijdstip afgenomen, ook nu weer door vooraf geïnstrueerde toetsleiders.

2.4 Analyses van de resultaten

De volgende tabel geeft een overzicht van de psychometrische eigenschappen van de drie vaardigheidsschalen van de peiling Natuurkunde en Techniek. We geven een korte toelichting op de tabel.

Psychometrische eigenschappen van de vaardigheidsschalen voor Natuurkunde en Techniek

schaal	Discriminatie-indices		Verdeling van p-waarden op S_i -toetsen													R1c-toets			Aantal leerlingen per opgave	
	aantal opgaven	range	geom. gem.	$\leq .05$	$-.1$	$-.2$	$-.3$	$-.4$	$-.5$	$-.6$	$-.7$	$-.8$	$-.9$	-1.0	?	R1c	df	p	gem.	range
1	85	1–7	3.2	3	7	9	7	7	6	8	11	9	15	10		732.19	700	.19	402	362 – 422
2	58	1–6	3.0	4	5	6	6	7	10	5	5	3	3	6		493.93	452	.08	409	362 – 831
3	29	3–3	3.0	2	5	1	2	3	5	2	2	3	0	1	3	174.91	53	.00	182	172 – 195

Vanwege polytome opgaven is het aantal items soms groter dan het aantal opgaven

Voor iedere vaardigheidsschaal is de omvang van de opgavenverzameling gegeven.

Range en geometrisch gemiddelde (geom.gem.) van de discriminatie-indices van deze opgaven. Deze indices bepalen de lengte van de op de vaardigheidsschalen afgebeelde IRT-segmenten: relatief hogere indices leiden tot kortere segmenten.

Overzicht van de overschrijdingskansen voor de S_i -toetsen (Verhelst, 1993). S_i -toetsen zijn bedoeld om tijdens de kalibratie van de opgavenverzameling modelschendingen op opgavenniveau te ontdekken. De tabel toont het eindresultaat van de kalibratie. In principe wordt een rechte verdeling verwacht over de onderscheiden intervallen, waarbij de eerste twee intervallen dan samengenomen moeten worden.

De R1c-toets is een globale toets die beschouwd kan worden als een combinatie van S_i -toetsen (Verhelst, 1993). De tabel bevat de toetsingsgrootte R1c, de vrijheidsgraden (df) en de overschrijdingskans (p).

Ten slotte vermeldt de tabel hoeveel leerlingen de opgaven hebben gemaakt. Omdat het hier geen standaard toetsen betreft maar opgavenverzamelingen, varieert meestal het aantal leerlingen per opgave in een verzameling. Per schaal wordt daarom het gemiddeld aantal leerlingen per opgave vermeld naast het minimum en maximum aantal (range).

1=Natuurkunde

2=Techniek

3=Praktische opdrachten

Het kalibreren van een itemverzameling is vaak een omvangrijk werk. Het is hier niet de plaats om daar uitvoerig op in te gaan. In het intern projectmemo 'Kwaliteitscontrole van PPON-schalen' heeft Verhelst een aantal procedures bijeengezet die een rol kunnen spelen bij de kalibratie van de items voor een vaardigheidsschaal.

Zeker wanneer er onvoldoende passing wordt verkregen tussen items en schaal, vinden er controles plaats op multidimensionaliteit van de itemverzameling en van homogeniteit van de leerlingpopulatie met betrekking tot de items. Uiteindelijk wordt een itemverzameling verkregen waarvoor in principe geldt dat a) individuele items binnen het model passen, b) items in verschillende leerlinggroepen op dezelfde wijze functioneren, dus onafhankelijk van de groep (vrijwel) dezelfde itemparameters hebben, c) er zoveel mogelijk een homogene verdeling is van de p-waarden op de S_i -toetsen over het interval (0,1) met zo weinig mogelijk significante waarden en waarbij d) de R1c-toets niet significant is. (Soms is de S_i -toets onbepaald en in dat geval is het aantal S_i -toetsen kleiner dan het aantal items).

Geconstateerd moet worden dat het laatste criterium bij de vaardigheidsschaal van de Praktische opdrachten niet wordt gerealiseerd. Additionele analyses hebben uitgewezen dat verdergaande itemselecties geen bijdrage meer leveren aan een verbetering van de R1c-toets, waarop de schaal dus niettemin wordt geaccepteerd. Significante afwijkingen worden geacht weinig betekenis te hebben zolang de waarde van de R1c niet veel afwijkt (niet meer dan factor 1.5) van het aantal vrijheidsgraden van de toetsingsgrootte. In dit geval is deze factor 3. Mogelijk is een en ander het gevolg van de typische beoordelingsprocedure voor deze vaardigheidsschalen in samenhang met het relatief geringe aantal items.

2.5 Standaardenonderzoek

De beschrijving van de resultaten van de leerlingen gaat steeds vergezeld van standaarden. Deze standaarden zijn bedoeld als referentiekader voor een evaluatieve interpretatie van de onderzoeksresultaten. De standaarden zijn vastgesteld tijdens het standaardenonderzoek dat in maart 2011 is uitgevoerd volgens de binnen het project PPON ontwikkelde methode (Van der Schoot, 2001). De belangrijkste elementen van dit standaardenonderzoek lichten we hier kort toe.

Kerdoelen voor het basisonderwijs

De kerndoelen voor het basisonderwijs zijn een belangrijk referentiekader om de kwaliteit van het onderwijs te beoordelen. Het is dan ook van belang na te gaan in hoeverre deze kerndoelen worden gerealiseerd. Nu zijn kerndoelen vrij globale beschrijvingen van kennis, inzicht en vaardigheden in een leerstofgebied, waaruit niet rechtstreeks het gewenste niveau van beheersing is af te leiden. Het standaardenonderzoek heeft tot doel om voor de verschillende onderwerpen drie vaardigheidsniveaus of standaarden aan te wijzen, waarbij achtereenvolgens sprake is van een minimum niveau, een voldoende niveau en een gevorderd niveau van beheersing.

De standaarden hebben geen voorschrijvend karakter maar zijn bedoeld als evaluatief referentiekader voor de discussie over de kwaliteit van de opbrengsten van het onderwijs in het licht van de kerndoelen basisonderwijs.

Drie standaarden

Er zijn voorafgaande aan het onderzoek drie standaarden gedefinieerd: de standaard Minimum, de standaard Voldoende en de standaard Gevorderd. De standaard Voldoende is de belangrijkste standaard. Deze standaard geeft het niveau aan waarop – volgens de beoordelaars – voor een onderwerp de kerndoelen van het basisonderwijs in voldoende mate beheerst worden.

Het is niet reëel te veronderstellen dat alle leerlingen de kerndoelen in voldoende mate kunnen bereiken. Gezien de spreiding in vaardigheid van leerlingen aan het einde van het basisonderwijs, zouden de kerndoelen dan op een wel zeer elementair niveau geformuleerd moeten worden. Anderzijds echter moet voldoende beheersing van de kerndoelen wel door de meerderheid van de leerlingen bereikt (kunnen) worden. In de beschrijving van de standaard Voldoende is deze meerderheid gedefinieerd als 70 tot 75 procent van de leerlingen. Met de standaard Voldoende wordt dus een niveau vastgesteld waarbij sprake is van voldoende beheersing van de betreffende kerndoelen, een niveau dat door 70 tot 75 procent van de leerlingen aan het einde van het basisonderwijs bereikt zou moeten worden.

Voor zover leerlingen de standaard Voldoende niet bereiken, dient het basisonderwijs te streven naar een minimaal beheersingsniveau. Dit niveau wordt geformuleerd met de standaard

Minimum. Vrijwel alle leerlingen zouden dit niveau moeten bereiken. Het percentage leerlingen is gedefinieerd als 90 tot 95 procent van de leerlingen.

De standaard *Gevorderd* is van een enigszins andere orde. Deze standaard bedoelt vooral aan te geven welke opgaven en de daaraan gerelateerde onderwijshouden nog niet thuishoren in het curriculum van het basisonderwijs en dus inhoudelijk de kerndoelen van het basisonderwijs overstijgen. Ongetwijfeld zullen er leerlingen zijn die deze opgaven kunnen maken, maar deze aspecten van de leerstof behoeven niet aan alle leerlingen voorgelegd te worden.

Definities van standaarden

Standaarden	Omschrijving
Minimum	De standaard Minimum geeft het niveau aan waarop de onderwerpen respectievelijk de daaraan gerelateerde kerndoelen voor Natuurkunde en Techniek beheerst zouden moeten worden. Dit niveau zou vrijwel door alle leerlingen aan het einde van het basisonderwijs bereikt moeten worden. Verwacht mag worden dat dit niveau bij 90 tot 95 procent van de leerlingen wordt gerealiseerd.
Voldoende	De standaard Voldoende geeft het niveau aan waarbij we voor een onderwerp spreken van voldoende vaardigheid voor leerlingen aan het einde van het basisonderwijs. Leerlingen op of boven dit niveau beheersen het onderwerp, respectievelijk de daaraan gerelateerde kerndoelen, in voldoende mate. Bij een score beneden dit niveau is er dus sprake van onvoldoende kennis of inzicht. Verwacht mag worden dat de meeste leerlingen aan het einde van het basisonderwijs dit niveau bereiken en dat het basisonderwijs dit niveau bij 70 tot 75 procent van de leerlingen realiseert.
Gevorderd	Deze standaard geeft het niveau aan dat de inhoud van het curriculum voor Natuurkunde en Techniek in het basisonderwijs overstijgt. Het betreft vragen of opdrachten waarvan we oordelen dat deze te moeilijk zijn, gelet op de inhoud van het curriculum. Het betreft aspecten van de leerstof die daarom niet aan (alle) leerlingen voorgelegd hoeft te worden.

Het beoordelaarspanel

Over het antwoord op de vraag wat leerlingen moeten kunnen op het niveau van de verschillende standaarden, zullen de meningen verdeeld zijn. Voor het vaststellen van de standaarden is daarom een zorgvuldige procedure opgezet waarmee de oordelen van geïnformeerde deskundigen zijn verzameld. Een panel van 26 geïnformeerde deskundigen (5 leraren basisonderwijs, 17 pabo-leraren, 3 schoolbegeleiders en 1 ontwikkelaar) heeft de standaarden vastgesteld voor Natuurkunde en Techniek. Voor de Praktische opdrachten zijn geen standaarden vastgesteld. Wel zijn deze opdrachten aan de beoordelaars voorgelegd met de vraag aan te geven in hoeverre deze opdrachten adequaat zijn voor leerlingen aan het einde van het basisonderwijs. De meeste beoordelaars hadden op de voorafgaande dag ook deelgenomen aan het standaardenonderzoek voor Biologie.

Het vaststellen van standaarden

Het vaststellen van de standaarden vindt plaats aan de hand van zogenaamde vaardigheidsschalen zoals die in paragraaf 2.6 worden beschreven en in hoofdstuk 4 bij ieder onderwerp worden gebruikt. Het beoordelingsproces begint met een uitvoerige introductie op en oefening in het kunnen interpreteren en het gebruik van vaardigheidsschalen. Het beoordelingsproces verloopt voor ieder onderwerp in drie beoordelingsfasen.

Fase 1

In de eerste fase krijgen de beoordelaars een boekje met een selectie van opgaven van een bepaald onderwerp. Voor elk onderwerp is aan de beoordelaars een selectie van achtentwintig opgaven voorgelegd. De opgaven in het boekje zijn gerangschikt van gemakkelijk naar moeilijk. De beoordelaars maken eerst zelf alle opgaven. Het boekje ging vergezeld van een formulier met de antwoordsleutels, waarmee men de eigen antwoorden kon controleren. Deze controle hield ook in dat de beoordelaars geïnformeerd werden over de criteria die zijn gehanteerd bij het beoordelen van de vragen. Op basis van hun oordeel over de mate waarin de verschillende vragen beheerst zouden moeten worden, geven de beoordelaars voor iedere standaard op de vaardigheidsschaal het gewenste niveau aan. Deze oordelen worden gegeven op vaardigheidsschalen zoals die in deze publicatie bij ieder onderwerp zijn afgebeeld. De vaardigheidsschaal laat voor elk scorepunt zien in hoeverre de leerlingen de verschillende opgaven goed, redelijk of onvoldoende beheersen. De beoordelaar kiest voor elke standaard een scorepunt op de vaardigheidsschaal dat het beste past bij zijn oordeel. De vaardigheidsschaal op deze beoordelingsformulieren is echter getransformeerd, zodat de beoordelaars geen informatie hebben over de vaardigheidsverdeling in de populatie. Ook de percentielindeling ontbrak. De oordelen in deze eerste fase zijn daarmee persoonlijke oordelen en alleen gebaseerd op inhoudelijke afwegingen, waarbij de beoordelaars dus wel zijn geïnformeerd over de relatieve moeilijkheidsgraad van de opgaven.

Fase 2

In de tweede fase discussiëren de beoordelaars in kleine groepjes over hun eerste oordelen. De discussiegroepen bestonden uit vier of vijf beoordelaars en waren, wat betreft de achtergrond van de deelnemers, gemengd van samenstelling. Deze discussies stellen de beoordelaars in de gelegenheid argumenten over en weer uit te wisselen en het eigen oordeel inhoudelijk te toetsen aan dat van anderen. Na afloop van de discussie geeft iedere beoordelaar – opnieuw individueel – een tweede oordeel voor elke standaard. Ook dit tweede oordeel wordt op de getransformeerde vaardigheidsschaal afgebeeld, net zoals in de vorige fase. De beoordelaars zijn erop gewezen dat de discussies niet primair op consensus gericht zijn, maar dat consensus de validiteit van de standaard wel versterkt. Het tweede oordeel wordt in de computer ingevoerd, waarna voor elke standaard de mediaan, het interkwartielbereik (de spreiding van de middelste 50% van de oordelen) en de totale range van de oordelen wordt berekend.

Fase 3

In de laatste fase komen de beoordelaars weer plenair bij elkaar en krijgen zij de vaardigheidsschaal uitgereikt met de juiste vaardigheidsverdeling, waarop nu ook de percentielen 10, 25, 50, 75 en 90 zijn afgebeeld. Hiermee krijgen zij informatie over de feitelijke vaardigheidsverdeling in de populatie. Deze vaardigheidsverdeling wordt op een scherm geprojecteerd, tezamen met de gegevens van de groepsoordelen uit de tweede fase. Iedere beoordelaar kan dan nagaan hoe de eigen oordelen zich verhouden tot de werkelijke vaardigheidsverdeling en welke positie deze oordelen innemen in het totaal van de groepsoordelen. De onderzoeksleider bespreekt met de groep de verhouding tussen de feitelijke vaardigheidsverdeling en de door de beoordelaars gewenste beheersingsniveaus voor de drie standaarden. Met name wordt daarbij stilgestaan bij de mate waarin de beoogde vaardigheidsniveaus in het basisonderwijs worden gerealiseerd. Na kennis te hebben genomen van deze aanvullende informatie geeft iedere beoordelaar voor elke standaard een definitief oordeel op de werkelijke vaardigheidsschaal.

In deze balans is van elke standaard het interkwartielbereik van de oordelen uit de derde fase op de vaardigheidsschalen afgebeeld. Het interkwartielbereik laat de spreiding zien van de oordelen van de middelste 50 procent van de beoordelaars. Hoe meer beoordelaars onderling overeenstemmen over het gewenste niveau, des te smaller zal deze spreiding zijn.

Resultaten

Aan de hand van de volgende tabel geven we een globaal overzicht van het verloop van de drie beoordelingsfasen.

Gemiddelde (gem.) en standaardafwijking (s.a.) van de oordelen in de drie beoordelingsfasen van het standaardonderzoek voor Natuurkunde en Techniek

Standaard		Minimum			Voldoende			Gevorderd		
Beoordelingsfase		1	2	3	1	2	3	1	2	3
Natuurkunde	gem.	199	196	195	263	257	256	320	316	310
	s.a.	24,0	16,8	14,8	24,1	26,4	22,0	23,6	17,9	22,7
Techniek	gem.	236	236	224	299	298	288	360	360	349
	s.a.	16,8	11,7	13,6	19,2	12,3	17,0	22,9	18,8	17,6

Zowel voor Natuurkunde als Techniek zijn de gemiddelde oordelen voor de drie standaarden in de loop van het beoordelingsproces naar beneden bijgesteld. Soms gebeurde dat al in de tweede beoordelingsfase soms in de derde fase wanneer de beoordelaars hun eerder afgegeven oordeel konden vergelijken met de feitelijke prestaties van de leerlingen. Deze bijstellingen waren over het algemeen klein. De variatie in oordelen is gedurende het beoordelingsproces in de meeste gevallen afgenomen en daarmee is de consensus tussen de beoordelaars dus enigszins toegenomen. In een aantal gevallen zien we een forse reductie in de beoordelingsvariatie in de tweede beoordelingsfase, bijvoorbeeld standaarden Minimum en Gevorderd voor Natuurkunde en de drie standaarden voor Techniek. Maar daarna zien we op verschillende plaatsen weer in toename in beoordelingsvariatie in de derde beoordelingsfase. Deze toename wordt dan veroorzaakt doordat beoordelaars in wisselende mate hun eerste oordelen bijstellen in het licht van de bereikte resultaten. Uiteindelijk zijn de verschuivingen in de oordelen daardoor over het algemeen niet groot.

2.6 Rapportage van de resultaten

In hoofdstuk 4 beschrijven we per onderwerp de resultaten van de leerlingen. Aan de hand van een reeks voorbeeldopgaven illustreren we voor ieder onderwerp over welke kennis en inzichten leerlingen op verschillend niveau van vaardigheid beschikken. We maken verschillen tussen groepen leerlingen zichtbaar en geven aan in hoeverre de standaarden worden gerealiseerd en welke opgaven leerlingen voor deze standaarden moeten kunnen oplossen. Deze onderzoeksresultaten worden in een diagram afgebeeld. Enerzijds wordt het diagram daardoor complex, anderzijds illustreert het de samenhang tussen de verschillende resultaten. Op de volgende pagina's geven we een toelichting op dit diagram.

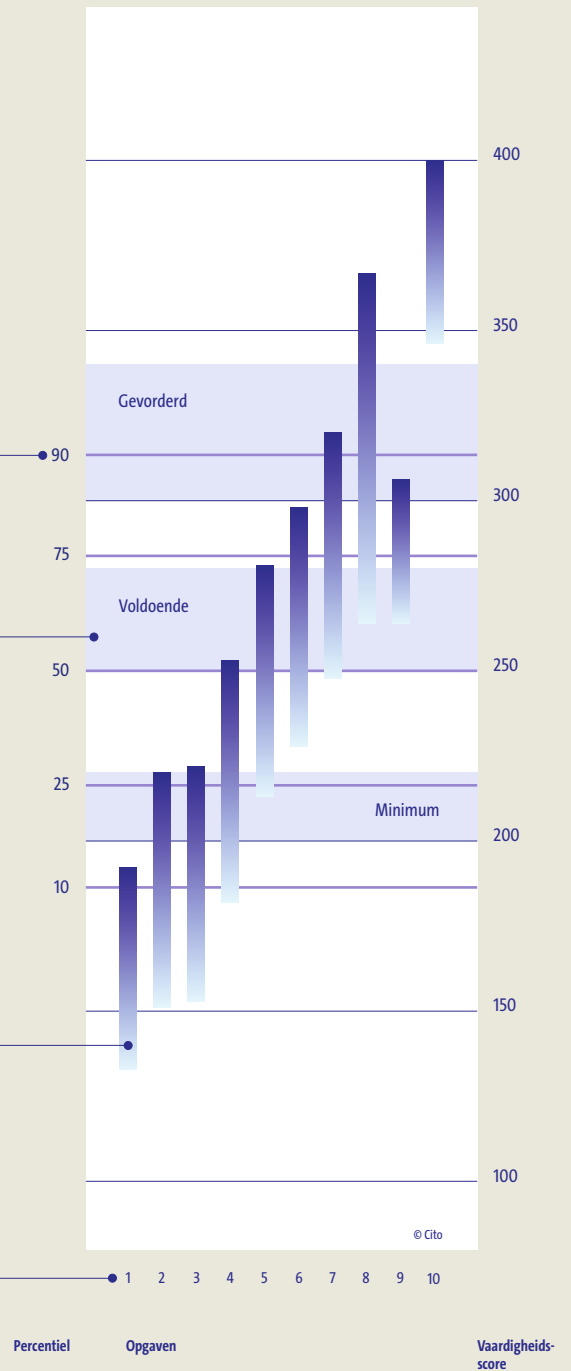
De vaardigheidsschaal bij het onderwerp Een voorbeeld

Met de **percentielscores** 90, 75, 50, 25 en 10 wordt de vaardigheidsverdeling in de leerlingpopulatie aangegeven. Percentiel 25 betekent dat 25% van de leerlingen een lagere score heeft en dus 75% van de leerlingen daarboven scoort.

Experts hebben standaarden vastgesteld voor gewenste vaardigheidsniveaus. Voor elke **standaard** wordt in de figuur het interkwartielbereik van hun oordelen afgebeeld.

Balkjes illustreren de **moeilijkheidsgraad** van de opgaven. De bovengrens van het balkje geeft het niveau aan waarop leerlingen de opgave voor 80% goed maken. Leerlingen met deze of een hogere score beheersen deze opgave goed. Leerlingen met vaardigheidsscores binnen het bereik van het balkje beheersen de opgave matig, uiteenlopend van redelijk goed in het donkere gebied tot net voldoende in het meest lichte gebied. De ondergrens van het balkje geeft het niveau aan waarop leerlingen de opgave voor 50% goed maken. Leerlingen met deze of een lagere score beheersen deze opgave onvoldoende.

Op deze vaardigheidsschaal is de moeilijkheidsgraad van 10 **opgaven** afgebeeld. Deze opgaven zijn als voorbeeldopgaven in de balans opgenomen en worden meestal in volgorde van moeilijkheidsgraad afgebeeld.





De afbeelding bestaat uit een brede kolom aan de linkerkzijde en drie smallere kolommen aan de rechterzijde. In het linkerdeel staan afgebeeld:

- de vaardigheidsschaal met de verdeling binnen de leerlingpopulatie;
- de moeilijkheidsgraad van een aantal opgaven;
- het niveau van de standaarden Minimum, Voldoende en Gevorderd.

In het rechterdeel van de afbeelding staan de vaardigheidsverdelingen van een aantal groepen leerlingen. Weergegeven zijn de vaardigheidsverdelingen voor de verschillende niveaus van drie variabelen, te weten formatiegewicht, geslacht en leertijd.

De vaardigheidsschaal en de verdeling in de leerlingpopulatie

De vaardigheidsschalen zijn geconstrueerd met behulp van een zogenoemd itemresponsmodel. De aanname is dat de vaardigheid zoals die met de schaal gemeten wordt, bij benadering normaal verdeeld is in de populatie. De maatverdeling op de schaal is ter vrije keuze. In PPON is ervoor gekozen om het landelijk gemiddelde van de leerlingpopulatie in de onderzoeksgroep – eind jaargroep 8 in 2010 – op schaalwaarde 250 te stellen en de standaardafwijking op 50. De vaardigheidsschaal wordt steeds afgebeeld tussen de vaardigheidsscores 100 en 400, een bereik dus van drie standaardafwijkingen boven en drie onder het gemiddelde van 250. Geheel rechts in de figuur staan de vaardigheidsscores vermeld, oplopend met een waarde van 50. Links op de schaal zijn enkele percentielen weergegeven, en wel percentiel 10, 25, 50, 75 en 90. Een percentiel geeft aan hoeveel procent van de leerlingen in de populatie de betreffende of een lagere vaardigheidsscore heeft. Ter illustratie: percentiel 25 ligt op vaardigheidsscore 216. Dit betekent dat 25% van de leerlingen een score van 216 of lager heeft en 75% van de leerlingen dus een hogere vaardigheidsscore heeft. Percentiel 50 ligt uiteraard op vaardigheidsscore 250, zijnde de score van de gemiddelde leerling.

De moeilijkheidsgraad van de opgaven

Een bekende manier om de moeilijkheidsgraad van een opgave aan te geven, is de zogenoemde p-waarde. Een p-waarde van 0,80 betekent dat 80% van de leerlingen die opgave correct heeft beantwoord. Een opgave met een p-waarde van 0,50 is moeilijker, omdat nu slechts de helft van de leerlingen de opgave juist heeft gemaakt.

Een opgave is echter niet voor alle leerlingen even moeilijk te maken. Over het algemeen zal gelden dat naarmate een leerling een onderwerp beter beheerst, hij of zij een grotere kans heeft om een opgave over dat onderwerp goed te beantwoorden. Die relatie wordt voor een aantal opgaven afgebeeld in de linkerkolom van de figuur met verticale balkjes. Het verticale balkje begint op het punt dat de kans om die opgave goed te maken 0,5 is. Leerlingen op dit vaardigheidsniveau zullen gemiddeld vijf van de tien opgaven van precies dit type goed maken. Naarmate een opgave moeilijker is, zal dat beginpunt steeds hoger op de schaal komen te liggen. De opgaven zijn dus gerangschikt naar moeilijkheidsgraad.

Het balkje eindigt op het punt dat de kans op het correcte antwoord 0,8 bedraagt. Dat wil dus zeggen dat leerlingen op dit vaardigheidsniveau gemiddeld acht van de tien opgaven van precies dit type goed zullen maken. Het kleurverloop in het balkje, van lichter naar donkerder, symboliseert de toename in de kans om de opgave goed te maken.

Aan de hand van het balkje onderscheiden we drie niveaus in de beheersing van een opgave, zoals ook de legenda laat zien:

- We spreken van *goede beheersing* wanneer de kans op een goed antwoord groter is dan 0,8. De leerling heeft dan een vaardigheidsscore die hoger ligt dan het balkje aangeeft.
- Wanneer de kans op een goed antwoord tussen 0,5 en 0,8 ligt, spreken we van een *matige beheersing*. Dit gebied op de vaardigheidsschaal komt dus overeen met wat het balkje weergeeft.

- We spreken van *onvoldoende beheersing* van een opgave wanneer de kans op een goed antwoord kleiner is dan 0.5. De vaardigheidsscore van de leerling ligt dan onder het beginpunt van het balkje.

Laten we ter verdere illustratie opgave 7 nemen. Leerlingen met vaardigheidsscore 250 hebben een kans van 0.5 om die opgave goed te maken. Leerlingen met een lagere vaardigheidsscore beheersen opgave 7 dus onvoldoende. Als we nu naar de percentiellijnen kijken, dan zien we dat 50% van de leerlingen een vaardigheidsscore heeft die lager is dan 250. Daaruit kunnen we concluderen dat 50% van de leerlingen deze opgave onvoldoende beheerst.

Dezelfde leerlingen met vaardigheidsscore 250 hebben een kans van 0,8 om opgave 4 goed te maken. Leerlingen met deze of een hogere vaardigheidsscore beheersen deze opgave dus goed. Zij zullen gemiddeld minder dan twee op de tien soortgelijke opgaven fout maken. Uit de percentiellijnen kunnen we weer afleiden dat ongeveer 50% van de leerlingen een hogere vaardigheidsscore heeft en opgave 4 dus goed beheerst. De ondergrens van het balkje voor opgave 4 ligt ongeveer bij vaardigheidsscore 185. Leerlingen met een vaardigheidsscore tussen 182 en 252 beheersen opgave 4 matig.

De afgebeelde opgaven vormen een selectie van alle opgaven op de schaal en zijn met zorg gekozen. Zij vormen enerzijds een goede afspiegeling van de inhoudelijke aspecten die met de opgaven worden gemeten. Anderzijds bestrijken zij een groot bereik van de vaardigheidsschaal, dat wil zeggen dat zij een goed beeld geven van de spreiding van de moeilijkheidsgraad van de opgaven over de gehele schaal.

Het niveau van de standaarden

Wat vinden de geraadpleegde deskundigen dat leerlingen van een onderwerp zouden moeten weten of kunnen? Welke opgaven moeten leerlingen wel of niet kunnen maken en welk vaardigheidsniveau zouden zij dus moeten hebben? Ter beantwoording van deze vragen is een standaardenonderzoek uitgevoerd (zie paragraaf 2.5). Deskundige beoordelaars hebben standaarden vastgesteld voor drie niveaus van beheersing: Minimum, Voldoende en Gevorderd. Deze drie standaarden staan in de figuur afgebeeld met donkere horizontale balken. Om een indicatie te geven van de variatie in oordelen van beoordelaars beelden we met een balk de spreiding aan van de oordelen van de middelste 50% van de beoordelaars, het zogenoemde interkwartielbereik.

Uit de figuur is nu vrij eenvoudig af te leiden dat de leerlingen op het niveau van de standaard Minimum de eerste opgave goed moeten beheersen en ook de opgaven 2 en 3 zouden volgens de meeste beoordelaars redelijk goed beheerst moeten worden, terwijl opgaven van het type zoals opgave 4 matig beheerst zouden moeten worden. De overige opgaven behoeven volgens de beoordelaars op het niveau van de standaard Minimum niet beheerst te worden.

Op het niveau van de standaard Voldoende moeten de leerlingen de eerste vier à vijf opgaven goed of redelijk goed beheersen. Bij deze standaard is sprake van redelijke beheersing van de opgaven 5, 6 en 7 en zeer matige beheersing van de opgaven 8 en 9. Opgave 10 en volgende worden op het niveau van de standaard Voldoende dus niet meer beheerst.

De verschillen tussen de beoordelaars zijn in dit geval klein voor de standaard Minimum, hetgeen blijkt uit de relatief smalle band voor het interkwartielbereik van oordelen voor deze standaard. Het interkwartielbereik voor de standaard Voldoende is breder en de overeenstemming tussen beoordelaars voor deze standaard was dus minder groot.

Met uitzondering van opgave 8 worden op het niveau van de standaard Gevorderd de eerste negen opgaven goed beheerst. Dat betekent dat naar het oordeel van de beoordelaars beheersing van de opgaven 8 en 10 het curriculum voor de onderzoeksgroep overstijgen. In het geval van een peiling aan het einde van het basisonderwijs (jaargroep 8) betekent dit dat bijna alle opgaven binnen de termen van de kerndoelen voor het basisonderwijs vallen.

De figuur laat ook zien in hoeverre de leerlingen deze standaarden bereiken. Op deze schaal bereikt ongeveer 75% tot 80% van de leerlingen de standaard Minimum en minder dan 50% van de leerlingen de standaard Voldoende. Zoals in paragraaf 2.5 is uiteengezet, zou de standaard Minimum door 90 tot 95% van de leerlingen bereikt moeten worden en de standaard Voldoende door 70 tot 75% van de leerlingen. Voor dit onderwerp betekent dat dus dat zowel voor de standaard Minimum als voor de standaard Voldoende geldt dat te weinig leerlingen het niveau van deze standaarden haalt. Aan de hand van de voorbeeldopgaven kan de lezer zelf nagaan in hoeverre hij of zij deze conclusie onderschrijft.

De vaardigheidsverdelingen van groepen leerlingen

In het rechter gedeelte van de figuur zijn de vaardigheidsverdelingen van verschillende groepen leerlingen afgebeeld. In deze figuur betreft het de vergelijking tussen leerlingen naar formatiegewicht, geslacht en leertijd. Voor iedere onderscheiden groep leerlingen wordt de geschatte vaardigheidsverdeling afgebeeld. Bij deze vaardigheidsverdelingen is niet gecorrigeerd voor andere factoren die mogelijk van invloed zijn op de resultaten. De wijze van afbeelden laat een vergelijking toe tussen de prestaties van de leerlingen wat betreft de variabelen:

- formatiegewicht, met de niveaus 0.0, 0.3 en 1.2;
- geslacht, met de niveaus jongen en meisje; en
- leertijd, met de niveaus regulier en vertraagd.

We onderscheiden voor iedere groep leerlingen vijf percentielpunten op de vaardigheidsschaal. De gemiddelde vaardigheidsscore van een groep (percentiel 50) is met een wit sterretje aangeduid. In dit geval leert de figuur ons bijvoorbeeld dat de gemiddelde vaardigheidsscore van 0.0-leerlingen 259 bedraagt, van 0.3-leerlingen 238 en van 1.2-leerlingen 209.

De verschillen in vaardigheidsniveaus tussen de onderscheiden groepen leerlingen kunnen vervolgens inhoudelijke betekenis krijgen aan de hand van de voorbeeldopgaven. Zo beheerst de gemiddelde 0.0-leerling in dit geval de eerste vier opgaven goed en de opgaven 5, 6 en 7 redelijk goed tot matig, terwijl de gemiddelde 1.2-leerling alleen de eerste opgave goed beheerst en de opgaven 2, 3 en 4 matig.

Verder is uit de figuur ook af te leiden dat ongeveer 50% van de 0.0-leerlingen de standaard Voldoende bereikt. Deze standaard ligt bij de 1.2-leerlingen echter rond percentiel 90 en dat betekent dat slechts ongeveer 10% van de 1.2-leerlingen de standaard Voldoende bereikt. De standaard Minimum wordt door ongeveer 50% van de 1.2-leerlingen gehaald, terwijl meer dan 90% van de 0.0-leerlingen het niveau van deze standaard bereikt.

Op vergelijkbare manier illustreert de afbeelding ook de verschillen tussen jongens en meisjes.

3 Onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek

3 Onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek

Het onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek is in de bovenbouw van het basisonderwijs geïnventariseerd aan de hand van een schriftelijke vragenlijst. Deze enquête bevatte vragen over organisatorische aspecten, over het methodegebruik, over aandacht voor specifieke onderwerpen binnen het leerstofdomein Natuurkunde en het leerstofdomein Techniek. Daarnaast is gevraagd of scholen deelnemen aan het Programma VTB.

Aan de leraren van de jaargroepen 6, 7 en 8 van de scholen die aan het peilingsonderzoek meededen is gevraagd een vragenlijst te beantwoorden over het onderwijsaanbod voor Natuurkunde en Techniek. Van de 137 deelnemende scholen hebben uit jaargroep 6 104 leraren (76%) de vragenlijst beantwoord, uit jaargroep 7 114 leraren (83%) en uit jaargroep 8 eveneens 114 leraren (83%).

3.1 Onderwijsaanbod voor Natuurkunde

Organisatorische aspecten van het natuurkundeonderwijs

Ongeveer de helft van de leraren geeft natuurkundeonderwijs voornamelijk als een apart vak, voor een derde deel van de leraren is natuurkundeonderwijs voornamelijk een geïntegreerd onderdeel van wereldoriëntatie en ongeveer tien procent van de leraren geeft natuurkunde deels als een apart vak en deels geïntegreerd. Voor de meeste leraren geldt dat wanneer natuurkundeonderwijs als een geïntegreerd onderdeel wordt aangeboden dit gebeurt op basis van de methode die men voor natuuronderwijs c.q. wereldoriëntatie gebruikt. Slechts een kwart van de leraren geeft elke week natuurkundeles maar ongeveer de helft van de leraren zegt hooguit één keer per maand natuurkundeles te geven. De leraren van de verschillende leerjaren schatten de gemiddelde lestijd voor natuurkunde op een half uur per week en dat is vergelijkbaar met de gemiddelde lestijd voor natuurkunde in 2002. Er zijn geen verschillen in geschatte lestijd tussen de verschillende jaargroepen en schoolstrata (zie hoofdstuk 2). Ook maakt het niet uit of leraren deelnemen aan het Programma Verbreding Techniek in het Basisonderwijs (zie paragraaf 3.3), maar niet duidelijk is geworden of lestijd voor techniek binnen of buiten natuurkunde wordt gegeven.

Organisatorische aspecten van het natuurkundeonderwijs (% leraren)

	Jaargroep 6	Jaargroep 7	Jaargroep 8
Geeft het natuurkundeonderwijs			
• als apart onderdeel van wo	53	49	54
• geïntegreerd	35	38	37
• deels apart, deels geïntegreerd	12	8	5
Gebruikt een methode voor natuurkunde	72	71	75
Geeft natuurkundeonderwijs			
• ongeveer elke week	27	26	26
• vaker dan 1 keer per maand	19	19	25
• 1 keer per maand of minder	53	52	49
Gebruikelijke duur van een natuurkundeles			
• ongeveer 30 minuten of minder	41	34	31
• ongeveer 45 minuten	40	42	43
• ongeveer 60 minuten of meer	13	18	22
Gemiddelde lestijd in minuten per week (standaardafwijking)	28 (21)	26 (17)	25 (17)

Het gebruik van natuurkundemethoden

Drie kwart van de leraren gebruikt een methode voor het natuurkundeonderwijs en dat is vrijwel steeds dezelfde methode als voor biologieonderwijs wordt gebruikt. Het betreft dus methoden voor natuuronderwijs en dat verklaart voor een groot deel ook de bevinding dat veel leraren hun onderwijs in natuurkunde beschouwen als een geïntegreerd onderdeel van wereldoriëntatie.

In totaal noemen leraren zeventien verschillende methoden. Daarvan worden drie methoden – *Natuurlijk!*, *Leefwereld* en *Wijzer door de natuur* – door meer dan tien procent van de leraren genoemd en nog eens twee methoden – *Natuniek* en *Naut* – door meer dan vijf procent van de leraren. De meeste overige methoden worden slechts op één school gebruikt. De verschillen naar jaargroep zijn uiteraard verwaarloosbaar aangezien de aanschaf van een methode veelal een gemeenschappelijke beslissing van het schoolteam zal zijn.

Methoden voor natuurkundeonderwijs (% leraren)

Methode	Jaargroep 6	Jaargroep 7	Jaargroep 8
Natuurlijk!	18	20	19
Leefwereld	14	18	19
Wijzer door de natuur	12	9	7
Natuniek	7	7	7
Naut	8	7	8

Vervolgens is de leraren gevraagd hoe intensief zij de methode volgen. Hoeveel procent van de onderwerpen uit de methode komen naar hun inschatting ook daadwerkelijk in het onderwijs aanbod? Zowel de verschillen tussen methoden als tussen groepen binnen methoden zijn relatief klein. Leraren die de methode *Leefwereld* gebruiken schatten in dat zij voor 60 procent het aanbod aan onderwerpen in hun onderwijs realiseren. Voor de overige vier methoden geldt dat de inhoud volgens de leraren voor meer dan 80 procent in het onderwijsaanbod wordt gerealiseerd (75 procent waar het de methode *Wijzer door de natuur* in jaargroep 6 en 7 betreft). De meeste leraren zijn ook tevreden met de methode die zij voor het natuurkundeonderwijs gebruiken. Met name geldt dat voor gebruikers van de methode *Natuniek* waarover meer dan 90 procent van de leraren tevreden is, gevolgd door gebruikers van de methode *Naut* met ongeveer 80 procent tevreden gebruikers. Ongeveer twee derde van de leraren die de methodes *Natuurlijk!* en *Leefwereld* gebruiken, is tevreden met de methode, terwijl de methode *Wijzer door de natuur* ongeveer 50 procent tevreden gebruikers kent.

De kritiek die leraren op de methode hebben is tamelijk divers. Zonder in te gaan op specifieke methodes is de kritiek vaak dat de methode te talig en/of te moeilijk is, verouderd is, er een duidelijke leerlijn ontbreekt, teveel voorbereiding vergt, of opdrachten moeilijk praktisch uitvoerbaar zijn.

Naast de methode maken de meeste leraren ook gebruik van additionele leermiddelen zoals schooltelevisie, leskisten van NME en internet.

Ook in 2002 waren de methoden *Natuurlijk!* en *Leefwereld* de meest gebruikte methoden.

Geschat gebruik van de methode voor natuurkundeonderwijs

Gemiddeld percentage aangeboden onderwerpen uit de methode			
Methode	Jaargroep 6	Jaargroep 7	Jaargroep 8
Natuurlijk!	88	84	87
Leefwereld	63	63	59
Wijzer door de natuur	75	75	83
Natuniek	94	86	80
Naut	88	84	87

Mate van tevredenheid over methode voor natuurkundeonderwijs (% leraren)

Methode	Is tevreden (t) of deels tevreden (dt) over methode					
	Jaargroep 6		Jaargroep 7		Jaargroep 8	
	t	dt	t	dt	t	dt
Natuurlijk!	63	26	65	13	64	23
Leefwereld	71	29	70	10	59	27
Wijzer door de natuur	58	42	50	50	38	50
Natuniek	100	0	87	87	87	13
Naut	87	13	87	87	78	22

Aandacht voor onderwerpen uit het domein Natuurkunde

We hebben de leraren een lijst met onderwerpen uit het leerstofdomein voor Natuurkunde voorgelegd. De leraren is daarbij de vraag voorgelegd of zij aan deze onderwerpen aandacht besteden, waarbij de vraag op drie niveaus beantwoord kon worden:

- écht aandacht, dat wil zeggen dat het onderwerp in twee of meer lessen aan de orde is gesteld,
- weinig aandacht, dat wil zeggen dat het onderwerp terloops of hooguit in een les aan de orde is geweest,
- en geen aandacht en het onderwerp dus in het geheel niet is behandeld.

Opnieuw valt op dat er nauwelijks inhoudelijk verschil in onderwijsaanbod blijkt te zijn tussen de drie leerjaren. Bij bijna alle onderwerpen zeggen relatief gezien de meeste leraren – variërend van 40 tot 50 procent – dat zij er hooguit één les aan besteden. Relatief veel leraren in jaargroep 6 zeggen dat zij niet spreken over onderwerpen als *Zinken*, *zweven*, *drijven* en *Lucht*. Ook in de jaargroepen 7 en 8 zegt een derde van de leraren aan deze onderwerpen geen aandacht te besteden. Anderzijds zeggen relatief veel leraren in alle drie de jaargroepen dat zij twee of meer lessen besteden aan onderwerpen die betrekking hebben op *Energie*.

Vergeleken met 2002 zeggen leraren bij alle onderwerpen minder vaak dat zij er duidelijk in twee of meer lessen aandacht aan besteden. Dat geldt bijvoorbeeld voor onderwerpen als *Energie* en *Elektriciteit* waaraan in 2002 meer dan twee derde deel van de leraren twee of meer lessen zeiden te besteden. Aan onderwerpen als *Zinken*, *zweven*, *drijven* en *Lucht* of *Geluid* besteedde in 2002 ongeveer een derde deel van de leraren in meerdere lessen aandacht, terwijl dat nu varieert van 10 tot 20 procent van de leraren.

Aandacht voor onderwerpen in onderwijsaanbod voor Natuurkunde (% leraren)

	Jaargroep 6			Jaargroep 7			Jaargroep 8		
	geen	weinig	echt	geen	weinig	echt	geen	weinig	echt
1 Krachten Verschillende krachten (o.a. zwaartekracht, magnetische kracht, veerkracht, wrijvingskracht); snelheid en bewegingsrichting van een voorwerp in relatie tot kracht	22	46	30	21	50	25	11	44	36
2 Energie Energiebronnen, energieomzettingen, brandstoffen en afvalstoffen, warmteverplaatsing (straling, stroming, geleiding), isolatie, smelten, verdampen, condenseren en stollen	21	34	43	8	47	42	7	46	40
3 Licht en kleur Licht en lichtbronnen, wit zonlicht en kleuren, schaduwen	27	42	29	18	50	27	18	53	22
4 Elektriciteit Opwekking, opslag, elektrische stroom, stroomkring, geleiding van stroom, kortsluiting	38	27	33	22	42	32	7	38	47
5 Zinken, zweven, drijven Opwaartse kracht van water en zinken, zweven, drijven; relatie opwaartse kracht en grootte van het voorwerp	44	39	14	30	50	14	29	51	13
6 Lucht Gassen, luchtdruk, vacuüm, reactie bij verwarming en afkoeling	41	48	10	33	47	15	32	47	13
7 Geluid Trilling, verplaatsing in materialen, toonhoogte, geluidssterkte	38	38	21	30	46	18	27	49	16
8 Magnetisme Magneten, ijzer, polen, kompas	34	43	20	24	49	21	16	44	32

Activiteiten en problemen

We hebben de leraren ook een aantal activiteiten voorgelegd die in het kader van natuurkunde-onderwijs uitgevoerd zouden kunnen worden. De verschillen in het percentage leraren van de verschillende jaargroepen dat de genoemde activiteiten uitvoert, zijn gering. Het gebruik van internet is een breed geaccepteerd middel om informatie te zoeken over natuurkunde-onderwerpen, met name ook door leerlingen zelf. Drie kwart van de leraren in jaargroep 7 en 8 en iets meer dan helft van de leraren in jaargroep 6 laat leerlingen gebruik maken van internet. In 2002 werd internet door een op de drie leraren gebruikt. Ongeveer de helft van de leraren laat leerlingen een gesloten of een open natuurkundeproefje doen. In het eerste geval volgt de leerling een handleiding voor de proef, in het tweede geval is de proef minder prescriptief en ontdekt de leerlingen eerder zelf hoe iets werkt, waarbij de leraar meer of minder kan sturen. Een vergelijkbaar percentage leraren introduceert een natuurkundeonderwerp middels een natuurkundeproef.

Verder instrueert ongeveer de helft van de leraren natuurkundeonderwerpen aan de hand van tv- of videoregistraties en laat leerlingen een toets of proefwerk maken voor natuurkunde. Ongeveer een op de drie leraren in jaargroep 7 en 8 bezoekt in het kader van het natuurkunde-onderwijs een tentoonstelling of gaat met de leerlingen op excursie (in jaargroep 6 iets minder). Het maken van een werkstuk, het houden van een spreekbeurt of huiswerkopdrachten die gerelateerd zijn aan natuurkundeonderwerpen komen bij ongeveer een kwart van de leraren

voor. Een vergelijkbaar percentage leraren zegt soms een gastdocent of ouder uit te nodigen die iets kan vertellen over een aan natuurkunde gelieerd onderwerp. Leraren zeggen cd-rom's over natuurkundeonderwerpen nauwelijks te gebruiken.

Voor de meeste activiteiten geldt dat er ten opzichte van de peiling in 2002 weinig verschil is in het percentage leraren dat genoemde activiteiten uitvoert. Het maken van een werkstuk, het houden van een spreekbeurt of het meegeven van huiswerkopdrachten komen nu iets minder vaak voor dan in 2002.

Tot slot hebben we de leraren enkele problemen voorgelegd die een belemmering voor goed natuurkundeonderwijs zouden kunnen zijn. Voor alle genoemde problemen geldt dat vergeleken met de peiling in 2002 minder leraren dat vaak ook als een probleem ervaren. Zo geeft 30 tot 40 procent van de leraren aan dat een overladen onderwijsprogramma hen verhindert om voldoende tijd aan natuurkunde te kunnen besteden; in 2002 was dat 50 tot 60 procent van de leraren. Een vergelijkbaar percentage leraren heeft onvoldoende geschikt materiaal om natuurkundeproefjes uit te kunnen voeren terwijl dat in 2002 door ongeveer 70 procent van de leraren als een serieus probleem werd ervaren. Dit zijn voor leraren relatief gezien ook de grootste problemen.

Weinig leraren vinden de methode een probleem, ongeveer de helft vindt dat de eigen deskundigheid soms tekort schiet en eveneens de helft heeft 'soms' onvoldoende tijd om goed natuurkundeonderwijs te geven. In 2002 was met name de tijd nog voor een derde van de leraren vaak een probleem. Weinig leraren ook hebben – overigens net als in 2002 – last van desinteresse bij de leerlingen.

Activiteiten in het kader van natuurkundeonderwijs (% leraren)

Activiteiten	Jaargroep 6	Jaargroep 7	Jaargroep 8 (2001)
Leerlingen maken op school gebruik van <u>internet</u> voor informatie over natuurkundeonderwerpen.	55	75	73
Leerlingen doen een <u>gesloten onderzoekje</u> over een natuurkundeonderwerp (ze doen onderzoek volgens een handleiding).	58	54	61
Leerlingen maken <u>een toets of proefwerk</u> over natuurkundeonderwerpen.	53	54	59
Leerlingen doen een min of meer <u>open onderzoekje</u> over een natuurkundeonderwerp (ze zijn benieuwd hoe iets zit en ontdekken zelf door onderzoek; leerkracht kan min of meer sturen).	42	53	58
Leerlingen kijken naar <u>dia's, tv/videoregistraties</u> .	61	64	56
Leerlingen ontvangen een introductie in natuurkundeonderwerpen met behulp van <u>natuurkundeproefjes</u> (demonstratie).	44	51	52
Leerlingen bezoeken <u>een tentoonstelling of krijgen een excursie</u> in het kader van het natuurkundeonderwijs.	20	36	35
Leerlingen krijgen een <u>gastdocent of ouder</u> op bezoek die iets vertelt over een aan natuurkunde gerelateerd onderwerp (bv. vanuit de beroepssituatie).	15	21	28
Leerlingen maken <u>een werkstuk</u> over een natuurkundeonderwerp.	17	19	28
Leerlingen houden <u>een spreekbeurt</u> over een natuurkundeonderwerp.	14	18	23
Leerlingen krijgen <u>huiswerkopdrachten</u> mee voor natuurkunde.	14	18	20
Leerlingen gebruiken op school <u>cd-rom's</u> over natuurkundeonderwerpen.	8	7	10

Problemen die leraren niet, soms of vaak ervaren als belemmering voor goed natuurkundeonderwijs (% leraren)

Mogelijke problemen	jaargroep 6			jaargroep 7			jaargroep 8		
	niet	soms	vaak	niet	soms	vaak	niet	soms	vaak
Het onderwijsprogramma is te overladen om voldoende tijd aan natuurkunde te kunnen besteden.	19	46	31	21	33	41	13	47	36
De methode die ik voor het natuurkundeonderwijs gebruik, is eigenlijk niet geschikt.	51	22	15	45	28	18	46	28	17
Het ontbreekt mij aan voldoende deskundigheid om goed natuurkundeonderwijs te kunnen geven.	39	46	11	41	46	8	47	44	5
Ik heb onvoldoende tijd om mijn natuurkundelessen goed voor te bereiden.	29	45	19	30	46	18	30	47	20
Ik ervaar dat jongens duidelijk meer geïnteresseerd zijn in natuurkundeonderwerpen dan meisjes.	64	26	4	62	23	7	61	25	11
Ik heb geen geschikt materiaal om natuurkundeproefjes uit te kunnen voeren.	20	42	33	26	33	34	26	39	32

3.2 Onderwijsaanbod voor Techniek

Organisatorische aspecten van onderwijs in Techniek

Sinds 2001 kunnen scholen deelnemen aan het *Programma Verbreding Techniek in het Basisonderwijs (VTB)*. Het programma beoogt de belangstelling voor techniek op basisscholen te vergroten en daartoe ontvangen scholen die daaraan deelnemen extra subsidie. Desgevraagd zegt 30 procent van de leraren in jaargroep 6 en 7 deel te nemen aan VTB en in jaargroep 8 36 procent van de scholen. De website *Wetenschap en techniek in het basisonderwijs* stelt dat in 2010 30 procent van de basisscholen aan het VTB-programma zullen deelnemen; de steekproef van het peilingsonderzoek komt daarmee overeen. Wel is er een duidelijk verschil in deelname aan het VTB-programma op stratum-niveau. Naarmate het stratumniveau van de scholen oploopt – en daarmee dus het percentage gewichtsl leerlingen – neemt de deelname aan VTB duidelijk af: van 39 procent in stratum 1 naar 0 procent in stratum 4. Op het niveau van de regio's vinden we kleine verschillen: de deelname is het grootst in Zuid-Nederland (regio B) met 36 procent van de leraren en het kleinst in Noord-Nederland (regio D) met 26 procent van de leraren.

Deelname aan het VTB-programma naar jaargroep, stratum en regio

	% leraren
Jaargroep	
• jaargroep 6	31
• jaargroep 7	30
• jaargroep 8	36
Stratum	
• 1 (0-10%)	39
• 2 (10-25%)	30
• 3 (25-40%)	17
• 4 (40-100%)	0
Postcodegebied	
• A Noord- en Zuid-Holland	34
• B Zeeland, Noord-Brabant, Limburg	36
• C Utrecht, Gelderland, Overijssel	31
• D Groningen, Friesland, Drenthe	27

Leraren die deelnemen aan het VTB-programma geven vaker dan andere leraren aan dat zij het geven van techniek als een apart onderdeel van het onderwijsprogramma beschouwen. De helft van deze leraren volgt, ongeacht de jaargroep, een scholingsprogramma voor VTB-Pro. Zij gebruiken ook vaker een methode voor het techniekonderwijs en besteden duidelijk meer tijd aan techniek: VTB-leraren schatten in dat zij gemiddeld per week ongeveer een half uur aan techniek besteden tegen gemiddeld een kwartier voor de andere leraren. Veruit de meeste leraren die het VTB-programma niet volgen (80 procent of meer) zegt hooguit een keer per maand of minder techniek te geven.

Organisatorische aspecten van het onderwijs in Techniek (% leraren)

	Geen VTB			VTB		
	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8
Geeft techniek						
• als apart onderdeel	22	29	30	38	41	37
• geïntegreerd	50	40	29	22	9	15
• deels apart, deels geïntegreerd	18	19	29	38	50	46
Gebruikt een methode voor techniekonderwijs	51	43	45	75	74	56
Volgt scholingsarrangementen van VTB-Pro	-	-	-	56	53	56
Geeft techniek						
• ongeveer elke week	4	3	1	16	35	24
• vaker dan 1 keer per maand	14	8	15	34	35	39
• 1 keer per maand of minder	85	85	79	47	30	32
Gebruikelijke duur van een techniekles						
• ongeveer 30 minuten of minder	47	35	38	25	29	20
• ongeveer 45 minuten	29	34	30	44	32	34
• ongeveer 60 minuten of meer	13	19	25	28	35	39
Gemiddelde lestijd in minuten per week (standaardafwijking)	16 (12)	16 (15)	17 (15)	23 (16)	29 (16)	31 (17)

Het gebruik van lesmaterialen

Voor zover leraren al een methode gebruiken voor het techniekonderwijs dan is dat dezelfde methode die ook voor natuurkunde – eigenlijk voor natuuronderwijs in zijn totaliteit – wordt gebruikt. Leraren die deelnemen aan het VTB-programma maken voor techniekonderwijs vaker gebruik van de *De techniek Torens*. Overigens noemen leraren die zeggen voor techniek geen methode te gebruiken, niettemin toch lessen die – al of niet sporadisch – in de methode voor natuuronderwijs voorkomen. Daarnaast noemen leraren een breed scala aan activiteiten en leermiddelen die voor techniekonderwijs worden aangewend, zoals bijvoorbeeld lessen van internet, techniekkisten, lessen ook die leraren van de technische school in de buurt komen geven of waar de leerlingen een enkele keer op bezoek gaan, deelname aan een project dat door de gemeente is geïnitieerd, Knex, de school/t.v.-beeldbank, Mystrix, handvaardigheids- en/of knutsellessen.

De meeste VTB-leraren (58%) zeggen tevreden te zijn met de methode die zij voor het techniekonderwijs gebruiken, terwijl onder de andere leraren slechts een derde (35 procent) tevreden is met de methode. De grootste kritiek die leraren op de gebruikte methode hebben is dat zij te weinig aandacht aan techniekonderwijs besteedt.

Methoden voor techniekonderwijs (% leraren)

Methode	Geen VTB			VTB		
	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8
Natuurlijk!	10	9	14	3	6	2
Leefwereld	10	10	6	3	3	12
Wijzer door de natuur	4	3	3	6	6	0
Natuniek	7	6	8	6	6	5
Naut	6	5	6	6	6	5
De Techniek Torens	1	1	3	31	29	22

Aandacht voor onderwerpen uit het domein Techniek

We hebben de leraren vier onderwerpen over Techniek voorgelegd met de vraag of zij aan deze onderwerpen geen, hooguit in één les of in twee of meer lessen aandacht besteden. De tabel toont het percentage leraren dat in één les of vaker aandacht besteedt aan het onderwerp. Voor alle onderwerpen geldt dat VTB-leraren vaker zeggen het onderwerp in hun lessen te behandelen. Het meest frequent noemen leraren de onderwerpen *Constructies en verbindingen* en *Overbrengingen*. Van de VTB-leraren besteedt ongeacht de jaargroep drie kwart of meer hieraan in een of meer lessen aandacht. Bij leraren die geen VTB-programma volgen geldt dat voor de helft van de leraren. Afhankelijk van de jaargroep besteedt 60 tot 80 procent van de VTB-leraren aandacht aan het onderwerp *Eigenschappen van materialen en onderdelen* tegen 30 tot 40 procent onder niet-VTB-leraren. Voor beide groepen leraren zegt een minderheid aandacht te besteden aan het onderwerp *Geautomatiseerde systemen*, maar ook daarvoor geldt dat VTB-leraren het onderwerp vaker in het curriculum opnemen dan de andere leraren.

Aandacht voor onderwerpen in onderwijsaanbod over Techniek (% leraren)

	Geen VTB			VTB		
	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8
1 Eigenschappen van materialen en onderdelen Eigenschappen van materialen en onderdelen in relatie tot het ontwerpvoorstel en het maken van een product/prototype	28	39	40	63	79	59
2 Constructies en verbindingen Profielen, driehoeken en bogen, verbanden, soorten verbindingen	54	55	62	75	85	83
3 Overbrengingen Wielen, tandwielen, hefbomen en cilinders met perslucht of vloeistof	58	46	59	88	82	83
4 Geautomatiseerde systemen Invoer-verwerking-uitvoer, sensoren, meetsysteem, stuursysteem, regelsysteem	14	18	29	31	32	44

Activiteiten en problemen

We hebben de leraren een aantal onderwijsactiviteiten voorgelegd en gevraagd of zij in het afgelopen jaar in het kader van techniekonderwijs die activiteiten hebben uitgevoerd of door leerlingen hebben laten uitvoeren. Voor vrijwel alle activiteiten geldt dat VTB-leraren deze vaker in het programma hebben opgenomen dan niet-VTB-leraren. De vaakst genoemde onderwijsactiviteit is het door leerlingen laten ontwerpen en/of maken van een product: vrijwel alle VTB-leraren laten leerlingen dat doen en onder niet-VTB-leraren is dat bij twee op de drie leraren. Op de tweede plaats komt, althans onder VTB-leraren, het laten testen of analyseren van een bestaand of zelf gemaakt product op haar technische aspecten: ongeveer twee derde van de VTB-leraren laat leerlingen dat doen tegen ongeveer 30 procent van de niet-VTB-leraren. Het laten gebruiken van internet voor informatie over techniekonderwerpen komt bij 60 tot 80 procent van de VTB-leraren voor terwijl dat bij de andere leraren bij ongeveer de helft voorkomt.

Het laten kijken naar met name tv/videoregistraties komt in beide groepen leraren bij ongeveer de helft voor. Leerlingen van VTB-leraren maken vaker een excursie naar een bedrijf, nodigen ook vaker een gastdocent of ouder uit om iets over een technisch onderwerp te vertellen en bezoeken vaker een tentoonstelling of museum in het kader van techniekonderwijs.

Ook gebruiken VTB-leraren wat vaker cd-rom's of dvd's over techniekonderwerpen, maar dat komt slechts bij 25 procent van deze leraren voor tegen 10 tot 15 procent onder niet-VTB-leraren. Het laten maken van een proefwerk over techniekonderwerpen tenslotte komt in beide groepen leraren bij ongeveer een op de drie leraren voor.

Bij het peilingsonderzoek in 2002 werden aan de leraren dezelfde activiteiten voorgelegd. Er bestond toen feitelijk nog geen VTB-programma. Vergelijken we de resultaten van deze nieuwe peiling met die van 2002 dan geldt voor alle activiteiten dat de frequentie daarvan onder VTB-leraren sterk is toegenomen. In 2002 werd bijvoorbeeld geen enkele activiteit door meer dan 50 procent van de leraren uitgevoerd. Maar ook onder niet-VTB-leraren komen de meeste activiteiten nu vaker voor dan in 2002. Drie activiteiten komen ongeveer even vaak voor: het bezoeken van een tentoonstelling of museum of een bedrijf en het gebruik van cd-rom's. Het bezoek van een gastdocent komt met name in jaargroep 8 wat minder vaak voor.

Activiteiten in het kader van techniekonderwijs (% leraren)

Activiteiten	Geen VTB			VTB		
	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8	Jgr 6	Jgr 7	Jgr 8
Leerlingen <u>ontwerpen</u> en/of <u>maken</u> zelf een <u>product</u> .	60	65	58	88	94	90
Leerlingen hebben <u>bestaande of eigen producten</u> op hun technische aspecten <u>getest</u> en/of <u>geanalyseerd</u> .	28	34	27	63	68	73
Leerlingen maken gebruik van <u>internet</u> voor informatie over techniekonderwerpen.	50	50	48	59	79	66
Leerlingen kijken naar <u>dia's, tv/videoregistraties</u> .	47	56	47	63	53	54
Leerlingen maken een excursie naar <u>een bedrijf</u> in de omgeving.	4	18	26	31	44	51
Leerlingen krijgen een <u>gastdocent of ouder</u> op bezoek die iets vertelt over een technisch onderwerp.	18	18	26	34	47	42
Leerlingen bezoeken <u>een tentoonstelling of museum</u> in het kader van het techniekonderwijs.	10	18	18	31	38	37
Leerlingen maken een <u>toets of proefwerk</u> over techniekonderwerpen.	25	28	29	31	27	27
Leerlingen gebruiken op school cd-rom's/dvd's over techniekonderwerpen.	7	9	16	22	27	27

Tot slot hebben we leraren enkele problemen voorgelegd die een belemmering zouden kunnen zijn voor goed techniekonderwijs. Voor vrijwel alle genoemde problemen geldt dat zij door niet-VTB-leraren vaker als een probleem worden ervaren dan door VTB-leraren. De enige uitzondering betreft een mogelijk verschil in interesse in techniek tussen jongens en meisjes, waarvan de meeste leraren zeggen dat dat niet of misschien soms een probleem kan zijn. Met name niet-VTB-leraren vinden het onderwijsprogramma te overladen om voldoende tijd aan techniek te kunnen besteden, dit in tegenstelling tot de VTB-leraren die dat 'soms' een probleem vinden hoewel ze zeggen er meer tijd aan te besteden dan hun collega's. Niet-VTB-leraren vinden ook vaker de kosten te hoog en vinden ook vaker dat de school over te weinig materiaal beschikt om goed techniekonderwijs te kunnen geven. Relatief veel niet-VTB-leraren vinden ook dat de school geen geschikte ruimte heeft voor techniekonderwijs terwijl VTB-leraren dat veel minder vaak als een probleem ervaren. Het vinden van voldoende tijd om de technieklessen goed voor te bereiden is onder niet-VTB-leraren ook een groter probleem dan onder VTB-leraren. VTB-leraren hebben ook minder vaak een probleem met de methode die zij voor techniekonderwijs gebruiken en vinden ook minder vaak dat hen de deskundigheid om technieklessen te geven, ontbreekt.

Vergelijken we deze resultaten met die uit de peiling 2002 dan komen de antwoorden uit 2002 veelal overeen met die van de niet-VTB-leraren nu. Daarop zijn twee uitzonderingen: niet-VTB-leraren vinden nu iets minder vaak dat de school over te weinig materialen beschikt om goed technieklessen te geven en ook vinden ze nu minder vaak dat de kosten voor deze materialen te hoog zijn. Maar voor het overige worden de problemen in vergelijkbare mate ervaren.

Problemen die leraren (soms of vaak) ervaren als belemmering voor goed techniekonderwijs (% leraren)

mogelijke problemen		Jgr 6			Jgr 7			Jgr 8		
		niet	soms	vaak	niet	soms	vaak	niet	soms	vaak
Het onderwijsprogramma is te overladen om voldoende tijd aan techniek te kunnen besteden.		18	36	43	3	25	66	10	32	49
	VTB	16	65	19	27	47	27	12	51	34
De kosten voor de aanschaf van materialen zijn te hoog		11	32	43	6	29	50	6	32	53
	VTB	22	47	22	24	44	27	15	46	37
De school beschikt over te weinig materialen om goed techniekonderwijs te kunnen geven.		29	21	44	21	19	51	21	23	47
	VTB	59	28	13	65	27	9	63	24	7
Techniekonderwijs vraagt om extra menskracht in de klas die ontbreekt		13	36	44	13	31	46	15	33	43
	VTB	16	50	34	24	47	27	15	44	37
De school heeft geen geschikte ruimte voor techniekonderwijs		38	19	39	28	15	46	26	22	41
	VTB	44	38	19	56	35	9	42	34	22
Ik heb onvoldoende tijd om mijn technieklessen goed voor te bereiden.		24	38	31	23	41	24	19	44	29
	VTB	38	53	9	32	44	24	24	54	20
De methode die ik voor het techniekonderwijs gebruik, is eigenlijk niet geschikt.		39	18	18	30	16	24	29	23	27
	VTB	78	6	6	61	18	6	54	15	10
Het ontbreekt mij aan voldoende deskundigheid om goed techniekonderwijs te kunnen geven.		28	44	25	24	40	30	32	47	14
	VTB	53	38	9	44	53	3	42	46	10
Ik ervaar dat jongens duidelijk meer geïnteresseerd zijn in techniekonderwerpen dan meisjes.		61	26	7	50	26	11	41	36	14
	VTB	63	31	6	59	38	3	51	42	5

4 Kennis en vaardigheden van leerlingen

4 Kennis en vaardigheden van leerlingen

In een drietal paragrafen beschrijven we in dit hoofdstuk de kennis en vaardigheden van leerlingen aan het einde van het basisonderwijs op het gebied van Natuurkunde en Techniek.

In dit hoofdstuk beschrijven we de kennis en vaardigheden die leerlingen aan het einde van de basisschool hebben verworven voor de onderwerpen Natuurkunde en Techniek. Aan de hand van voorbeeldopgaven die bij elk onderdeel uit de opgaven van de peiling zijn geselecteerd, schetsen we een beeld van de kennis van leerlingen op verschillende niveaus van vaardigheid. Zowel voor Natuurkunde als voor Techniek zijn ook praktische opdrachten ontwikkeld. De prestaties van leerlingen op dit onderdeel worden in een afzonderlijke paragraaf beschreven.

Natuurkundige principes zijn voor kinderen van de basisschool al gauw ingewikkeld. Mede gelet op de beperkte aandacht voor Natuurkunde en Techniek in het basisonderwijs (vgl. hoofdstuk 3), zal een belangrijk deel van de kennis en inzichten van leerlingen op dit leergebied vooral gebaseerd zijn op eigen ervaringsleren en minder op onderwijsopbrengsten. Waar mogelijk is dan ook geprobeerd bij de opgaven en opdrachten aan de leerlingen nauw aan te sluiten bij dit ervaringsleren.

4.1 Natuurkunde

Inhoud

Het onderwerp Natuurkunde omvat acht domeinen die elk bestaan uit drie of vier basisinzichten. De tabel *Domeinen en basisinzichten van Natuurkunde* geeft daar een overzicht van. Het zijn deze leerinhouden die in de vragen voor Natuurkunde aan de orde zijn gesteld. Verderop in deze paragraaf worden de basisinzichten nader toegelicht.

Krachten

- 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.

Energie

- 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 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.

Licht en kleur

- 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.

Elektriciteit

- 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.

Zinken, zweven en drijven

- 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.

Lucht

- 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.

Geluid

- 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.

Magnetisme

- 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 grootst bij de polen.
- Een kompasnaald is een magneet die altijd naar het noorden wijst.

De vaardigheid van de leerlingen op het gebied van natuurkunde is geëvalueerd op basis van een verzameling van vijfenzeventig opgaven. Daarnaast zijn tien opgaven die zich richten op verschillende aspecten van het doen van onderzoek aan de leerlingen voorgelegd. De verdeling van de opgaven over de domeinen en het doen van onderzoek zijn in onderstaande tabel weergegeven. Daarin is ook aangegeven welke opgaven als voorbeeldopgaven zijn geselecteerd voor deze balans.

Aantal opgaven per domein en geselecteerde voorbeeldopgaven

Domein	Aantal opgaven	Voorbeeldopgaven
Krachten	5	17, 19, 29
Energie	19	5, 7, 11, 12, 18, 21,
Licht en kleur	5	9
Elektriciteit	13	2, 4, 26, 27, 28
Zinken, zweven en drijven	10*	16, 20, 25, 29
Lucht	11	3, 6
Geluid	7	13, 15, 22
Magnetisme	5*	14, 25
Onderzoek	11	1, 8, 23, 24
Totaal	85*	29
* In opgave 25 komt zowel Zinken, zweven en drijven als Magnetisme aan de orde, in opgave 29 komt zowel Zinken, zweven, drijven als Krachten aan de orde.		

De verschillende basisinzichten worden in de domeinbeschrijving nader toegelicht en uitgewerkt. Van deze uitwerkingen geven we hieronder een samenvatting.

Krachten

Op alle voorwerpen hier op aarde werkt de zwaartekracht. Die kracht is naar de aarde gericht. De elektrische kracht manifesteert zich als je (vooral 's winters) een kam door je haar haalt. De kam en de haren worden dan elektrisch geladen (de kam negatief en de haren positief, of andersom). Tegengestelde ladingen trekken elkaar aan, ladingen van dezelfde soort stoten elkaar af.

Dat een kracht een voorwerp sneller of langzamer kan laten bewegen of de bewegingsrichting van het voorwerp kan veranderen wordt aan de hand van voorbeelden geïllustreerd. Door de zwaartekracht wordt de snelheid van een appel die van de boom valt steeds groter. Een schaatser die de finish is gepasseerd, komt door de wrijvingskracht langzaam tot stilstand. Een kogelslingeraar moet een grote kracht op de kogel uitoefenen om deze een cirkelbaan te laten beschrijven. Vergelijkbaar daarmee zorgt de (zwaarte)kracht tussen de zon en de aarde er voor dat de aarde, net als de andere planeten, een cirkelbaan om de zon beschrijft. Met een föhn die een pingpongballetje laat zweven, wordt het derde basisinzicht toegelicht.

Het balletje is in rust omdat de kracht van de omhoog stromende lucht de zwaartekracht opheft. Anders dan voorheen bevat de peiling vijf opgaven waarin expliciet het domein Krachten aan de orde komt. Daarvan staan er drie als voorbeeldopgave in deze balans.

Energie

In de uitwerking van de basisinzichten bij het aspect 'Energie' wordt eerst teruggegaan in de geschiedenis en gewezen op het feit dat de mens voor beweging en transport eeuwenlang was aangewezen op spierkracht. Daarbij wordt een link gelegd met biologie, omdat de energie voor de werking van spieren geleverd wordt door brandstoffen in voedsel. Daarna komen andere energiebronnen, zoals wind, stromend water, brandstoffen als hout en mest, en de zon aan bod. Er wordt ingegaan op de verschillende vormen van energie: beweging, licht, warmte en elektrische energie en er wordt met voorbeelden duidelijk gemaakt dat deze energievormen in elkaar omgezet kunnen worden.

Extra aandacht wordt besteed aan fossiele brandstoffen en verbranding. Bij verbranding komt energie vrij in de vorm van warmte en worden afvalstoffen geproduceerd die het milieu kunnen vervuilen. In dat verband worden de voordelen aangegeven van energie uit zon, wind en stromend water.

In de uitwerking van het derde basisinzicht wordt ingegaan op de verplaatsing van warmte door straling, stroming of geleiding. Er worden voorbeelden gegeven van goede warmtegeleiders en van slechte warmtegeleiders (isolatoren).

Het laatste basisinzicht bij het domein Energie gaat over de aggregatietoestand van een stof en wat er gebeurt als er door de omgeving warmte aan wordt onttrokken of juist warmte wordt geleverd. De begrippen smelten, verdampen, bevriezen komen aan bod. Tenslotte wordt de werking van een vloeistofthermometer uitgelegd.

Van de negentien opgaven over het domein Energie zijn er zes als voorbeeldopgave opgenomen.

Licht en kleur

In de uitwerking van het eerste basisinzicht wordt duidelijk gemaakt dat voorwerpen zichtbaar zijn doordat ze licht weerkaatsen. Licht ontstaat in lichtbronnen. De belangrijkste lichtbron is de zon, die maakt de wereld rondom ons overdag zichtbaar. Mensen maken zelf ook lichtbronnen, zoals kaarsen en lampen. In lichtbronnen worden energievormen in elkaar omgezet: in een kaars wordt brandstof (kaarsvet) omgezet in licht en in een gloeilamp wordt elektriciteit omgezet in licht.

Het tweede basisinzicht gaat over het feit dat wit licht, zoals zonlicht, uit een groot aantal kleuren is opgebouwd. Uitgelegd wordt hoe het komt dat je die kleuren in een regenboog kunt zien. Mensen kunnen voorwerpen een andere kleur geven door een kleurenfilter voor een witte lamp te zetten.

Een ander fenomeen dat met licht te maken heeft en dat kinderen ongetwijfeld kennen, is schaduw. Hoe schaduw ontstaat en hoe je de grootte ervan kunt veranderen, komt in het laatste deel van de uitwerking aan de orde.

Van de vijf opgaven over het domein Licht en kleur is er één als voorbeeldopgave opgenomen.

Elektriciteit

Over dit domein zijn vier basisinzichten geformuleerd. Allereerst wordt aangegeven dat elektriciteit geleverd wordt door elektriciteitscentrales, en ook door accu's en batterijen. Elektriciteit kan door kabels vervoerd worden en kan met behulp van een elektromotor omgezet worden in beweging. Het laatste gebeurt in veel apparaten, zoals speelgoedtreinen, stofzuigers en boormachines.

Vervolgens wordt uitgelegd wat een stroomkring is en dat je met een schakelaar een stroomkring kunt onderbreken en weer sluiten. Als de spanningsbron in een stroomkring een batterij is, kun je de spanning verhogen door meerdere batterijen op de juiste manier in serie te schakelen. Lampjes in die stroomkring zullen dan feller gaan branden.

Het derde basisinzicht gaat over het geleiden van stroom en over goede en slechte stroomgeleiders, respectievelijk metaal en kunststof. In dat verband wordt gewezen op de kunststof behuizing van elektrische apparaten die ervoor zorgt dat de elektriciteit in de stroomkring blijft, waardoor de apparaten veilig gebruikt kunnen worden.

Het laatste basisinzicht gaat over kortsluiting en het voorkomen daarvan. Als een te sterke spanningsbron gebruikt wordt, loopt er een te grote stroom door een stroomkring.

De stroomdraden raken daardoor verhit en kunnen zelfs brand veroorzaken. In dit verband wordt het nut van een zekering besproken.

Van de dertien opgaven over het domein Elektriciteit zijn er vijf als voorbeeldopgave opgenomen.

Zinken, zweven en drijven

De begrippen zwaartekracht en opwaartse kracht worden toegelicht in de uitwerking van het eerste basisinzicht. Daarna wordt aangegeven dat een voorwerp zinkt als de zwaartekracht groter is dan de opwaartse kracht; zweeft als de beide krachten even groot zijn en drijft als de opwaartse kracht groter is dan de zwaartekracht. Omdat de opwaartse kracht voorwerpen in water lichter maakt, kan een kind een volwassene in het zwembad optillen. Een voorwerp dat in water zweeft, is zelfs gewichtloos.

Tenslotte wordt ingegaan op de grootte van de opwaartse kracht. Deze neemt toe naarmate een voorwerp verder in het water zakt. Als het voorwerp helemaal is ondergedompeld, verandert de opwaartse kracht niet meer. Een voorwerp dat veel water verplaatst ondervindt een grotere opwaartse kracht dan een voorwerp dat minder water verplaatst.

Van de tien en een halve (zie de opmerking onder de tabel) opgaven over het domein Zinken, zweven, drijven zijn er vier als voorbeeldopgave opgenomen.

Lucht

Het eerste basisinzicht gaat over de samenstelling van lucht. Lucht is een mengsel van verschillende gassen, waaronder zuurstof. Door inademen wordt zuurstof opgenomen.

Zuurstof is nodig voor het verbranden van brandstoffen. (De uitwerking sluit wat dit betreft aan bij hoofdstuk 3 'Stofwisseling en kringloop' van de domeinbeschrijving voor natuuronderwijs).

De uitwerking van basisinzicht twee laat zien dat je op verschillende manieren kunt aantonen dat lucht niet niks is. Je kunt lucht samenpersen en dan neemt de druk toe. Je kunt ook lucht uit een ruimte wegzuigen, de druk neemt dan af en is nul als alle lucht uit die ruimte weggezogen is (vacuüm). Het begrip luchtdruk wordt geïntroduceerd. Door verschil in luchtdruk tussen twee plaatsen gaat lucht stromen: het waait.

Het derde basisinzicht sluit aan bij een fenomeen dat de meeste kinderen kennen: het opstijgen van een heteluchtballon. De ballon stijgt op als de lucht in de ballon met een brander verwarmd wordt, daardoor uitzet en lichter wordt. De lichtere warme lucht stijgt op. Omgekeerd zal lucht die afkoelt, inkrimpen en zwaarder worden.

Van de twaalf opgaven over het domein Lucht zijn er twee als voorbeeldopgave opgenomen.

Geluid

Het domein Geluid omvat drie basisinzichten. Het eerste basisinzicht gaat over de fundamentele vraag: hoe ontstaat geluid? In de uitwerking wordt geluid omschreven als trillingen van de lucht die, als ze het oor bereiken, waargenomen kunnen worden. De lucht wordt in trilling gebracht door trillingen of bewegingen van voorwerpen, zoals dat gebeurt wanneer je op het vel van een trom slaat.

Vervolgens wordt beschreven dat geluid zich in vacuüm niet kan verplaatsen. Er is per se een stof nodig die de trillingen kan doorgeven. Dat kan lucht zijn, maar ook een vloeistof of een vaste stof. Geluid verplaatst zich in vaste stoffen en vloeistoffen veel sneller dan in lucht.

Het derde basisinzicht gaat over de toonhoogte en de geluidsterkte. Je hoort lagere tonen naarmate een geluidsbron minder trillingen per seconde maakt; omgekeerd neemt de

toonhoogte toe naarmate de geluidsbron meer trillingen per seconde maakt. Geluiden kunnen ook verschillen in sterkte. Bij een hard geluid is de uitwijking van de trillende delen van de geluidsbron groter dan bij een zacht geluid. Als je flink op een trom slaat, wordt het vel diep ingedrukt en zal het verder omhoog komen. De uitwijking is groot en je hoort een hard geluid. Te harde geluiden kunnen het gehoor beschadigen. Van de zeven opgaven over het domein Geluid zijn er drie als voorbeeldopgave opgenomen.

Magnetisme

Hierbij gaat het om de werking van magneten en de toepassing ervan in een kompas. Magneten trekken voorwerpen aan waarin ijzer of nikkel zit. De aantrekkingskracht van een magneet dringt door sommige stoffen (hout, papier, glas) heen en neemt af als de afstand tot de magneet groter wordt. De aantrekkingskracht van een magneet is het grootst aan de polen en is in het midden het zwakst. Als je twee magneten bij elkaar houdt, trekken alleen verschillende polen elkaar aan; gelijke polen stoten elkaar af. In een kompas is de naald een lichte magneet. Als je een kompas horizontaal houdt, dan kan de naald soepel om een verticale as draaien. De kompasnaald wijst altijd naar het noorden. Dit komt doordat de aarde zelf als een grote magneet werkt met een magnetische noord- en zuidpool. De punt van de naald en de noordpool van de aarde trekken elkaar aan. Van de vijf en halve (zie de opmerking onder de tabel) opgaven over het domein Magnetisme zijn er twee als voorbeeldopgave opgenomen.

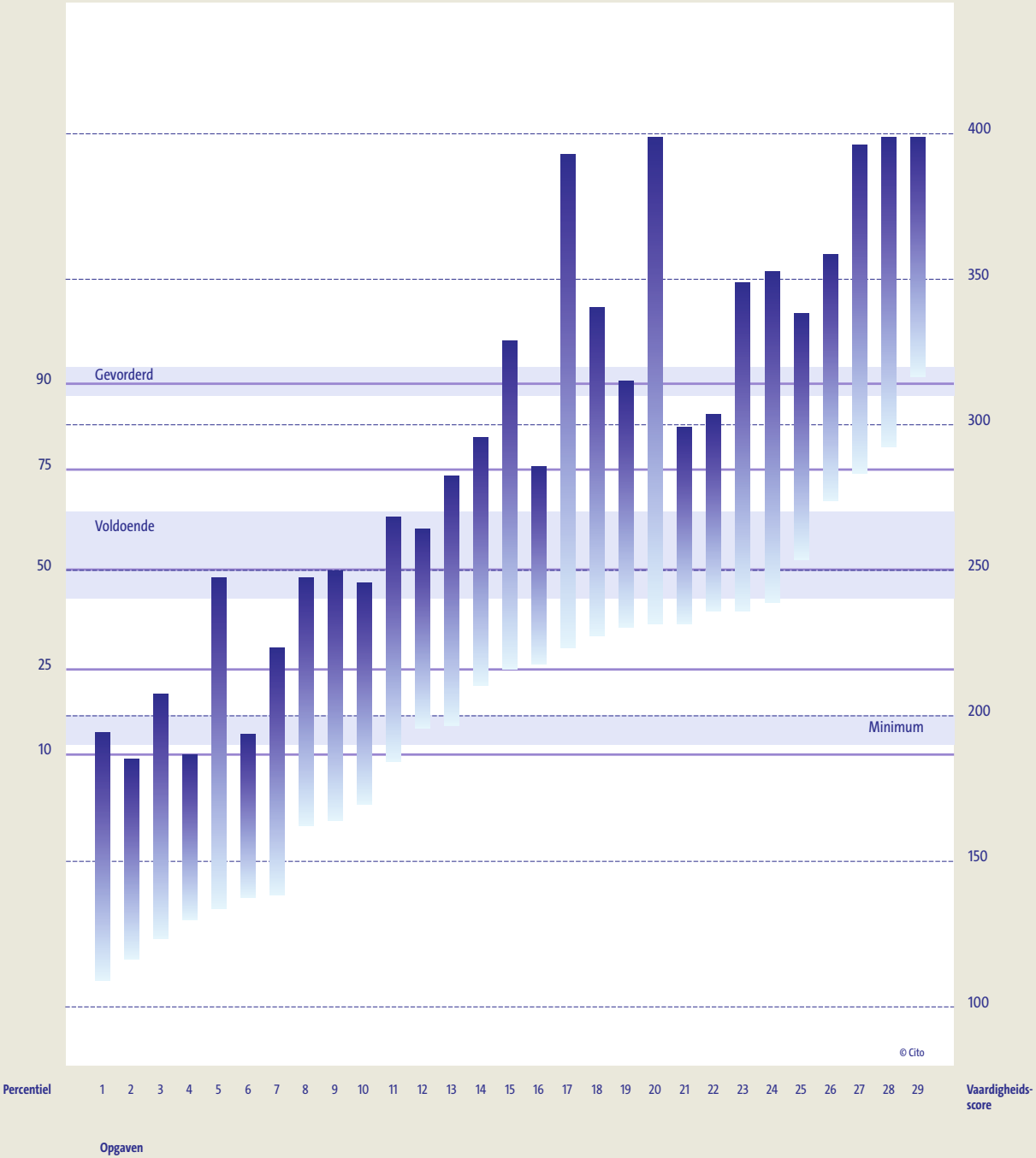
Onderzoek

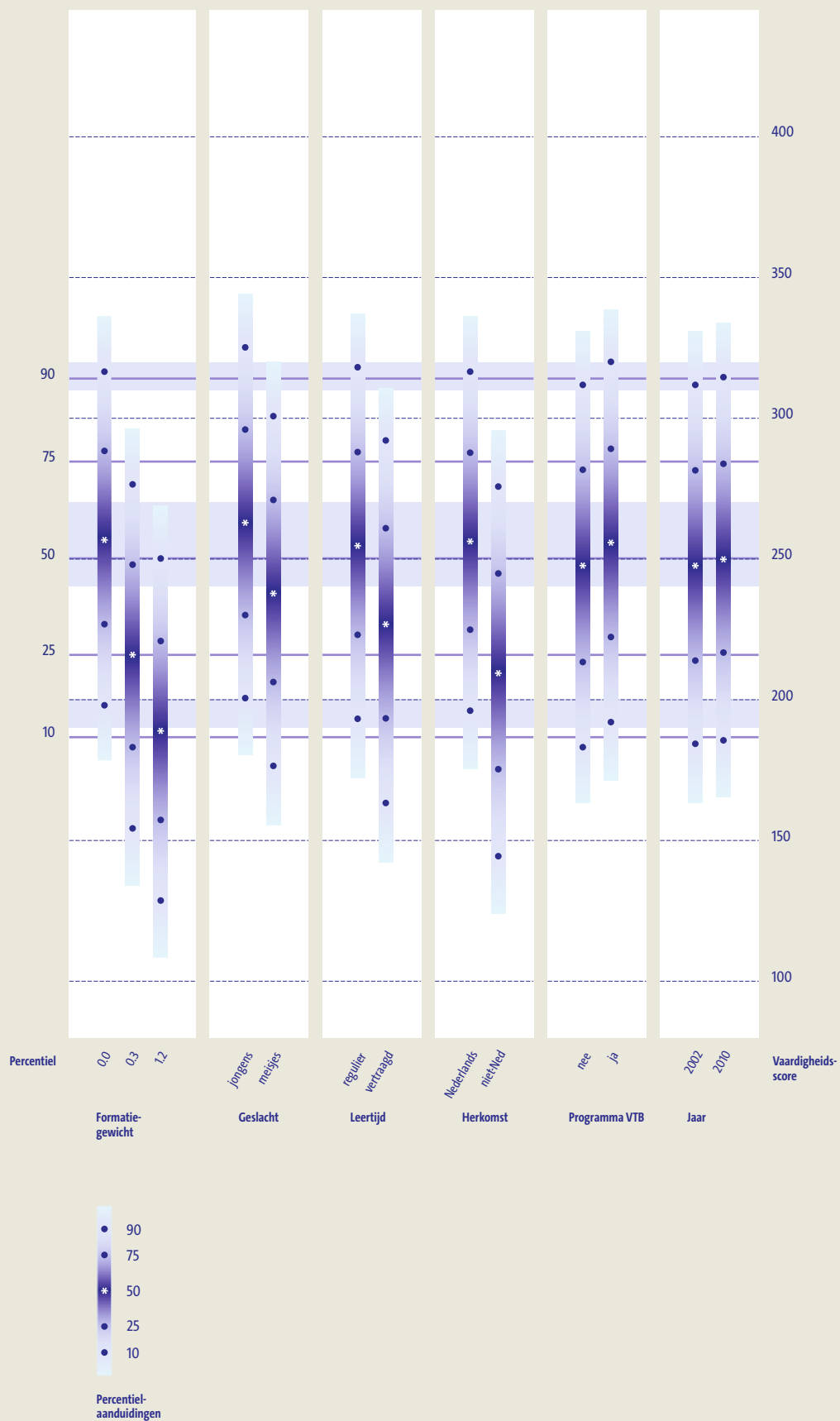
In de Kerndoelen Primair Onderwijs (kerndoel 42) wordt het doen van onderzoek aan materialen en natuurkundige verschijnselen expliciet genoemd. In de herziene domeinbeschrijving van Natuurkunde en techniek (Boeijen, Kneepkens & Thijssen, 2011) is dat nader uitgewerkt. Binnen de vier fasen van een onderzoek (confrontatie met verschijnselen en verschijnselen verkennen, experiment opzetten, experiment uitvoeren, conclusies trekken) worden de volgende competenties genoemd:

- De leerling kan aan de hand van (eigenschappen van) voorwerpen of verschijnselen vragen stellen, ervaringen en/of ideeën uitwisselen, voorspellingen doen.
- De leerling kan aan de hand van een te formuleren of gegeven vraagstelling een passend experiment beschrijven. Welke materialen, meetinstrumenten? Hoe resultaten verzamelen?
- De leerling kan het experiment volgens plan uitvoeren en de waarnemingen/metingen overzichtelijk noteren.
- De leerling kan op basis van de resultaten conclusies trekken die leiden tot een antwoord op de gestelde vraag en eventueel tot het formuleren van vervolgvragen.

In de peiling zijn tien opgaven voorgelegd die betrekking hebben op deze competenties. Daarvan zijn er vier als voorbeeldopgave opgenomen.

De vaardigheidsschaal bij het onderwerp Natuurkunde





Voorbeeldopgaven 1–3 Natuurkunde

1 Stuiteren (2)



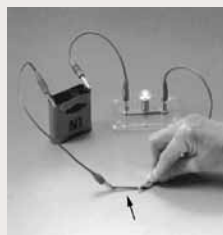
Maike en Peter doen een proefje met drie verschillende tennisballen.
Maike laat iedere tennisbal van verschillende hoogtes vallen (de valhoogte).
Peter kijkt steeds hoe hoog de bal terug stuitert (de stuiterhoogte).
De metingen voor bal 1, bal 2 en bal 3 schrijven ze op in een tabel.

val hoogte (cm)	stuiterhoogte (cm)		
	bal 1	bal 2	bal 3
25	21	19	22
50	43	38	44
75	65	57	66

Welke tennisbal stuitert het best?

- A bal 1
- B bal 2
- C* bal 3
- D alle ballen even goed

2 Brandend lampje



Waarvan kan het staafje bij de pijl gemaakt zijn?

- A van een lollystokje
- B van een lucifer
- C* van een spijker

3 Brandende kaars



In lucht zitten kooldioxide, stikstof en zuurstof. Harry zet over een brandende kaars een jampot. De kaars gaat uit.

Hoe komt dat?

- A Omdat de kooldioxide onder de jampot op raakt.
- B Omdat de stikstof onder de jampot op raakt.
- C* Omdat de zuurstof onder de jampot op raakt.

Wat leerlingen kunnen

De percentiel-10 leerling beheerst van de totale verzameling van vijfentachtig opgaven zes opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 tot en met 4 en 6), vierentwintig opgaven matig (waaronder de voorbeeldopgaven 5 en 7 tot en met 11) en de overige opgaven onvoldoende.

Voorbeeldopgave 1 is een van de tien opgaven die betrekking hebben op onderzoeksvaardigheden. Ongeveer 80% van de percentiel-10 leerlingen blijkt geen moeite te hebben met de aangeboden informatie en trekt de juiste conclusie uit de metingen in de tabel.

In voorbeeldopgave 2 wordt eenvoudige natuurkundige kennis getoetst: een spijker geleidt elektrische stroom en een lollystokje of lucifer niet. Dat is geen probleem voor deze leerlingen. Hetzelfde geldt voor voorbeeldopgave 3 waarin het gaat om de kennis dat voor verbranding zuurstof nodig is en geen kooldioxide of stikstof.

Voorbeeldopgaven 4–6 Natuurkunde

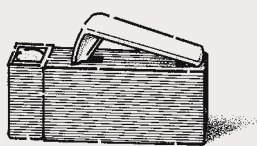
4 Elektriciteit

Tegenwoordig kan het licht van de zon gebruikt worden om elektriciteit te maken.

Wat is hiervoor nodig?

- A een dynamo
- B een lichtdimmer
- C* een zonnepaneel
- D een zonnescherf

5 Knijpkat



Een knijpkat blijft licht geven, zolang je steeds opnieuw in de handle knijpt.

Wat levert de elektriciteit voor de lamp?

- A een accu
- B een batterij
- C* een dynamo
- D een zonnecel

6 Bergbeklimmers

Bergbeklimmers gebruiken hoog in de bergen soms een zuurstoffles.

Waarom hebben ze die nodig?

Hoog in de bergen ...

- A is de lucht erg vervuild.
- B is het erg koud.
- C* is minder zuurstof aanwezig.
- D kost bergbeklimmen veel zuurstof.

In voorbeeldopgave 4 gaat het om de vraag waarmee zonlicht omgezet kan worden in elektriciteit; 80% van de percentiel-10 leerlingen weet dat je daarvoor een zonnepaneel gebruikt. Voorbeeldopgave 6 beheersen de percentiel-10 leerlingen ook goed. Dat hoog in de bergen minder zuurstof aanwezig is, blijken de meesten van deze leerlingen wel te weten. In het algemeen kan gesteld worden dat de kans dat een percentiel-10 leerling een vraag goed beantwoordt groot is als eenvoudige en concrete feiten worden getoetst die dicht bij de eigen ervaring liggen. Uiteraard speelt daarbij ook de eenvoud van de tekst en/of de eenvoud van de aangeboden informatie een rol.

Voorbeeldopgave 5 gaat over het omzetten van beweging in elektriciteit en is iets gecompliceerder dan voorbeeldopgave 4, omdat deze energieomzetting indirect wordt aangeduid. Zo'n 65% van deze leerlingen geeft niettemin het juiste antwoord. Voorbeeldopgave 7 gaat (indirect) over het vermogen van elektrische apparaten. Kennelijk voelt ruim 70% van deze leerlingen intuïtief aan dat een wasdroger de elektriciteitsmeter sneller doet ronddraaien dan een bureaulamp, mixer of radio. Ook voorbeeldopgave 8 doet een beroep op onderzoeksvaardigheden. De aangeboden informatie is betrekkelijk complex en de resultaten worden aangeboden in een stavendiagram dat lastiger te interpreteren is dan de tabel van voorbeeldopgave 1. Dat zo'n 60% van de percentiel-10 leerlingen de juiste voorspelling doet wat er gebeurt wanneer je vier scheppen zout op het ijs doet, is gekarakteriseerd als matige beheersing, maar valt, gelet op de complexiteit van de informatie, bepaald niet tegen.

Voorbeeldopgaven 7 en 8 Natuurkunde

7 Elektriciteitsmeter



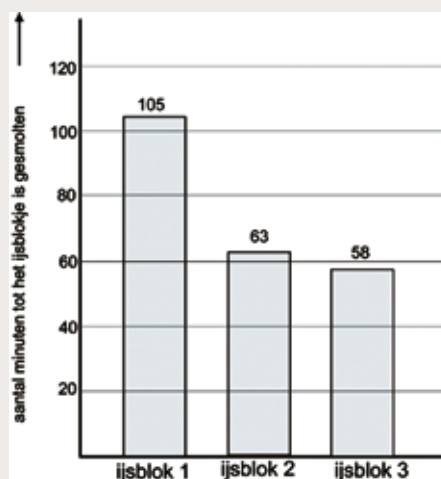
Wanneer een elektrisch toestel is ingeschakeld, gaat de schijf van deze meter draaien. Naarmate er meer stroom gebruikt wordt, draait de schijf sneller. Wanneer zal de schijf het snelst ronddraaien? Bij het gebruik van ...

- A een bureaulamp
- B een mixer
- C een radio
- D* een wasdroger

8 Ijs met zout (2)



Jeffrey wil weten hoe snel een ijsblok smelt, als je er zout bij doet. Hij vult drie bakjes zoals op de tekening. Dan meet Jeffrey hoeveel minuten het duurt tot het ijs is gesmolten en maakt met deze gegevens een grafiek.

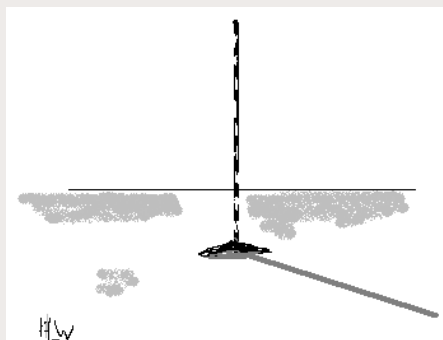


Welke voorspelling kun je doen als je vier schepjes zout bij het ijs doet?

- A* Het duurt iets minder dan 58 minuten tot het ijs gesmolten is.
- B Het duurt tussen 58 en 105 minuten tot het ijs gesmolten is.
- D Het duurt tussen 58 en 63 minuten tot het ijs gesmolten is.
- C Het duurt iets meer dan 105 minuten tot het ijs gesmolten is.

In voorbeeldopgave 9 wordt het inzicht of ervaringsfeit getoetst dat een schaduw korter wordt als de zon hoger komt te staan. Dit lijkt te voldoen aan bovengenoemd criterium voor een opgave die door de percentiel-10 leerlingen goed te beantwoorden moet zijn. De matige beheersing (iets minder dan 60% van deze groep geeft het juiste antwoord) is niet goed te verklaren.

9 Slagbalhonk



Op het plein staat de paal van een slagbalhonk.
Ali heeft om 9 uur 's ochtends gemeten hoe lang de schaduw is.
Twee uur later, om 11 uur, zal ze de lengte van de schaduw opnieuw meten.
Twee kinderen doen een voorspelling over de lengte om 11 uur.

Christel zegt: "De schaduw zal om 11 uur korter zijn, omdat de zon dan hoger staat."

Miranda zegt: "Dat kun je niet zeggen. De lengte van de schaduw hangt af van hoe warm het is."

Wie heeft gelijk?

- A* Christel
- B Miranda
- C geen van beiden

10 Stuiteren (5)



Maaïke en Peter doen onderzoek aan het stuiteren van ballen.
Maaïke laat een bal van een bepaalde hoogte vallen.
Peter kijkt hoe hoog een bal dan terug stuitert.

Ze vragen zich af welke dingen invloed hebben op hoe hoog de bal terug stuitert.

Welke dingen zijn dat?

Zet een kruisje bij ja of nee.

Van invloed?	Ja	Nee
De hoogte waarop Maaïke de bal loslaat	X	
Het materiaal waarvan de ondergrond is gemaakt	X	
Het materiaal waarvan de bal is gemaakt	X	
Het moment waarop Maaïke de bal loslaat		X

11 Elektrische apparaten

Een belangrijke energiesoort is elektriciteit.
Allerlei elektrische apparaten kunnen hierop werken.
In welk van de volgende apparaten wordt elektriciteit omgezet in beweging?

- A in een knipperlicht
- B in een krultang
- C* in een keukenmixer
- D in een strijkijzer

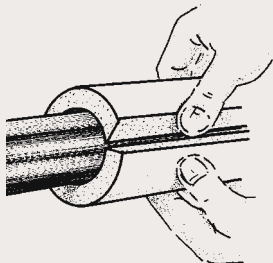
Voorbeeldopgave 10 doet weer een beroep op (eenvoudige) onderzoeksvaardigheden: het benoemen van de factoren waarvan de te onderzoeken grootte (de stuiterhoogte) afhangt. Het resultaat valt niet mee, minder dan 60% van de percentiel-10 leerlingen benoemt alle vier de factoren correct.

Ook voorbeeldopgave 11 lijkt te voldoen aan het criterium voor een goed te beantwoorden vraag voor deze groep leerlingen; toch geeft slechts 50% het juiste antwoord. Wellicht is het omzetten van de ene energiesoort in een andere voor hen te abstract of zijn ze van dat principe niet op de hoogte.

De overige 18 voorbeeldopgaven worden door de percentiel-10 leerling onvoldoende of niet beheerst.

Voorbeeldopgaven 12–15 Natuurkunde

12 Omhulsel van schuimrubber



Moeder doet een omhulsel van schuimrubber om de buizen van de centrale verwarming.
Waarom doet moeder dit?

- A Als de buis lek is, stroomt het water minder snel op de grond.
- B De buizen worden zo beter beschermd tegen roesten.
- C* Het water in de buizen verliest dan minder warmte.

13 Cello's en violen



De grote snaarinstrumenten zijn cello's.
De kleine snaarinstrumenten zijn violen.
Op een cello kun je lagere tonen maken dan op een viool.
Hoe komt dat?

- A Er zitten een ander soort haren op de strijkstok van een cello.
- B Een cello staat met een ijzeren punt op de grond.
- C* Op een cello zitten langere snaren.
- D De strijkstok van een cello is langer.

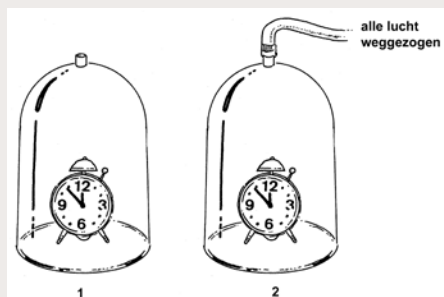
14 Kompas



Het instrument op de foto is een oud kompas. Het is gemaakt van het metaal messing.
Het kompas is niet van ijzer gemaakt, ook al is dat goedkoper en sterker dan messing.
Waarom wordt een kompas niet van ijzer gemaakt?

- A IJzer is gevaarlijk bij stroom.
- B IJzer kan roesten.
- C* IJzer verstoort de werking van het kompas.
- D IJzer wordt veel warmer in de zon.

15 Wekkers onder een glazen stolp



Anneke heeft twee wekkers onder een glazen stolp gezet. Bij 2 is alle lucht onder de stolp weggezogen. Bij 1 is geen lucht weggezogen.
Hoor je allebei de wekkers evengoed als ze aflopen?

- A Ja
- B Nee, je hoort wekker 2 beter.
- C* Nee, je hoort wekker 2 bijna niet.

De gemiddelde (percentiel-50) leerling beheerst van de totale verzameling van vijftachtig opgaven eenentwintig opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 tot en met 10), tweeënveertig opgaven matig (waaronder de voorbeeldopgaven 11 tot en met 24) en de overige onvoldoende (waaronder de voorbeeldopgaven 25 tot en met 29). De hierboven besproken opgaven worden door de percentiel-50 leerlingen goed (tot redelijk goed) beheerst. In voorbeeldopgave 12 wordt gevraagd naar het nut van een schuimrubber omhulsel om verwarmingsbuizen. Zo'n 75% van deze groep leerlingen geeft het juiste antwoord.

Dat je op een cello lagere tonen kunt maken dan op een viool omdat de cello langere snaren heeft (voorbeeldopgave 13) is voor ongeveer 70% van de percentiel-50 leerlingen geen probleem.

Voor voorbeeldopgave 14 is enig inzicht vereist. De meeste leerlingen weten ongetwijfeld dat een magneet ijzer aantrekt en omgekeerd. Dat je daarom een kompas niet van ijzer moet maken, gaat een paar stappen verder. Een kleine 65% van de percentiel-50 leerlingen antwoordt niettemin correct.

In voorbeeldopgave 15 wordt het basisinzicht getoetst dat geluid zich in vacuüm niet kan verplaatsen en dat je dus een wekker onder een stolp, waaruit de lucht is weggezogen, bijna niet kan horen. Als dit proefje in de klas is uitgevoerd is het een vrij gemakkelijke, concrete vraag, maar voor leerlingen die het nooit gezien (of gehoord) hebben kennelijk toch lastig. Iets minder dan 60% van de percentiel-50 leerlingen geeft het juiste antwoord.

Dat een ijsberg in zee, net als een ijsklontje in water, voor een tiende deel boven het water uitsteekt, zoals wordt gevraagd in voorbeeldopgave 16, weet ongeveer 65% van deze groep leerlingen.

De voorbeeldopgaven 17 en 19 (en deels ook 29) hebben betrekking op het nieuw beschreven domein Krachten. In de eerste van deze twee opgaven wordt het basisinzicht getoetst dat de snelheid van een voorwerp toeneemt wanneer er een kracht op werkt in zijn bewegingsrichting. Een tamelijk abstract inzicht dat echter in de dagelijkse praktijk ervaren kan worden: vallen van een muur van twee meter hoog veroorzaakt aanzienlijk minder ongemak dan vallen van een flat van drie of meer verdiepingen. De lengte van de betreffende staaf in het stavendiagram op pagina 67 geeft aan dat de opgave slecht discrimineert en dat zou erop kunnen duiden dat er bij deze opgave flink gegokt is. Van de percentiel-75 leerlingen geeft ruim 60% het juiste antwoord (bij de percentiel-90 leerlingen is dat 6 à 7 % meer). In voorbeeldopgave 19 moeten de leerlingen laten zien dat ze weten dat de aarde in één dag om zijn eigen as draait. Dat weet ongeveer 55% van de gemiddelde leerlingen (alleen de percentiel-90 leerlingen beheersen dit goed). Overigens hoort deze kennis ook tot de basisinzichten van Aardrijkskunde en valt het resultaat dus een beetje tegen.

De voorbeeldopgaven 5, 18 en 21 gaan over energieomzettingen. Met voorbeeldopgave 5 heeft de gemiddelde leerling geen moeite: ruim 80% weet dat in een knijpkat een dynamo moet zitten om elektriciteit te produceren. Wordt echter, zoals in voorbeeldopgave 18, expliciet gevraagd naar de energieomzetting in een dynamo dan geeft ongeveer 55% van deze groep het juiste antwoord. Dit zou deels verklaard kunnen worden door de formulering van de vraag: veel leerlingen kiezen voor alternatief B (van beweging naar licht), ook al staat 'dynamo' vet gedrukt. Echter, voorbeeldopgave 21, waarin wordt gevraagd de volgorde aan te geven van de energieomzettingen in een zonnepaneel waarop een elektromotor is aangesloten, beheerst deze groep even matig als voorbeeldopgave 18. De veronderstelling lijkt gerechtvaardigd dat de term energieomzetting en de volgorde waarin energieomzettingen plaatsvinden lastige begrippen zijn voor deze leerlingen (de percentiel-75 en -90 leerlingen hebben daar betrekkelijk weinig moeite mee).

16 Ijs in water



Een ijsklontje in een glas water steekt maar een heel klein stukje boven water uit.

Slechts een tiende deel is boven water. Negentien tiende deel is onder water.

In het water in de buurt van de noordpool en de zuidpool drijven grote ijsbergen in zee. Steekt daarvan ook een tiende deel boven water uit?

- A* ja
- B nee, veel meer dan een tiende deel, want ijsbergen zijn veel groter dan het ijsklontje
- C nee, veel minder dan een tiende deel, want ijsbergen zijn veel zwaarder dan het ijsklontje

17 Tennisbal



Peter en Ton doen een proefje met een tennisbal.

Ton laat de bal van een bepaalde hoogte vallen en Peter kijkt hoe hoog de bal terug stuitert.

Peter zegt: Tijdens het vallen wordt de snelheid van de bal steeds groter.

Ton zegt: Volgens mij is de snelheid van de bal steeds even groot.

Wie heeft er gelijk?

- A geen van beiden
- B* Peter
- C Ton

18 Fietsdynamo



Het licht op een fiets brandt als het wiel van de dynamo over de band rolt.

In de **dynamo** wordt dan energie omgezet.

Welke omzetting is dat?

- A* beweging → elektriciteit
- B beweging → licht
- C elektriciteit → beweging
- D licht → beweging

19 De aarde en de zon (2)

De aarde draait, net als de andere planeten, in een cirkelbaan om de zon.

Tegelijkertijd draait de aarde als een tol om zijn eigen as.

Hoe lang doet de aarde er over om één keer om zijn eigen as te draaien?

- A* een dag
- B een jaar
- C een maand
- D Dat kun je niet weten omdat het steeds verandert.

20 In het water (1)



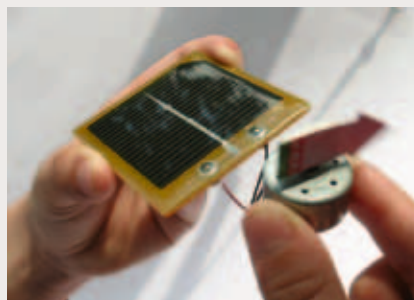
Francien hangt een metalen speelgoedauto aan een veer met schaalverdeling. Het wijzertje op de veer geeft 200 gram aan.

Daarna hangt ze de speelgoedauto helemaal in het water.

Hoeveel wijst de veer dan aan?

- A evenveel
- B meer
- C* minder.

21 Zonnepaneel met elektromotortje

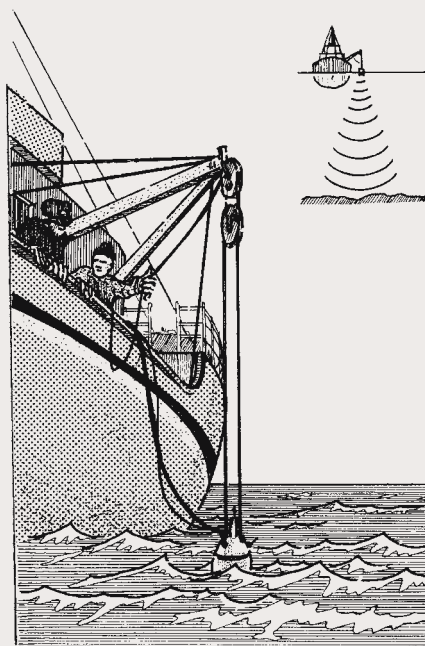


Denise heeft een kleine elektromotor op een zonnepaneeltje aangesloten. De zon schijnt, dus het motortje draait. In het zonnepaneel en de elektromotor vinden energie-omzettingen plaats. In welke volgorde gebeurt dat?

- A beweging → elektriciteit → licht
- B elektriciteit → beweging → licht
- C* licht → elektriciteit → beweging
- D beweging → licht → elektriciteit

De voorbeeldopgaven 20 en 29 gaan over de zwaartekracht en opwaartse kracht die werken op voorwerpen in water. Het valt op dat dit onderwerp, ook door de beste leerlingen, matig tot slecht wordt beheerst. Voorbeeldopgave 20 toetst of de leerlingen weten dat een voorwerp dat in water wordt ondergedompeld lichter wordt; de termen zwaartekracht en opwaartse kracht worden daarbij niet genoemd. Dat lijkt een eenvoudig feit dat je in het zwembad zelfs aan den lijve kunt ondervinden, maar de antwoorden van de leerlingen laten anders zien: iets meer dan 50% van de percentiel-50 leerlingen geeft het juiste antwoord (bij de percentiel-90 leerlingen is dat slechts 65%). Ruim een derde van alle leerlingen geeft als antwoord dat de veer met schaalverdeling (de veerunster) méér zal aanwijzen. Een ‘verzachtende omstandigheid’ is wellicht het gebruikte weeginstrument maar de resultaten bij voorbeeldopgave 29 lijken dat te ontkrachten. In die opgave wordt expliciet meegedeeld dat de veerunster door het onderdompelen van het autootje minder gaat aanwijzen en wordt gevraagd naar de oorzaak daarvan. De gemiddelde leerling weet hier geen raad mee; zelfs de percentiel-90 leerling beheerst dit onvoldoende. Daarbij moet worden benadrukt dat alleen in het juiste antwoord de term opwaartse kracht wordt genoemd. Als leerlingen dit begrip kennen, zou dat een belangrijke reden moeten zijn om antwoord A te kiezen. Het is dus een redelijk vermoeden dat (heel) veel leerlingen het begrip opwaartse kracht niet kennen en ook niet weten wat deze kracht doet. Dit vermoeden wordt versterkt door de uitkomsten van de schriftelijke vragenlijst: weinig leerkrachten besteden

22 Geluidsgolven



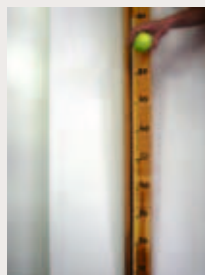
Dit schip is bezig om te meten hoe diep de zee is.

Dit wordt gedaan met behulp van geluid.

Wat wordt er van het geluid gemeten?

- A* de tijd die het geluid nodig heeft om terug te komen
- B de verandering van de geluidssterkte in het water
- C de verandering van de toonhoogte in het water

23 Stuiteren (1)



Maaïke en Peter doen een proefje met verschillende tennisballen.

Maaïke laat de tennisballen steeds van dezelfde hoogte vallen (de valhoogte).

Peter kijkt steeds hoe hoog een bal dan terug stuiter (de stuiterhoogte).

Wat willen Peter en Maaïke met dit proefje te weten komen?

- A Wat is de invloed van de valhoogte op de stuiterhoogte?
- B Wat is de invloed van de ondergrond op de stuiterhoogte?
- C* Welke tennisbal stuitert het beste?
- D Welke tennisbal is het zwaarst?

24 Proef met ijslolly



Anne en Lotte doen een ijslolly in een jampotje.

Ze zien dat de ijslolly na een uur is gesmolten.

Ze herhalen de proef met een nieuwe ijslolly, maar nu doen ze een wollen sjaal om het potje.

De ijslolly is dan pas na anderhalf uur gesmolten.

Welke conclusie is juist?

- A* De wollen sjaal isoleert het potje goed.
- B De wollen sjaal isoleert het potje slecht.
- C Met de wollen sjaal is er meer warmte nodig om de ijslolly te smelten.
- D Met de wollen sjaal is er minder warmte nodig om de ijslolly te smelten.

aandacht aan dit onderwerp en vergeleken met de peiling van 2002 is dat aantal verder teruggelopen (zie hoofdstuk 3).

Voorbeeldopgave 22 gaat (indirect) over de eigenschap dat geluid zich met een zekere snelheid verplaatst, in dit geval in water. Plusminus 55% van de gemiddelde leerlingen geeft het juiste antwoord.

De voorbeeldopgaven 1, 8, 23 en 24 toetsen onderzoeksvaardigheden; voorbeeldopgave 25 zou ook tot deze categorie kunnen worden gerekend, maar daarin wordt een beroep gedaan op zuiver natuurkundige kennis. De opgaven 1 en 8 zijn al bij de percentiel-10 leerling besproken. Ze worden door de percentiel-50 leerling goed beheerst. Bij voorbeeldopgave 23 wordt getoetst welke onderzoeksvraag past bij het beschreven experiment. De opgave doet een behoorlijk beroep op de leesvaardigheid van de leerlingen. Alternatief A (wat is de invloed van de valhoogte op de stuiterhoogte) is kennelijk het verraderlijkst: een derde van alle leerlingen kiest daarvoor. Ruim 50% van de gemiddelde leerlingen heeft geen moeite met deze vraag. Bij voorbeeldopgave 24 moet een conclusie getrokken worden bij een beschreven experiment. Hier is alternatief C (met de wollen sjaal is er meer warmte nodig om de ijslolly te smelten) het verleidelijkst: wederom een derde van alle leerlingen kiest daarvoor. Het is voor leerlingen van groep 8 niet eenvoudig om in te zien dat voor het smelten van een ijslolly altijd dezelfde hoeveelheid warmte nodig is. Ook bij deze opgave kiest iets meer dan 50% van de gemiddelde leerlingen het juiste antwoord.

De percentiel-75 leerling beheerst van de totale verzameling van vijftientig opgaven zo'n drieëndertig opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 tot en met 14, en 16), zevenendertig opgaven matig tot net voldoende (waaronder de voorbeeldopgaven 15 en 17 tot en met 26) en de overige vijftien onvoldoende (waaronder de voorbeeldopgaven 27 tot en met 29). De meeste van de hierboven besproken opgaven worden door de percentiel-75 leerlingen goed tot redelijk goed beheerst.

Bij voorbeeldopgave 25 moeten de leerlingen met behulp van twee proefjes vaststellen van welk materiaal drie staafjes zijn gemaakt. Daarbij moeten ze weten dat alleen het ijzeren staafje door een magneet wordt aangetrokken en dat alleen het houten staafje drijft in water. De aangeboden informatie is redelijk complex; ook het aantal alternatieven (6) verhoogt de moeilijkheidsgraad. Ongeveer 60% van de percentiel-75 leerlingen kiest het juiste antwoord (van de percentiel-90 leerlingen ongeveer 70%).

De opgaven 2, 4, 26, 27 en 28 hebben betrekking op het domein elektriciteit. De opgaven 2 en 4 zijn al besproken bij de percentiel-10 leerling; ze worden door de leerlingen van alle vaardigheidsniveaus goed beheerst.

In voorbeeldopgave 26 zijn twee lampjes parallel op een batterij aangesloten. De leerlingen moeten bepalen op welke plaats zich een schakelaar moet bevinden waarmee je beide lampjes in een keer uit kan doen. Dat is voor de percentiel-10 en -25 leerlingen een te moeilijke opgave, maar ook de percentiel-75 leerlingen hebben hier moeite mee: iets meer dan 50% wijst de juiste plaats aan (van de percentiel-90 leerlingen ongeveer 65%). Ongeveer 40% van alle leerlingen kiest voor alternatief C.

Voorbeeldopgave 27 laat zien dat het niet verstandig is om leerlingen van groep 8 te laten klussen met de elektriciteitsdraden in huis. Ongeveer 50% van de percentiel-75 leerlingen zou een kortsluiting doen ontstaan; bij de percentiel-10 en -25 leerlingen ligt dat percentage uiteraard veel hoger. Bij voorbeeldopgave 28 moet met een zelfgemaakte schakelaar (twee punaises en een paperclip op een plankje) een lampje aan en uit gedaan worden. Ongeveer een derde van alle leerlingen ziet hoe dat moet; van de percentiel-75 leerlingen is dat iets minder dan 50%.

In het algemeen kan worden gesteld dat het domein Elektriciteit, met name waar het gaat om het begrip van stroomkringen, zeer matig wordt beheerst.

Voorbeeldopgave 29 is reeds besproken bij de percentiel-50 leerling.

25 Twee proefjes

Op tafel liggen drie staafjes, gemaakt van aluminium, hout en ijzer. De drie staafjes zijn zwart geverfd.



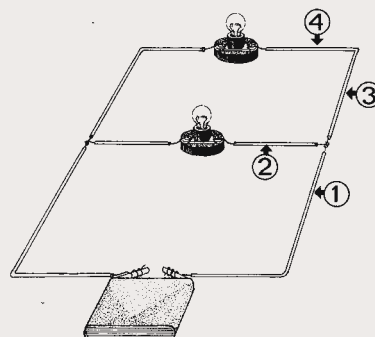
René doet met elk staafje twee proefjes. Het resultaat staat in de tabel.

	Staafje 1	Staafje 2	Staafje 3
Proefje 1: wordt het staafje aangetrokken door een magneet?	NEE	JA	NEE
Proefje 2: blijft het staafje drijven in water?	NEE	NEE	JA

Van welk materiaal zijn de staafjes gemaakt?

	Staafje 1	Staafje 2	Staafje 3
A	aluminium	hout	ijzer
B*	aluminium	ijzer	hout
C	hout	aluminium	ijzer
D	hout	ijzer	aluminium
E	ijzer	aluminium	hout
F	ijzer	hout	aluminium

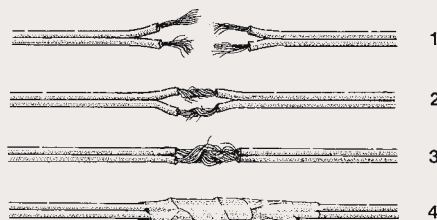
26 Schakelaar



Op een batterij zijn twee lampjes aangesloten. Beide lampjes branden. Je wil met één schakelaar beide lampjes in een keer uitdoen. Waar moet de schakelaar zich dan bevinden?

- A* op plaats 1
- B op plaats 2
- C op plaats 3
- D op plaats 4

27 Elektriciteitsdraden



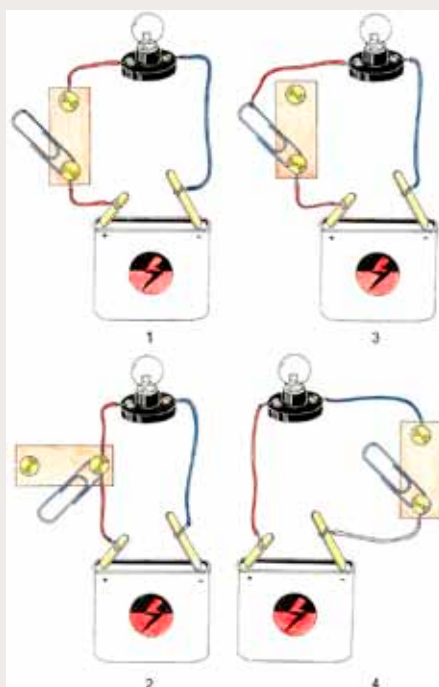
Stefan wil feestverlichting maken.

- 1: Hij moet daarvoor twee elektriciteitsdraden aan elkaar maken.
- 2: Hij draait de losse uiteinden eerst aan elkaar.
- 3: Daarna draait hij de beide draden in elkaar.
- 4: Tenslotte draait hij er isolatieband omheen.

Heeft Stefan de draden goed met elkaar verbonden?

- A Ja, de twee afzonderlijke draden zijn goed in elkaar gedraaid.
- B Ja, er is isolatieband rond de draden gedraaid.
- C* Nee, alle draden raken elkaar.
- D Nee, het verbindingsstuk is dikker dan de rest van de draden.

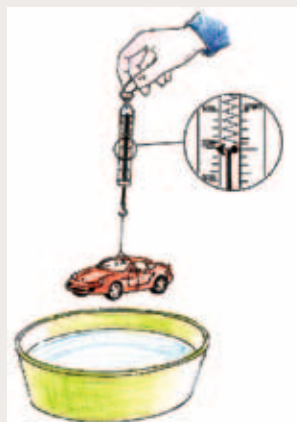
28 Stroomkring



Ingrid heeft een lampje aangesloten op een batterij.
Ze wil het lampje aan en uit doen.
Welke schakelaars zitten goed in de stroomkring?

- A 1 en 2 zijn goed
- B 3 en 4 zijn goed
- C* 1 en 4 zijn goed
- D 2 en 3 zijn goed

29 In het water (3)



Francien doet een proefje: zij hangt een metalen speelgoedauto aan een veer met schaalverdeling. Het wijzertje op de veer geeft 200 gram aan. Daarna hangt ze de speelgoedauto helemaal in het water. Het wijzertje geeft dan 100 gram aan. Wat is juist?

- A* Het autootje weegt in water de helft door de opwaartse kracht van het water.
- B Het autootje weegt in water de helft omdat in water de zwaartekracht de helft is.
- C Het autootje weegt in water de helft omdat er in water geen zwaartekracht is.

Samenvatting

Voor de percentiel-10 leerlingen is het grootste deel van de opgaven te moeilijk. Zij beheersen voornamelijk de opgaven waarin naar concrete feiten wordt gevraagd die dicht bij hun ervaringswereld liggen (een spijker/metaal geleidt elektrische stroom, een zonnepaneel zet licht om in elektriciteit).

Wanneer een opgave iets abstracter is geformuleerd of complexere informatie bevat, haken zij af. De gemiddelde leerlingen hebben daar (uiteraard) minder moeite mee. Het valt op dat zij moeite hebben met het begrip energieomzetting en de volgorde waarin energieomzettingen plaatsvinden.

Bij de percentiel-75 leerlingen blijken de grootste kennishiaten te liggen bij het begrip opwaartse kracht (in samenspel met de zwaartekracht) en het begrip van stroomkringen.

Standaarden

De mediaan van de oordelen voor de standaard **Minimum** is 190, een vaardigheidsscore die wordt bereikt door 88 procent van de leerlingen. Gegeven het feit dat de standaard Minimum wordt beoogd bij 90 tot 95 procent van de leerlingen aan het einde van het basisonderwijs kunnen we concluderen dat het gewenste minimale kennisniveau vrijwel wordt gerealiseerd in de beoogde omvang. De standaard impliceert een goede beheersing van bijvoorbeeld de voorbeeldopgaven 1 tot en met 4 en 6 en een matige beheersing van onder meer de voorbeeldopgaven 5 en 7 tot en met 11 en komt overeen met het boven beschreven profiel van de percentiel-10 leerling. De relatief smalle marge van de interkwartielrange van de oordelen geeft aan dat er in belangrijke mate overeenstemming was tussen beoordelaars over het minimaal gewenste niveau.

De mediaan van de oordelen voor de standaard **Voldoende** ligt bij vaardigheidsscore 260, een niveau dat door 42 procent van de leerlingen wordt bereikt. Dat is aanmerkelijk minder dan het beoogde percentage van 70 tot 75. Het gewenste niveau voor voldoende beheersing van de kerndoelen voor Natuurkunde impliceert een kennisniveau dat hierboven is beschreven voor de percentiel-50 (of gemiddelde) leerling. De iets bredere marge van de interkwartielrange geeft aan dat er tussen beoordelaars minder overeenstemming was over het voor deze standaard gewenste niveau.

De mediaan van de oordelen voor de standaard **Gevorderd** ligt bij vaardigheidsscore 310, een niveau dat door 12 procent van de leerlingen wordt bereikt. Dat duidt erop dat een goede beheersing van onder meer de laatste zeven voorbeeldopgaven het bereik van de kerndoelen basisonderwijs voor Natuurkunde overstijgt.

Vergelijken we de nieuwe standaarden met die uit de vorige peiling dan is er sprake een lichte stijging in het gewenste niveau voor de standaarden Minimum en Voldoende. De standaard Minimum lag toen net onder percentiëlniveau 10 en de standaard Voldoende net onder percentiëlniveau 50. Mogelijk is dat mede het gevolg van de positieve verwachtingen van beoordelaars van inspanningen in het kader van het VTB-programma.

Verschillen tussen leerlingen

De factor leerlinggewicht blijkt duidelijk van invloed op het kennisniveau voor Natuurkunde. Leerlingen met leerlinggewichten 0.30 en 1.20 hebben een gemiddeld lager vaardigheidsniveau dan 0-leerlingen, terwijl het gemiddelde vaardigheidsniveau van 1.20-leerlingen op haar beurt lager ligt dan dat van 0.30-leerlingen. De prestaties van jongens is gemiddeld genomen beter dan dat van meisjes en datzelfde geldt voor de vertraagde leerlingen ten opzichte van hun reguliere groepsgenoten. Een belangrijke factor blijkt ook de herkomst van leerlingen te zijn. Er blijkt een aanzienlijke achterstand te zijn in gemiddeld kennisniveau voor Natuurkunde van kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond ten opzichte van kinderen met een

Nederlandse achtergrond.

Deelname van de school aan een VTB-programma blijkt vooralsnog nauwelijks van invloed te zijn op het kennisniveau van leerlingen van Natuurkunde.

Tenslotte wijst een vergelijking met de prestaties uit de vorige peiling uit dat het kennisniveau vooral stabiel is gebleven.

4.2 Techniek

Inhoud

Het onderwerp Techniek omvat vier domeinen die elk bestaan uit twee of drie basisinzichten. De tabel *Domeinen en basisinzichten van Techniek* geeft daar een overzicht van. Het zijn deze leerinhouden die in de opgaven voor Techniek aan de orde zijn gesteld. Verderop in deze paragraaf worden de basisinzichten nader toegelicht.

Domeinen en basisinzichten van Techniek

Eigenschappen van materialen en onderdelen

- 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.

Constructies en verbindingen

- Met profielen kunnen sterke en toch lichte constructies gemaakt worden.
- Constructies worden steviger met driehoeken, bogen of door in verband te bouwen.
Constructies worden stabieler 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.

Overbrengingen

- (Tand)wielen, hefboomen en cilinders met perslucht (pneumatiek) of vloeistof (hydrauliek) zorgen voor de overbrenging van een beweging of 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.

Geautomatiseerde systemen

- 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.

De vaardigheid van de leerlingen op het gebied van techniek is geëvalueerd op basis van een verzameling van achtenvijftig opgaven. Behalve opgaven over bovengenoemde domeinen zijn er ook een paar vragen aan de leerlingen voorgelegd over het gebruik van gereedschappen. De verdeling van de opgaven over de vier domeinen en het gebruik van gereedschappen zijn in onderstaande tabel weergegeven. Daarin is ook aangegeven welke opgaven als voorbeeldopgaven zijn geselecteerd voor deze balans.

Aantal opgaven per domein en geselecteerde voorbeeldopgaven

Domein	Aantal opgaven	Voorbeeldopgaven
Gereedschappen	8*	3, 22, 23, 25
Eigenschappen van materialen	1 (3)	2, (Natuurkunde 12, 14)
Constructies en verbindingen	18	5, 7, 8, 11, 13, 16
Overbrengingen	25*	1, 6, 9, 10, 14, 17, 18, 19, 20, 21, 24, 25, 27
Geautomatiseerde systemen	7	4, 12, 15, 26, 28
Totaal	58*	28
* Voorbeeldopgave 25 toetst zowel het gebruik van gereedschappen als het hefboomprincipe.		

De verschillende basisinzichten worden in de domeinbeschrijving nader toegelicht en uitgewerkt. Van deze uitwerkingen geven we hieronder een samenvatting.

Eigenschappen van materialen en onderdelen

De meeste metalen geleiden elektrische stroom en ook warmte. 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 van belang dat de juiste materialen worden gekozen. Het materiaal van bijvoorbeeld een ladder moet licht, buigzaam en sterk zijn; bovendien moet het materiaal weerbestendig zijn. Het materiaal van een fluitketel moet warmte goed geleiden en een hoog smeltpunt hebben.

Bij het maken van een product/prototype is van belang hoe gemakkelijk het materiaal te bewerken is. Als het product uit onderdelen bestaat, is het belangrijk te weten hoe de verbindingen gemaakt kunnen worden. Kunnen ze aan elkaar worden gelast, gesoldeerd, gesmolten of moeten er andere verbindingen worden gemaakt, bijvoorbeeld met pen en gat of met schroeven?

Constructies

Constructies moeten meestal sterk, stijf en toch licht zijn. Daarvoor maakt men gebruik van profielen. Constructies worden steviger door driehoeken of bogen te gebruiken. Bouwwerken worden steviger door de bouwstenen in verband te plaatsen.

Constructies staan stabiel als ze een brede of zware basis hebben. 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').

Bij constructies zijn verbindingen belangrijk. Er zijn verbindingen waarbij de onderdelen weer losgemaakt kunnen worden, bijvoorbeeld doordat de onderdelen op of in elkaar passen (puzzel,

ritssluiting) of door schroeven, bouten en moeren of splitpennen te gebruiken. Verbindingen kunnen ook blijvend worden aangebracht door bijvoorbeeld lijm, specie, soldeertin, naaigaren of spijkers te gebruiken. Scharnieren en kogellagers zijn voorbeelden van bewegende verbindingen.

Overbrengingen

Constructies waarmee men een beweging van een onderdeel in een apparaat of machine overbrengt op een ander onderdeel, heten overbrengingen. Er zijn overbrengingen van een ronddraaiend voorwerp naar een ander ronddraaiend voorwerp. Daarbij gebruikt men wielen die op assen zijn gemonteerd en met elkaar in verbinding staan. Tandwielen grijpen direct in elkaar, maar de wielen kunnen ook verbonden worden met een stang, ketting, riem of snaar. Er zijn ook overbrengingen waardoor een ronddraaiende beweging overgaat in een rechtlijnige beweging of omgekeerd. In een automotor drijft een zuiger die op en neer gaat de krukas aan waarmee de wielen zijn verbonden.

Ook zijn er overbrengingen waarmee een rechtlijnige beweging wordt omgezet in een andere rechtlijnige beweging. Daarbij gebruikt men een hefboom, katrol of zuigers en cilinders met samengeperste lucht (pneumatisch systeem) of vloeistof (hydraulisch systeem). Hiermee kan een neergaande beweging worden omgezet in een opgaande of omgekeerd.

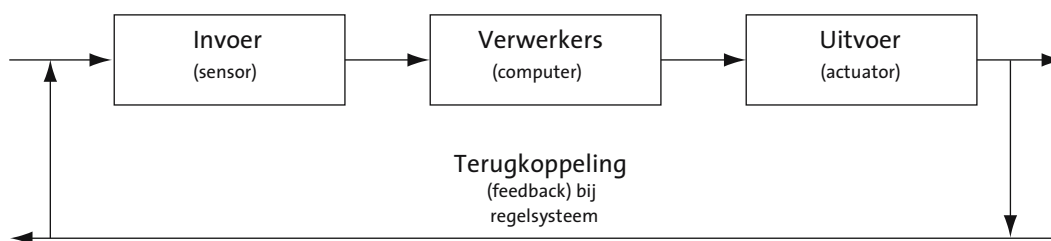
Hefbomen maken een kracht groter of kleiner en/of veranderen de richting van een kracht. Een kleine kracht op de lange arm van een hefboom resulteert in een relatief grote kracht op de korte arm. Daarbij verandert de richting van de kracht.

Tandwielen veranderen vaak het toerental (aantal omwentelingen per minuut) van een draaiende beweging en/of de richting van de draaiing. Als een tandwiel met weinig tanden een tandwiel met veel tanden aandrijft, wordt het toerental kleiner; omgekeerd wordt het toerental juist groter.

Geautomatiseerde systemen

Een geautomatiseerd systeem zorgt ervoor dat een machine of apparaat bepaalde handelingen verricht zonder tussenkomst van mensen. Het systeem reageert op bepaalde signalen uit de omgeving (de invoer); die signalen worden door sensoren (bijvoorbeeld een lichtsensor, temperatuursensor, magneetveldsensor, druksensor) omgezet in elektrische signalen. Een tijd- of drukschakelaar kan ook voor de invoer zorgen.

De onderdelen van een geautomatiseerd systeem zijn:

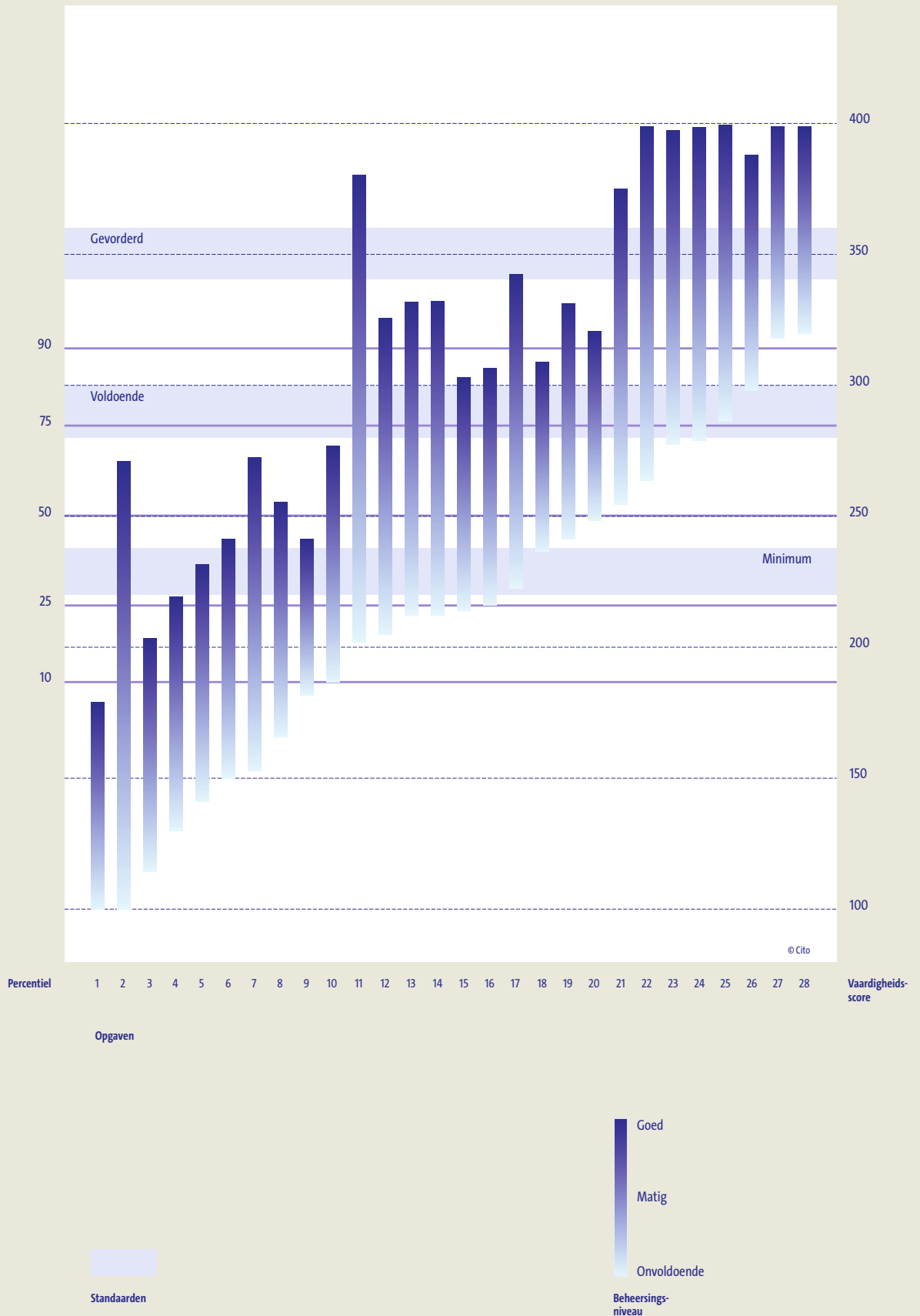


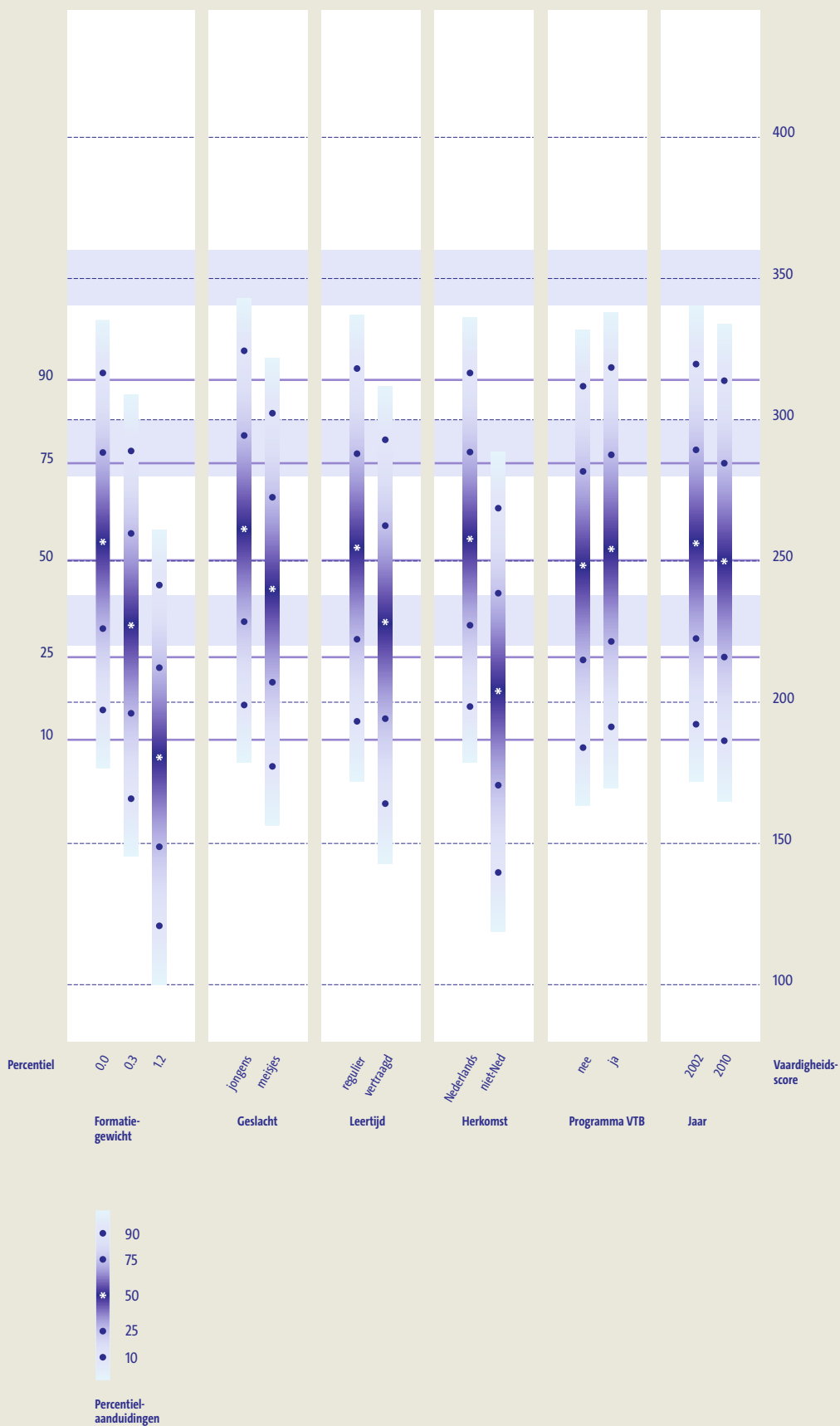
Er zijn meetsystemen, stuursystemen en regelsystemen.

Voorbeeld van een meetsysteem is een digitale thermometer die binnen aangeeft hoe hoog de temperatuur buiten is. Buiten bevindt zich een temperatuursensor die verbonden is met een kastje waarin een computer het signaal verwerkt en de temperatuur op een beeldschermje weergeeft. Een stuursysteem reageert op het inkomende signaal met een actie, bijvoorbeeld een deur gaat automatisch open wanneer een bewegingssensor aangeeft dat er iemand nadert. Bij een regelsysteem vindt terugkoppeling plaats: de uitvoer heeft invloed op de invoer. Voorbeeld van een regelsysteem is de thermostaat van een centrale verwarming die automatisch de ingestelde temperatuur in de kamer regelt.

In geautomatiseerde systemen wordt dikwijls gebruik gemaakt van een computer. Deze kan heel klein zijn (één chip) of groot (veel chips op een printplaat).

De vaardigheidsschaal bij het onderwerp Techniek





Voorbeeldopgaven 1–4 Techniek

1 Kat en muis

De kat en de muis zijn nu precies in evenwicht.



Wat zal er gebeuren als de kat over de plank naar de room toeloopt?

- A De lat breekt.
- B* De muis komt omhoog.
- C De muis valt naar beneden.
- D Er gebeurt niets.

2 Waxinelicht



Dennis wil de lantaarn ophangen aan een haak. Daarvoor bevestigt hij bovenin de lantaarn een draad. Wat voor soort draad kan hij het beste nemen?

- A een katoenen draad
- B de nyldraad van een vishengel
- C* een stukje ijzerdraad
- D een stukje touw

3 Kraampjes in elkaar zetten



De kraampjes op het speelplein moeten in elkaar gezet worden. Er liggen latten die met bouten en moeren aan elkaar vastgemaakt moeten worden.

Welk gereedschap is daarvoor nodig?



A



C

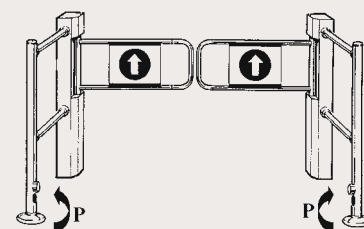


B



D*

4 Supermarkt



Als je met je winkelwagentje langs de eerste paaltjes loopt, gaat het poortje vanzelf open.

Wat zit er in die paaltjes op de plaats bij de pijlen P?

- A een alarm
- B een magneet
- C* een sensor
- D een veer

Wat leerlingen kunnen

De percentiel-10 leerling beheerst van de totale verzameling van achteenvijftig opgaven vier opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 en 3), twintig opgaven matig (waaronder de voorbeeldopgaven 2 en 4 tot en met 9) en de overige opgaven onvoldoende.

Met voorbeeldopgave 1, waarin het hefboomprincipe op zeer concrete wijze aan de orde komt, heeft dit type leerling geen moeite: meer dan 80% van deze groep geeft het juiste antwoord. Voorbeeldopgave 2 en de voorbeeldopgaven 12 en 14 van Natuurkunde (zie pagina 66) zijn opgaven waarbij de eigenschappen van de gebruikte materialen een rol spelen.

In psychometrisch opzicht vertoont voorbeeldopgave 2 mankementen: de opgave discrimineert slecht tussen vaardige en minder vaardige leerlingen. Bij nader inzien is duidelijk wat de oorzaak daarvan is: de vlam van het waxinelicht had een stuk groter getekend moeten worden (of de lantaarn korter) zodat beter uit de verf komt dat de katoenen draad, de nylandraad en het stukje touw gevaar lopen te smelten of te verbranden. Zo'n kleine 70% van de percentiel-10 leerlingen kiest voor ijzerdraad maar vermoedelijk heeft een behoorlijk percentage goed gegokt (de lange balk in het stavendiagram op pagina 78 duidt daar mogelijk op).

Voorbeeldopgave 3 is goed maakbaar voor de percentiel-10 leerlingen. De foto's van de bout en moer en de te gebruiken gereedschappen laten weinig te raden over. Voorbeeldopgave 4 is weliswaar minder concreet – door het passeren van een sensor gaan de poortjes vanzelf open – toch geeft zo'n 70% van de percentiel-10 leerlingen het juiste antwoord.

Bij voorbeeldopgave 5 begint het voor deze groep lastiger te worden: ruim 65% wijst het op de juiste manier vastgespijkerde bord aan.

In voorbeeldopgave 6 wordt getoetst hoe je kunt voorkomen dat een hijskraan omvalt.

Ruim 60% van de percentiel-10 leerlingen ziet in hoe in dit geval het hefboomprincipe moet worden toegepast (voor de gemiddelde en percentiel-75 leerlingen is dat geen probleem).

Het hek dat vanzelf dichtgaat (voorbeeldopgave 7) wordt alleen door de percentiel-75 en -90 leerlingen goed beheerst. Veel van de overige leerlingen vinden dat het hek kapot is of dat kinderen het niet open kunnen krijgen. Voorbeeldopgave 8, Poort met kantelen, laat iets soortgelijks zien: gemakkelijk voor de beste leerlingen, redelijk te doen voor de gemiddelde leerling, maar lastig voor de minst vaardige leerlingen.

In voorbeeldopgave 9 moet goed gekeken worden hoe de twee gordijnen aan de touwen zijn opgehangen. Voor veel percentiel-10 leerlingen een te lastige opgave: iets meer dan 50% van hen geeft het juiste antwoord. Zoals in voorbeeldopgave 6 moet ook in voorbeeldopgave 10 het hefboomprincipe worden toegepast. Van de percentiel-10 leerlingen doet 50% dat correct (van de percentiel-50 leerlingen is dat ruim 70% en van de percentiel-75 leerlingen ruim 80%).

De gemiddelde (percentiel-50) leerling beheerst van de totale verzameling van achteenvijftig opgaven vijftien opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 tot en met 9, met uitzondering van 2 en 7), vijfentwintig opgaven matig (waaronder de voorbeeldopgaven 2, 7 en 10 tot en met 20) en de overige onvoldoende (waaronder de voorbeeldopgaven 21 tot en met 28). De hierboven besproken opgaven worden door de gemiddelde leerling goed tot redelijk goed beheerst.

Ook voorbeeldopgave 11 discrimineert slecht en de oorzaak daarvan is niet moeilijk te vinden: het onderscheid tussen een stabiele en stevige constructie is onvoldoende of niet bij leerlingen bekend. Dat de leerlingen geen onderscheid kunnen maken tussen de begrippen stabiliteit en stevigheid wordt benadrukt door het feit dat ruim een derde van alle leerlingen voor alternatief C (de diagonale buizen) kiest. Wanneer de vraag had geluid: "Welke soort buis zorgt er voor dat de steiger niet kan omvallen?" zou de opgave ongetwijfeld (veel) beter hebben gescoord.

5 Latifa en David in het pretpark



Latifa en David willen eerst naar de achtbaan.
Het richtingbord voor de achtbaan zit stevig vast.
Hoe is het dan vastgespijkerd?



6 Dit gaat mis!



De lading die omhoog moet, is te zwaar. De kraan dreigt zelfs om te vallen.
Hoe kan men dit probleem het beste oplossen?

- A een langer touw gebruiken om de lading op te tillen
- B* een zwaar gewicht bij P hangen
- C een zwaar gewicht bij Q hangen

7 Hek van de speeltuin



Wat kun je aan dit hek zien?

- A dat het kapot is
- B* dat het vanzelf dicht gaat
- C dat kinderen het niet open kunnen krijgen

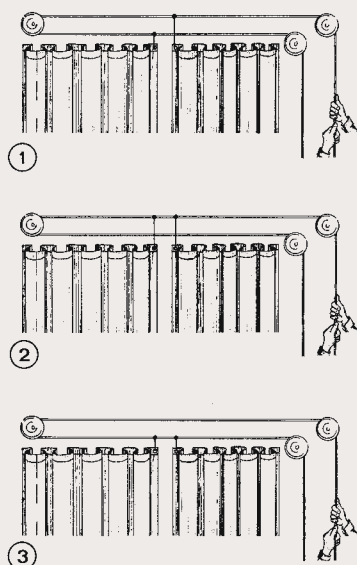
8 Een poort met kantelen



De 'torentjes' boven op de poort heten kantelen.
Wat zorgt vooral voor de stevigheid van deze poort?

- A de kantelen op de poort
- B het stalen hek in de opening
- C* de stenen boog boven de opening

9 Toneelvoorstelling



De toneelvoorstelling gaat beginnen. Sofie moet de twee gordijnen openen door aan één touw te trekken. In welke situatie zal dat lukken?

- A* alleen in situatie 1
- B alleen in situatie 2
- C alleen in situatie 3
- D in alle drie de situaties

10 Kruiwagen (2)



Gert heeft de draagarmen van zijn kruiwagen verlengd door er twee ijzeren pijpen over te schuiven. Waarom heeft hij dat gedaan?

- A Dan kan hij beter sturen.
- B Dan kan hij beter zien waar hij rijdt.
- C Dan kan hij sneller vooruitkomen.
- D* Dan heeft hij minder kracht nodig.

11 Steiger (1)



De steiger op de foto bevat vier soorten buizen die met de letters a, b, c en d zijn aangegeven:

- a de buizen die schuin omhoog staan,
- b de horizontale buizen,
- c de diagonale buizen,
- d de verticale buizen.

Welke soort buis zorgt voor extra stabiliteit van de steiger?

Kies a*, b, c of d.

12 Broedmachine

Het is tijd om naar huis te gaan. Maar eerst kijkt Martijn nog even naar de eieren in de broedmachine. De temperatuur in de broedmachine moet steeds 38 °C blijven. Dat wordt geregeld met een thermostaat. In het schema staat wat er achtereenvolgens gebeurt.

temperatuur meten → resultaat 37,5 °C →
verwarming inschakelen → ?

Wat moet er op de plaats van het vraagteken staan?

- A alarmbel inschakelen
- B eieren uit de broedmachine halen
- C* temperatuur meten
- D verwarming uitschakelen

Voorbeeldopgaven 13–16 Techniek

13 Verbinding

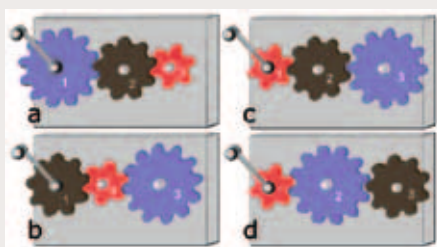
Er verschijnen wolven en het begint te waaien.
Latifa ritst snel haar regenjas dicht.
Een ritssluiting maakt op een bepaalde manier delen
aan elkaar vast.

Wat werkt ook zo?

- A* een legpuzzel
- B een nietje
- C een paperclip
- D een scharnier

14 Tandwielen

Michelle heeft drie tandwielen. Ze kan met een hendel
het eerste wiel laten draaien. Ze wil het derde
tandwiel zo snel mogelijk laten ronddraaien.



Hoe moet ze de wielen dan bevestigen?

- A* zoals op plaatje a
- B zoals op plaatje b
- C zoals op plaatje c
- D zoals op plaatje d

15 Automaat

David heeft zin in een snack. Hij gooit een munt in de
automaat en kiest iets lekkers. Op drie punten wordt
de munt gecontroleerd. Een valse munt wordt
geweigerd.

Waar wordt de munt op gecontroleerd?

- A op de diameter, de dikte en de kleur
- B* op de diameter, de dikte en het gewicht
- C op de diameter, het gewicht en de kleur
- D op de dikte, het gewicht en de kleur

16 Stevig hek



Het draaihek bij de schapen is niet zo stevig.
Martijn wil het hek met een extra plank steviger
maken.

Dat kan op meer manieren.



Bij welke manier is het hek het stevigst?

- A* hek A
- B hek B
- C hek C
- D ze zijn alle drie even stevig

In voorbeeldopgave 12 moeten de leerlingen laten zien dat ze het principe van een regelsysteem begrijpen. Ruim 60% van de gemiddelde leerlingen toont dat begrip (bij de percentiel-75 leerlingen is dat ruim 70%). Voorbeeldopgave 13 is interessant. Zien de leerlingen dat de verbindingen in een ritssluiting overeenkomen met die in een legpuzzel? Voor 60% van de gemiddelde leerlingen is dat geen probleem. Om niet geheel duidelijke redenen kiezen veel leerlingen voor alternatief D (een scharnier). Misschien omdat een scharnier ook van metaal is gemaakt?

Het principe dat, wanneer een tandwiel met veel tanden een tandwiel met minder tanden aandrijft, het laatste sneller gaat ronddraaien, wordt getoetst in voorbeeldopgave 14. De gemiddelde leerling beheerst dat matig: 60% kiest het juiste antwoord (bij de percentiel-75 leerlingen is dat iets minder dan 70%).

Voorbeeldopgave 15 is een ontwerpachtige opgave. Waar kan de ontwerper van een automaat de ingeworpen munten het makkelijkst op laten controleren? Ruim 60% van alle leerlingen (ook van de gemiddelde leerlingen) ziet in dat controleren op kleur niet handig is. Ruim 20% van

de leerlingen kiest alternatief D (dikte, gewicht, kleur), wellicht omdat zij het begrip diameter niet kennen.

In voorbeeldopgave 16 wordt getest of leerlingen weten dat driehoeken steviger zijn dan rechthoeken. Voor iets meer dan 60% van de gemiddelde leerlingen is dat geen geheim (alleen de percentiel-90 leerlingen beheersen dat goed).

De voorbeeldopgaven 1, 6, 10, 17 en 19 toetsen alle vijf op min of meer dezelfde manier of de leerlingen het hefboomprincipe correct kunnen toepassen. De eerste drie opgaven zijn dermate concreet en dicht bij hun eigen beleavingswereld dat de gemiddelde leerlingen ze goed tot redelijk goed beheersen. Voorbeeldopgave 17 beheersen ze echter matig (plusminus 56% antwoordt correct). Dat Bob en Myrthe zo dicht mogelijk bij het draaipunt (de as) van de kruiwagen moeten zitten, is kennelijk een lastig inzicht. Voorbeeldopgave 19 lijkt gemakkelijker (iedereen zal toch een keer of vaker op een wip gezeten hebben) maar blijkt in werkelijkheid iets moeilijker te zijn voor deze groep leerlingen: maar iets meer dan 50% geeft het juiste antwoord. Veel leerlingen denken dat de knikkers even zwaar zijn. Ook van de percentiel-75 en -90 leerlingen kiest maar 65% respectievelijk 75% het juiste antwoord. Het is verrassend dat een opgave die zo dicht bij de ervaringswereld van de leerlingen lijkt te liggen zo matig wordt beantwoord.

Dat je met twee katrollen de kracht kunt verkleinen waarmee je een zwaar blok ophijst (voorbeeldopgave 18) weet ongeveer 53% van de percentiel-50 leerlingen.

Ongeveer 50% van de gemiddelde leerlingen beantwoordt voorbeeldopgave 20 (naar welke kant draaien de kleine wielletjes waarop een looptunnel draait?) correct (bij de percentiel-75 leerlingen is dat ongeveer 65%). Ruim 40% van alle leerlingen kiest voor alternatief A, waarbij de wielletjes net als de tunnel met de klok meedraaien. Het is kennelijk een lastig inzicht dat de wielletjes juist in de tegenovergestelde richting draaien.

De percentiel-75 leerling beheerst van de totale verzameling van achteenvijftig opgaven eenentwintig opgaven goed tot redelijk goed (waaronder de voorbeeldopgaven 1 tot en met 10), zesentwintig opgaven matig (waaronder de voorbeeldopgaven 11 tot en met 24) en de overige twaalf onvoldoende (waaronder de voorbeeldopgaven 25 tot en met 28). De meeste van de hierboven besproken opgaven worden door de percentiel-75 leerlingen goed (tot redelijk goed) beheerst.

Net als in voorbeeldopgave 14 wordt in voorbeeldopgave 21 het ogenschijnlijk eenvoudige inzicht getoetst dat een tandwiel met veel tandjes een tandwiel met weinig tandjes sneller doet ronddraaien. Met dat inzicht is het maar matig gesteld: minder dan 60% van de percentiel-75 leerlingen ziet in dat de tandwielen dienen om de kloppers snel te laten ronddraaien.

De voorbeeldopgaven 3, 22 en 23 toetsen het gebruik van verschillende gereedschappen.

Voor de percentiel-75 leerlingen is voorbeeldopgave 3 erg eenvoudig. Hoe een waterpas te gebruiken (voorbeeldopgave 22) is voor hen daarentegen een stuk lastiger: ruim 50% van deze groep weet hoe dat moet. Ruim een derde van alle leerlingen kiest voor alternatief B (het belletje van de waterpas in het midden). Het is niet onwaarschijnlijk dat veel leerlingen het in hun ogen gewenste antwoord geven (bij goed gebruik van een waterpas moet het belletje in het midden zitten), niet in de gaten hebbend dat in de beschreven situatie het schilderij nog schever komt te hangen. Ook de verstekbak om schuine hoekjes te zagen (voorbeeldopgave 23) wordt, ondanks de afgebeelde foto, slechts door 50% van de percentiel-75 leerlingen gekozen. Ruim 50% van alle leerlingen kiest voor de winkelhaak.

Voorbeeldopgave 24 toetst hetzelfde principe als de voorbeeldopgaven 14 en 21. Een groot wiel drijft via een elastiek een kleiner wiel aan; hoe kleiner dat wiel des te groter zijn toerental. Zoals al eerder geconstateerd, zijn maar weinig leerlingen van dat principe op de hoogte: van de totale populatie ruim 40%, van de percentiel-75 leerlingen 50% en van de percentiel-90 leerlingen iets minder dan 60%.

Voorbeeldopgaven 17–20 Techniek

17 Kruiwagenrace



1



3



2

Leuk, een kruiwagenrace!

Ellen moet Bob en Myrthe in een kruiwagen naar de overkant rijden. Bob en Myrthe kunnen op verschillende manieren gaan zitten.

Op welke manier kost het Ellen de minste kracht?

- A* op manier 1
- B op manier 2
- C op manier 3
- D het maakt niet uit

18 Een zwaar blok

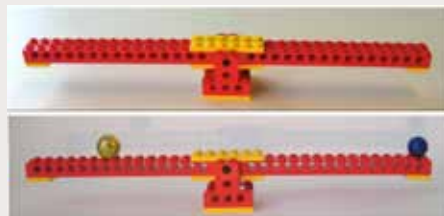


Dit grote houten blok moet omhoog getakeld worden. Wat moet er boven aan het touw zitten om er voor te zorgen dat dit zo min mogelijk kracht kost?

- A een ijzeren haak
- B een stalen ketting
- C een tandwiel
- D* twee katrollen

19 Knikkers op de wip (2)

Demy maakt een wip van lego. Ze legt er een gele en een blauwe knikker op.



Welke conclusie kan Demy trekken?

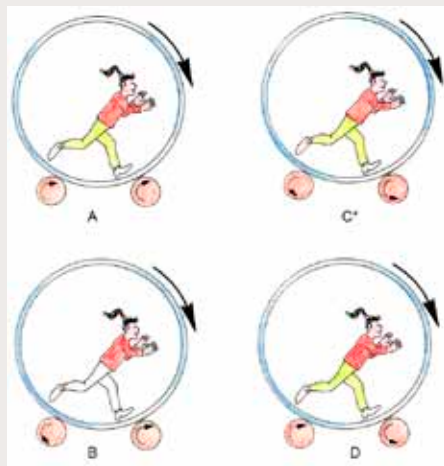
- A De blauwe knikker is zwaarder.
- B* De gele knikker is zwaarder.
- C De knikkers zijn even zwaar.

20 Looptunnel

Op het sportveld staat een looptunnel. Soumia gaat erin.

De looptunnel draait op kleine wieltjes. De looptunnel draait met de klok mee.

Naar welke kant draaien de kleine wieltjes dan?



21 Slagroomklopper



Bart en Farida staan achter het kraampje waar ijs met slagroom uitgedeeld wordt. De slagroomklopper heeft een aantal tandwielen.

Waar zorgen deze tandwielen voor?

- A* Zo draaien de kloppers snel.
- B Zo draaien de kloppers soepel.
- C Zo wordt de slagroom luchtiger.
- D Zo wordt de slagroom niet zuur.

22 Fotolijst ophangen



Esther wil een fotolijst ophangen met behulp van een waterpas. In de waterpas zit een buisje met groen gekleurd water. In het water drijft een luchtbel. Esther laat de rechterkant van de fotolijst iets zakken. Hoe ziet het buisje met de luchtbel er dan uit?



- A zoals op plaatje a
- B zoals op plaatje b
- C* zoals op plaatje c

23 Schilderij



Het is feest op school! De directeur is jarig en krijgt een cadeau. Groep 8 maakt een groot schilderij. Er moet nog een lijst van hout om.

Welk hulpmiddel gebruiken ze om schuine hoekjes te zagen?



A



C*



B



D

24 Werkstuk



Tim heeft een werkstuk gemaakt met twee wielen en een elastiek. Met een hendel laat hij het grote wiel draaien. Door het elastiek draait ook het onderste wiel.

Tim wil het onderste wiel sneller laten ronddraaien. Wat moet Tim veranderen?

- A Het bovenste wiel vervangen door een kleiner wiel.
- B Het elastiek korter maken.
- C* Het onderste wiel vervangen door een kleiner wiel.

25 Spijker eruit trekken



Nina heeft een spijker in het hout geslagen, maar niet op de juiste plaats.

Daarom wil ze de spijker eruit trekken.

Op welke manier gaat dat het makkelijkst?

- A manier a
- B manier b
- C* manier c

26 Temperatuur meten



Dit bord geeft steeds de temperatuur van de lucht aan.

Wat moet er hiervoor in dit bord zitten?

- A een luchtdrukmeter
- B een schakelaar
- C* een sensor
- D een zonnecel

27 Draaiende wielen



Aan het witte wiel (1) zit een stokje. Als je het stokje met je vingers draait, draait het witte wiel.

Om de wielen zit een elastiek waardoor ook de andere wielen draaien.

Hoe draait het kleine blauwe wiel (4)?

- A Het draait langzamer rond dan het witte wiel en in dezelfde richting.
- B Het draait langzamer rond dan het witte wiel en in tegenovergestelde richting.
- C Het draait sneller rond dan het witte wiel en in dezelfde richting.
- D* Het draait sneller rond dan het witte wiel en in tegenovergestelde richting.

28 Oversteken



Latifa en David gaan naar huis. Ze steken de straat over bij het voetgangerslicht.

Een voetgangerslicht is een voorbeeld van een automatisch besturingssysteem. Nadat je op de knop gedrukt hebt, werkt het voetgangerslicht automatisch.

Welke van de 5 volgende dingen worden door dit besturingssysteem geregeld?

- 1 wachttijd totdat je kunt oversteken
- 2 licht springt op groen
- 3 tijd om over te steken
- 4 licht springt op rood
- 5 tijd totdat er weer iemand op de knop drukt

- A alleen 1 en 2
- B alleen 2 en 4
- C* alleen 1, 2, 3, en 4
- D 1, 2, 3, 4 én 5

Voorbeeldopgave 25 toetst hoe je met een nijptang het gemakkelijkst een spijker uit een houten plank kunt trekken, daarbij gebruik makend van het hefboomprincipe. Iets minder dan 50% van de percentiel-75 leerlingen weet hoe dat moet. In het algemeen kan worden gesteld dat het met de kennis van hoe om te gaan met gereedschappen vrij matig is gesteld. Voorbeeldopgave 26 wordt verrassend slecht gemaakt (zie ook voorbeeldopgave 4 die daarentegen goed wordt gemaakt). Slechts een derde van de totale populatie ziet in dat van de aangeboden alternatieven alleen een (temperatuur)sensor geschikt is om de temperatuur te meten. Het is moeilijk te begrijpen waarom ruim een derde kiest voor de luchtdrukmeter en bijna een derde voor de zonnecel. Ook voor de allerbeste (percentiel-90) leerlingen is dit kennelijk een lastige vraag: ongeveer 55% van hen kiest het juiste antwoord. De draaiende wielen in voorbeeldopgave 27 bevestigen nog maar eens de constatering die al bij de voorbeeldopgaven 14, 21 en 24 is gedaan: het is (zeer) matig gesteld met de kennis van overbrengingen via tandwielen of snaren. Slechts 31% van de totale populatie geeft het juiste antwoord (van de percentiel-90 leerlingen ongeveer 50%). Voorbeeldopgave 28 tenslotte waarin gevraagd wordt wat er bij een automatisch voetgangerslicht zoal geregeld wordt, is ook voor de percentiel-90 leerlingen een lastige opgave omdat een stevig beroep gedaan wordt op zowel taalvaardigheid als begrip: iets minder dan 50% van hen kiest het juiste alternatief C.

Samenvatting

Vooraf twee zaken vallen op. Het toepassen van het hefboomprincipe, zelfs in ogenschijnlijk eenvoudige en herkenbare situaties (bijvoorbeeld een wip) blijkt zelfs voor de beste leerlingen moeilijker dan verwacht. Ook met de kennis van overbrengingen via tandwielen of snaren is het, zoals hierboven al geconstateerd, (zeer) matig gesteld.

Standaarden

De mediaan van de oordelen voor de standaard **Minimum** is 220 en 73 procent van de leerlingen bereikt dit niveau. Daarmee bereiken volgens de beoordelaars te weinig leerlingen het gewenste minimale kennisniveau voor Techniek. De standaard Minimum wordt immers beoogd bij 90 tot 95 procent van de leerlingen. De standaard impliceert onder meer een goede beheersing van voorbeeldopgaven 1, 3 en 4 en een matig tot net voldoende beheersing van de voorbeeldopgaven 2 en 5 tot en met 16.

Wat de standaard **Voldoende** betreft, ligt de mediaan van de oordelen met score 290 wel erg hoog op de vaardigheidsschaal: slechts 21 procent van de leerlingen bereikt dit niveau terwijl deze standaard wordt beoogd bij 70 tot 75 procent van de leerlingen. Volgens de beoordelaars bereiken dus veel te weinig leerlingen een kennisniveau voor Techniek dat in het licht van de kerndoelen voor het basisonderwijs als voldoende mag worden beschouwd. Het niveau van deze standaard impliceert onder meer een goede beheersing van de eerste tien voorbeeldopgaven en een matige tot net voldoende beheersing van onder meer de voorbeeldopgaven 11 tot en met 24.

De mediaan van de oordelen voor de standaard **Gevorderd** tenslotte ligt bij vaardigheidsscore 350. Dit impliceert dat een goede beheersing van de eerste twintig voorbeeldopgaven (uitgezonderd voorbeeldopgave 11) volgens de beoordelaars binnen het bereik van de kerndoelen voor het basisonderwijs ligt.

Verschillen tussen leerlingen

De verschillen tussen onderscheiden categorieën leerlingen zijn vrijwel hetzelfde als eerder voor Natuurkunde is beschreven. De factor leerlinggewicht blijkt ook hier van invloed op de prestaties waarbij een hoger leerlinggewicht samengaat met gemiddeld lagere prestaties op de techniekopgaven. Opnieuw is er een duidelijk verschil in prestaties tussen jongens en meisjes in het nadeel van de meisjes en staan de vertraagde leerlingen op achterstand in vergelijking met hun reguliere klasgenoten. Ook herkomst blijkt een duidelijke factor die van invloed is op het kennisniveau van de leerlingen, waarbij het kennisniveau van kinderen met niet-Nederlandse achtergrond duidelijk achtergesteld is op dat van kinderen met een Nederlandse achtergrond. Ook hier moet geconstateerd worden dat het effect van deelname aan het VTB-programma nauwelijks van invloed blijkt te zijn op het kennisniveau van de leerlingen. Tenslotte wijst een vergelijking met de resultaten uit de vorige peiling uit dat het kennisniveau van de leerlingen op het gebied van techniek stabiel is gebleven.

4.3 Praktische opdrachten

Voor het peilingsonderzoek van de onderwerpen Natuurkunde en Techniek zijn naast schriftelijke toetsopgaven ook praktische opdrachten aan leerlingen voorgelegd. In deze paragraaf beschrijven we de opzet van dit deel van het onderzoek en de resultaten van de leerlingen bij deze opdrachten.

De opdrachten

Voor het peilingsonderzoek in 2002 voor Natuurkunde en Techniek zijn acht praktische opdrachten aan de leerlingen voorgelegd om enig inzicht te krijgen in hun technische vaardigheden. Vier van deze opdrachten, Wielen, Klem, Aquarium, Brug, zijn ook in 2010 afgenomen. Daarnaast zijn vier nieuwe opdrachten ontwikkeld die, naast technische vaardigheden, ook onderzoeksvaardigheden en praktische kennis van elektriciteit toetsen (dat laatste gebeurt ook in de opdracht Aquarium).

Bij de ontwikkeling van de opdrachten moest met een aantal beperkende factoren rekening gehouden worden. Aangezien Natuurkunde en Techniek nog een bescheiden plaats inneemt in het curriculum van het basisonderwijs, mogen de opdrachten niet te ingewikkeld zijn.

Ze moeten ook in korte tijd (maximaal tien minuten per opdracht) gemaakt kunnen worden.

Daarnaast waren er natuurlijk beperkingen aan materiaalkosten.

De tabel laat zien hoe de acht opdrachten verdeeld zijn over de domeinen van techniek (met uitzondering van het domein Eigenschappen van materialen en onderdelen), het domein elektriciteit van natuurkunde en onderzoeksvaardigheden.

Verdeling van de praktische opdrachten over de domeinen van Techniek, Elektriciteit en Onderzoeksvaardigheden

Domein	Opdrachten
Constructies	Klem (2), Brug (4)
Overbrengingen	Wielen (1), Aquarium (3), Knijper (6), Fietsbel (7)
Geautomatiseerde systemen	Aquarium (3)
Elektriciteit	Aquarium (3), Elektrospeel (8)
Onderzoeksvaardigheden	Wegen met een veer (5)

Opzet van het onderzoek

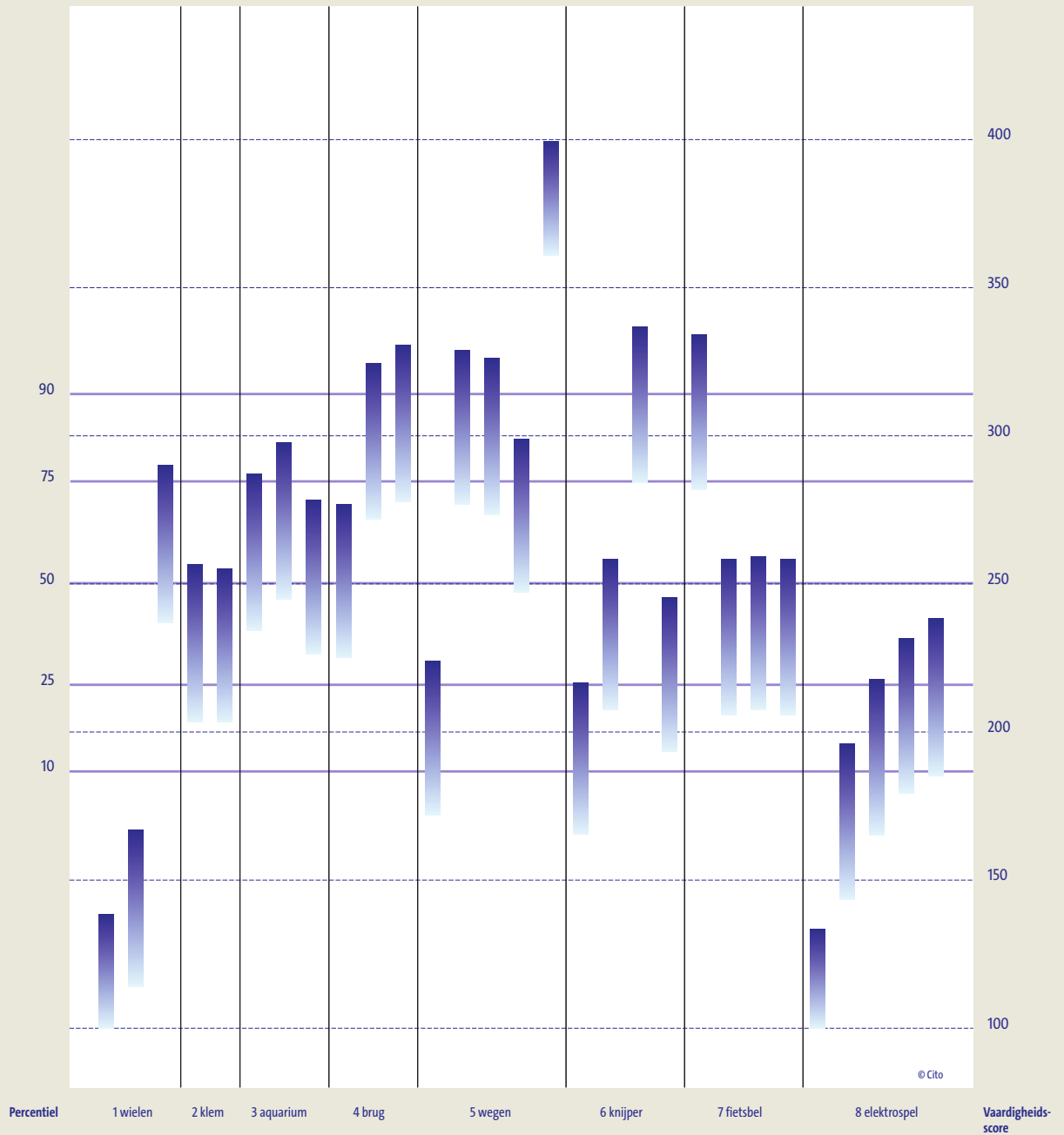
De acht opdrachten zijn afgenomen op een vijftigtal scholen waarvan de leerlingen ook de schriftelijke toetsen hadden gemaakt. In elf verschillende regio's bezocht een toetsleider de hem/haar toegewezen scholen. De leerlingen die de opdrachten gingen doen, werden aangewezen op basis van hun nummer op de alfabetische leerlingenlijst. Eén leerling deed steeds vier opdrachten. Tegelijkertijd deed een andere leerling de andere vier opdrachten. In principe moest elke opdracht binnen tien minuten worden afgerond, maar daarin mocht enige soepelheid worden betracht. Een leerling die na tien minuten nagenoeg klaar was, mocht de opdracht afronden. Als echter bleek dat een leerling weinig of geen vorderingen maakte, werd de opdracht na tien minuten afgebroken (met uitzondering van twee opdrachten, Fietsbel en Knijper; zie aldaar).

De toetsleider introduceerde steeds de opdrachten bij de twee leerlingen, de leerling las het opdrachtformulier dat bij de proefopstelling lag en ging aan het werk. Tijdens het uitvoeren van de opdrachten observeerde de toetsleider de leerlingen en noteerde de gewenste gegevens en resultaten. Uiteraard waren de toetsleiders vooraf uitvoerig geïnstrueerd in de uitvoering van de opdracht en de beoordeling van de resultaten. Gegeven echter het feit dat iedere toetsleider alleen opereerde, zullen er waarschijnlijk toch (kleine) verschillen in beoordeling zijn voorgekomen.

Omdat het bij praktische opdrachten lastig, zo niet onmogelijk, is om een standaard aan te geven, is er geen standaardonderzoek uitgevoerd. Wel hebben de deelnemers aan het standaardonderzoek aangegeven of een opdracht geschikt is voor groep 8 van de basisschool en of de opdracht of een deel daarvan uitvoerbaar is voor leerlingen op niveau minimum, voldoende of gevorderd.

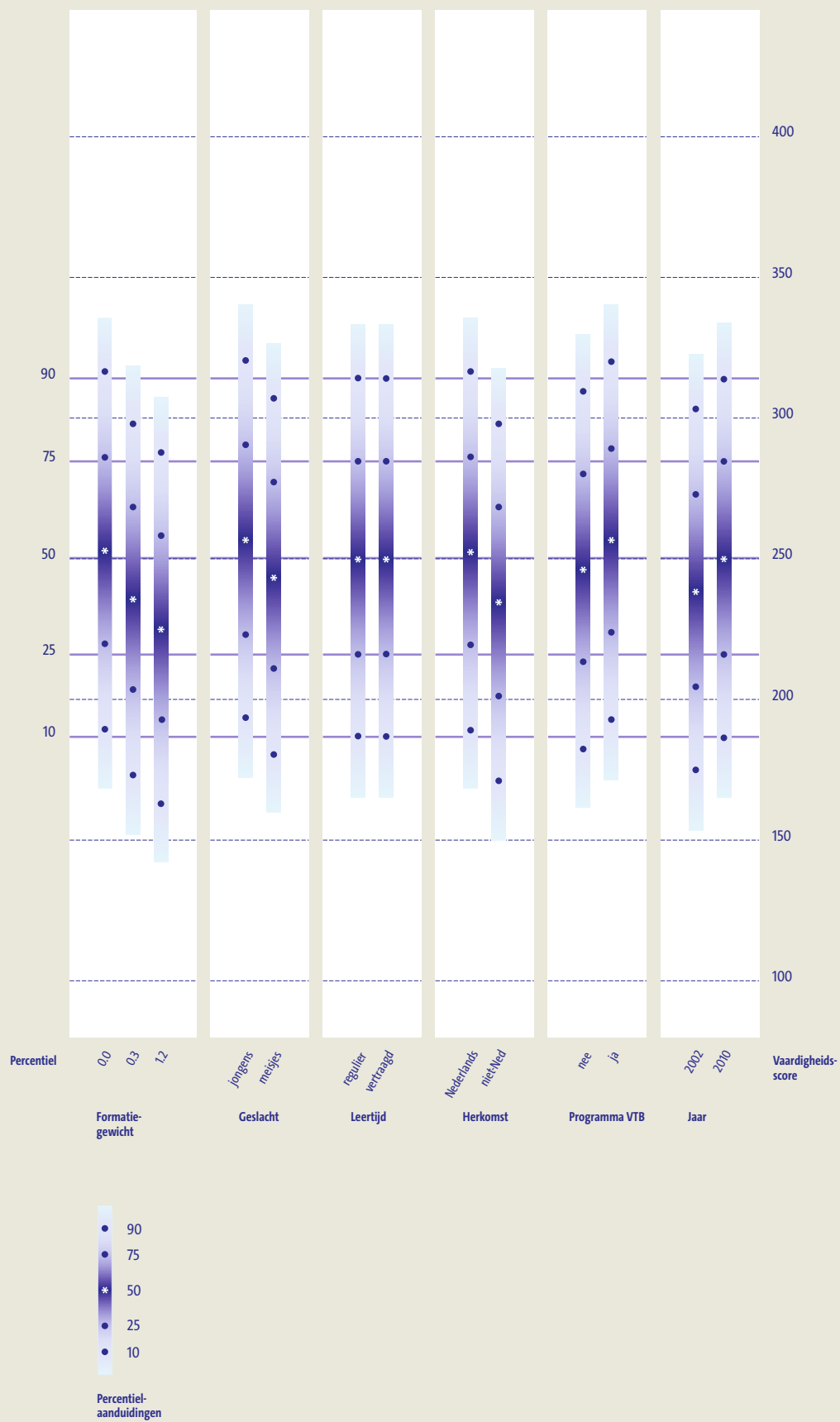
Op pagina 92 zijn de resultaten van de leerlingen weergegeven in een stavendiagram. Hieronder worden de opdrachten beschreven en de resultaten van de leerlingen besproken. Ook wordt aangegeven hoe de deelnemers aan het standaardonderzoek de opdrachten of delen daarvan beoordelen.

De vaardigheidsschaal bij het onderwerp Praktische opdrachten



Opgaven

Goed
Matig
Onvoldoende
Beheersings-niveau



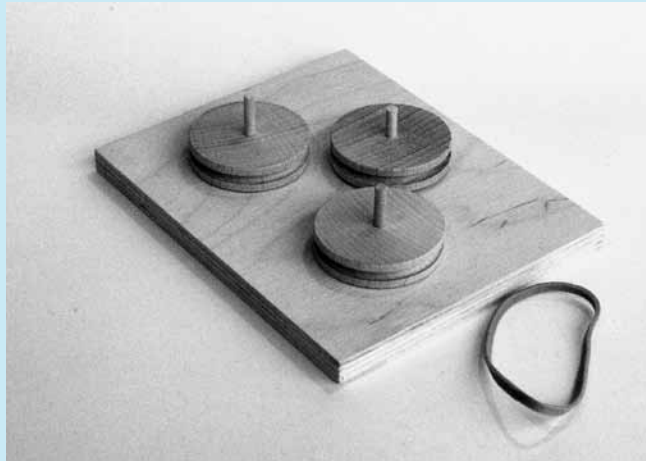
Opdracht 1 Wielen

Doel van de opdracht

Het met een elastiek overbrengen van beweging en veranderen van draairichting.
De leerling bedenkt een oplossing, voert deze uit en tekent zijn oplossing.

De proefopstelling

Op de tafel ligt een plankje met daarop drie houten snaarwielen, bevestigd met stokjes rondhout. Bij het plankje ligt een elastiek. (N.B. De leerling mag voor de opdrachten maar één elastiek gebruiken).

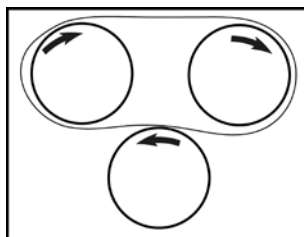


De opdrachten aan de leerling

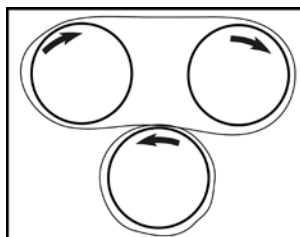
- 1 Verbind de drie wielen met één elastiek, zodat alle wielen dezelfde kant op draaien.
- 2 Verander de verbinding met het elastiek nu zo, dat twee wielen dezelfde kant op draaien en het derde wiel een andere kant opdraait. Het elastiek mag niet twee keer om hetzelfde wiel.
Teken je oplossing op de afbeelding van het plankje. Laat zien hoe het elastiek om de wielen zit. Laat je oplossing en tekening controleren.
- 3 Kun je nog een andere oplossing bedenken, waarbij twee wielen dezelfde kant op draaien en het derde wiel dus een andere kant? Is het gelukt? Teken dan op de tweede afbeelding hoe het elastiek om de wielen zit.

Resultaten en opmerkingen

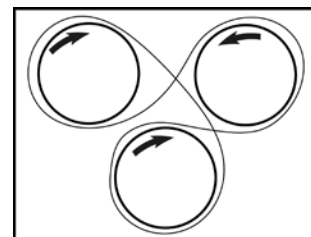
Vrijwel alle leerlingen, dus ook de percentiel-10 leerlingen, voeren de eerste opdracht goed uit.
De tweede opdracht kan op drie manieren worden uitgevoerd.



A



B



C

Om een van de drie bovenstaande oplossingen te vinden, is ook voor de meeste percentiel-10 leerlingen geen probleem. Een grote meerderheid van hen voert oplossing B uit. Een tweede oplossing vinden, is voor deze groep te moeilijk. Een kleine 60% van de percentiel-50 leerlingen ziet een tweede oplossing, bij de percentiel-75 leerlingen is dat iets minder dan 80%. De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden unaniem dat de opdracht geschikt is voor leerlingen van het basisonderwijs, de eerste opdracht op niveau minimum, de tweede op niveau voldoende (in de praktijk blijkt dat niveau minimum) en de derde opdracht op niveau voldoende/gevorderd.

Opdracht 2 Klem

Doel van de opdracht

De leerling maakt van ijzerdraad een klem, een soort paperclip waarmee een bijgevoegd stapeltje papier vastgehouden kan worden. De leerlingen mogen hun klem een aantal keer testen en verbeteren.

De proefopstelling

Op de tafel liggen een rolletje ijzerdraad, een rondbektang en een combinatietang. Verder beschikt de leerling over een liniaal, een potlood en gum om zijn oplossing te tekenen.

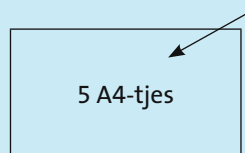


De opdracht aan de leerling

Hoe houd je losse blaadjes papier bij elkaar?

Ontwerp en maak van ijzerdraad een klem. Gebruik daarbij het gereedschap dat op de tafel ligt.

Jouw klem moet vijf blaadjes papier bij elkaar kunnen houden, zoals op de tekening, dus in het midden aan de lange zijde. Het papier mag niet beschadigd worden.



Je mag je klem testen en verbeteren.

Als je klaar bent, laat dan zien dat jouw klem goed werkt en het zelfs na drie keer nog doet.

Maak dan een tekening van je klem, zodat anderen hem kunnen namaken.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht moest op drie aspecten beoordeeld worden. Na afname bleek dat het niet zinvol was om het eerste aspect, het functioneel gebruik van het gereedschap (een knip- en een buigtang), in de beoordeling te blijven betrekken. Dat de kniptang gebruikt moest worden om een stuk draad van de gewenste lengte te krijgen, was natuurlijk evident; weinig leerlingen gebruikten echter de buigtang omdat het ijzerdraad vrij gemakkelijk met de hand gebogen kon worden.

Van de percentiel-10 leerlingen waren er weinig die een klem maakten die voldeed aan het criterium (het tweede beoordelingsaspect); bij de gemiddelde leerling ligt dat percentage op bijna 80%.

Voor het derde beoordelingsaspect (een adequate tekening van het gemaakte product) geldt vrijwel hetzelfde: de opdracht is te moeilijk voor de percentiel-10 leerlingen, terwijl weer een kleine 80% van de percentiel-50 leerlingen er in slaagt het eigen product goed na te tekenen.

Het merendeel van de deelnemers aan het standaardenonderzoek vindt de opdracht geschikt en uitdagend voor de leerlingen van het basisonderwijs, 60% van hen op niveau minimum en 40% op niveau voldoende. Ook zij vinden het beoordelen van het functioneel gebruik van de knip- en buigtang in dit geval niet zinvol.

Opdracht 3 Aquarium

Doel van de opdracht

Heeft de leerling inzicht in de werking van een vlotter en kan hij/zij de vlotter als schakelaar opnemen in een stroomkring?

De proefopstelling

Op de tafel staat een doos; deze stelt het aquarium voor. Op de randen van de doos rust een lat waar de vlotter aan hangt. Naast de doos ligt een zoemertje dat met één snoer verbonden is met een batterij en een los snoertje.



Vanwege de verwachte moeilijkheidsgraad en het enigszins abstracte karakter van de opdracht mocht de toetsleider de helpende hand bieden: het 'aquarium' concreter maken door bijvoorbeeld het waterniveau aan te wijzen, indien nodig de werking van de vlotter en/of het schakelprincipe demonstreren. Wel moest aantekening gemaakt worden van de mate waarin de leerling was geholpen.

De opdracht aan de leerling.

Deze doos stelt een aquarium voor. Het water in het aquarium verdampt. Regelmatig moet er vers water bij. Dat mag niet vergeten worden, anders gaan de vissen dood.

Een oplossing is om een alarm te maken dat gaat zoemen als er water bij moet. Maak zo'n alarm met de spullen die voor je klaarliggen. Van het alarm zijn twee onderdelen al in elkaar gezet. Een deel ligt op het aquarium. De werking daarvan mag je onderzoeken. Het zoemertje is al met één snoer verbonden met de batterij. Om het alarm te laten werken, heb je ook het losse snoertje nodig.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht is op drie aspecten beoordeeld: de leerling heeft inzicht in de werking van de vlotter (kurk drijft op het water, hefboomwerking), de leerling heeft inzicht in de werking van de vlotter als schakelaar in een stroomkring, de leerling maakt de juiste stroomkring.

De percentiel-10 leerlingen scoren op alle beoordelingsaspecten ruim onvoldoende: de opdracht is voor hen duidelijk te moeilijk. Ongeveer 60% van de percentiel-50 leerlingen begrijpt de werking van de vlotter (bij de percentiel-75 leerlingen bijna 80%), bij de werking van de vlotter als schakelaar zakken die percentages naar respectievelijk ruim 50% en ruim 70%. Ongeveer 65% van de gemiddelde leerlingen maakt vervolgens de juiste stroomkring (van de percentiel-75 leerlingen ongeveer 85%). Bij het laatste beoordelingsaspect moet worden aangetekend dat een aantal leerlingen door trial and error 'bij toeval' de juiste stroomkring vonden.

De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden het een geschikte, leuke opdracht voor het basisonderwijs, een deel van hen op niveau voldoende, een iets kleiner deel op niveau gevorderd. Ook door hen werd opgemerkt dat de opdracht nogal abstract is door het ontbreken van water.

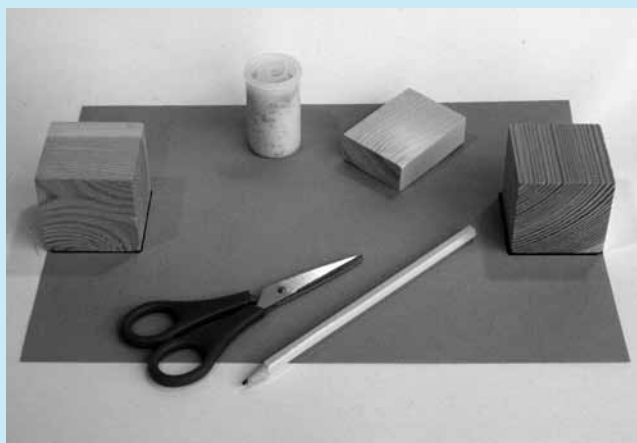
Opdracht 4 Brug

Doel van de opdracht

Met behulp van holle buizen of profielen (U, V) kun je een sterke constructie maken. In dit geval moet de leerling een brug ontwerpen van papier die een filmbusje met zand kan dragen. De leerling test zijn ontwerp ook uit.

De proefopstelling

Op de tafel ligt een blauw A4-papier (= de rivier). Grenzend aan de korte zijden staan op het papier twee kubussen (5x5x5 cm) tegenover elkaar. Een houten blokje, een filmbusje met zand, een schaar en enkele witte A4-tjes liggen er naast.



De opdracht aan de leerling.

Hoe maak je een brug sterk?

Maak met één blaadje papier een brug. De brug moet het gewicht van het filmbusje met zand kunnen dragen. Het filmbusje moet in het midden van de brug, rechtop blijven staan. De brug mag maar een klein beetje doorzakken.

Je mag blaadjes gebruiken om uit te proberen. Als je wilt, mag je de schaar, liniaal, of het potlood gebruiken.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht is beoordeeld op drie aspecten: de leerling heeft een profiel gemaakt / het papier vervormd zodat het sterker is, het busje blijft rechtop, in het midden, tenminste tien tellen staan, het blokje van 4,5 cm hoog kan onder de brug door.

De percentiel-10 leerlingen scoren weer op alle beoordelingsaspecten ruim onvoldoende: ook deze opdracht is voor hen te moeilijk. Zo'n 65% van de percentiel-50 leerlingen probeert het papier sterker te maken door het op een of andere manier te vouwen of soms te verfrommelen; bij de percentiel-75 leerlingen is dat ongeveer 85%. Om op die manier een brug te ontwerpen die aan het tweede en derde beoordelingsaspect voldoet, blijkt lastig te zijn: het merendeel van de bouwsels van de gemiddelde leerlingen voldoet niet; van de percentiel-75 leerlingen slaagt ongeveer 55% er in om een voldoende sterke brug te maken.

De deelnemers aan het standaardenonderzoek zijn unaniem van oordeel dat het een geschikte, uitdagende opdracht is voor leerlingen van het basisonderwijs, de helft op niveau minimum, de helft op niveau voldoende. In de praktijk blijkt echter dat alleen de gevorderde leerlingen met deze opdracht uit de voeten kunnen.

Proef 5 Wegen met een veer

Doel van de opdracht

Het bepalen van het gewicht (eigenlijk de massa) van een steen met behulp van een veer, vier gewichtjes van 50 gram en een liniaal. Daarbij komen onderzoeksvaardigheden als het maken van een onderzoeksplan, het doen van metingen en het verwerken van de meetresultaten aan de orde.

De proefopstelling

Een statief met een klem waaraan de veer hangt. In de klem hangt een liniaal. Daarnaast liggen vier gewichtjes, elk van 50 gram, en de steen waarvan het gewicht moet worden bepaald.



De opdracht aan de leerling

Voor je staat een zogenaamd statief waar een veer aan hangt. Naast de veer hangt een liniaal. Verder zie je vier gewichtjes, elk van 50 gram, en een steen. Het is de bedoeling dat je met deze spullen het gewicht van de steen bepaald. Doe daarvoor wat hieronder staat.

- 1 Bedenk een plan om het gewicht van de steen te bepalen.
- 2 Voer je plan uit. Daarvoor moet je metingen doen. Schrijf je metingen op.
- 3 Bepaal met behulp van je metingen zo nauwkeurig mogelijk het gewicht van de steen.
- 4 Schrijf hieronder kort op wat je gemeten hebt en hoe je met behulp van die metingen het gewicht van de steen hebt bepaald.

Omdat dit een moeilijke opdracht is voor de meeste leerlingen en omdat het niet eenvoudig om het onderzoeksplan te beschrijven, is aan de toetsleiders gevraagd om tussendoor of aan het eind naar de gevolgde methode te vragen en indien nodig daar een korte aantekening van te maken.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht is beoordeeld op vijf aspecten:

- Heeft de leerling het inzicht dat de veer door gelijke gewichten evenveel wordt uitgerekt?
- Meet de leerling hoeveel de veer uitrekt als er achtereenvolgens 50, 100, 150, 200 gram aanhangt?
- Heeft de leerling het inzicht dat hij steeds bij hetzelfde punt aan de onderkant van de veer (en bijvoorbeeld niet bij een punt aan de onderkant van wat er aan hangt) moet meten?
- Heeft de leerling het inzicht dat de veer steeds evenveel langer wordt per 50 gram die er bij gehangen wordt?
- Heeft de leerling het gewicht van de steen tot op 5 gram nauwkeurig bepaald?

Veel (vooral percentiel-10) leerlingen komen niet veel verder dan te proberen of de steen (toevallig) evenveel uitrekt als twee, drie of vier gewichtjes. Die leerlingen voldoen alleen aan het eerste beoordelingsaspect; van de percentiel-10 leerlingen is dat zo'n 60%. De rest van de opdracht is voor deze leerlingen (en uiteraard de overige leerlingen van deze groep) te moeilijk. Ongeveer 50% van de percentiel-50 leerlingen ziet in dat elke 50 gram die er bij gehangen wordt de veer evenveel langer maakt, maar het grootste deel van die groep haakt af bij de overige drie beoordelingsaspecten; veel van hen lezen bijvoorbeeld af bij de onderkant van de steen en/of de gewichtjes of weten niet hoe verder te gaan met de opdracht.

De resultaten laten zien dat de opdracht alleen voor de percentiel-90 leerlingen goed uitvoerbaar is. Zo'n 75% van die groep begrijpt de opdracht, maakt een goed onderzoeksplan en voert de metingen correct uit. Vervolgens zijn het alleen de echte hoogvliegers die met behulp van de metingen het juiste gewicht van de steen bepalen.

Overigens bestaat er een onderzoeksmethode waarmee het beoordelingsschema geen rekening houdt: een leerling ziet bijvoorbeeld in dat het gewicht van de steen iets tussen 150 en 200 gram moet zijn, leest af waar de onderkant van de veer zich bevindt bij drie gewichten, bij vier gewichten en bij de steen, en bepaalt daarmee het gewicht van de steen. Met behulp van de aantekeningen van de betreffende leerlingen en toetsleiders is deze methode ook verwerkt in de resultaten.

De deelnemers aan het standaardonderzoek deden geen uitspraak over de geschiktheid van deze opdracht voor het basisonderwijs; de meerderheid van hen vond dat de opdracht alleen op niveau gevorderd uitvoerbaar is.

Opgave 6 Knijper

Doel van de opdracht

Het ontwerpen van een knijper waarmee een briefkaart aan een draad kan worden opgehangen.

De proefopstelling

Op tafel liggen twee tongspatels, een geribbeld stokje (deuvel) en een elastiek.



De opdracht aan de leerling

Ontwerp en maak met de materialen een knijper. Met de knijper moet je een briefkaart aan een draad kunnen hangen, zonder dat de briefkaart valt. Je mag je ontwerp uitproberen en, indien nodig, verbeteren.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht is beoordeeld op vier aspecten:

- Zit het stokje (de deuvel) tussen de spatels?
- Zit aan de kant van de briefkaart meer elastiek dan aan de andere kant?
- Zit het elastiek ook om het stokje heen?
- Kan met de knijper de briefkaart aan een draad hangen zonder dat de kaart valt?

Ruim 60% van de percentiel-10 leerlingen zag in dat de deuvel tussen de spatels moet zitten.

Voor de rest voldeed hun ontwerp meestal niet aan de eisen of kwamen ze er helemaal niet uit.

De toetsleiders hadden de opdracht gekregen om aan de leerlingen, die er na plusminus vijf minuten niet in slaagden om een deugdelijk ontwerp te maken, een foto van een goede knijper te tonen en te vragen om dat na te maken. Ongeveer de helft van de leerlingen slaagde daarin.

De gemiddelde leerlingen voerden deze opdracht goed tot redelijk goed uit. Ruim 80% maakte een knijper waarmee de briefkaart bleef hangen. Wel voldeden deze leerlingen meestal niet aan de eis dat het elastiek ook om de deuvel zat. Dat laatste deden alleen de zeer vaardige leerlingen: van de percentiel-90 leerlingen iets minder dan 70%.

De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden het een geschikte opdracht voor leerlingen van de basisschool, ongeveer de helft op niveau minimum, de andere helft op niveau voldoende.

Opgave 7 Fietsbel

Doel van de opdracht

Met behulp van tandwielen kun je een voorwerp snel laten ronddraaien. Om dat principe toe te passen moet de leerling een gedemonteerde fietsbel in elkaar zetten.

De proefopstelling

De onderdelen van een gedemonteerde fietsbel liggen op tafel. Zie de foto.



De opdracht aan de leerling

Dit zijn de onderdelen van een fietsbel. Het is de bedoeling dat je de bel weer in elkaar zet. Als dat gelukt is, moet de bel rinkelen als je het hendeltje beweegt.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht werd beoordeeld op vier aspecten:

- Onderdeel 1 is op de juiste manier aangebracht.
- Onderdeel 2 is op de juiste manier aangebracht.
- Onderdeel 3 is op de juiste manier aangebracht.
- De beldop is er op gedraaid; de bel rinkelt.

De percentielen-10 leerlingen hadden moeite met deze opdracht. Veel leerlingen van deze groep zagen niet waar te beginnen en liepen vast. De toetsleiders is gevraagd om aan leerlingen, die er niet uit kwamen, een gemonteerde fietsbel te geven, aan de leerlingen te vragen die te bekijken en daarna de opdracht nogmaals uit te voeren. Vrijwel alle leerlingen slaagden er dan wel in om de bel in elkaar te zetten. De percentiel-50 leerlingen voerden de opdracht redelijk goed uit: zo'n 75% van die groep kreeg de bel aan het rinkelen. Alleen het volledig correct aanbrengen van het veermechanisme (onderdeel 1) ging nogal eens mis (er zitten twee 'ogen' in dat mechanisme die elk om een as moeten worden geschoven); overigens rinkelde de bel in dat geval wel. Alleen de heel vaardige leerlingen (50% van de percentiel-75 leerlingen) brachten onderdeel 1 wel volledig correct aan. Uit het stavendiagram op pagina 92 volgt ook dat, als een leerling onderdeel 1 op de juiste plaats aanbracht (wel of niet helemaal correct), de rest van de montage vrijwel 'automatisch' goed ging.

De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden deze opdracht geschikt voor leerlingen van het basisonderwijs, de helft op niveau minimum, de helft op niveau voldoende.

Opdracht 8 Elektrospeel

Doel van de opdracht

De werking van een elektrospeel, dat voor een deel in elkaar is gezet, proberen te begrijpen, de ontbrekende onderdelen en draden op de juiste manier aanbrengen en dan het spel spelen.

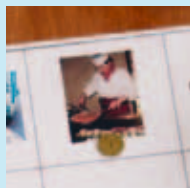
De proefopstelling



Op tafel ligt het bord; de bedrading aan de achterkant van het bord is al aangebracht. De batterijen, de batterijclip waaraan een lange en een korte draad zitten, een losse draad en het lampje liggen naast het bord.

De opdracht aan de leerling

Wat is een elektrospeel? Het spel is bedoeld om twee dingen die bij elkaar horen te zoeken. Bijvoorbeeld het woord Kok en de foto van een kok:



Gevonden?

Kijk aan de achterkant van het bord. Je ziet dat een dikke blauwe draad de punaise bij het woord Kok verbindt met de punaise bij het plaatje van een kok. Gezien?

Als het elektrospeel werkt, gaat het lampje branden als je een stekkertje tegen de punaise bij het woord Kok houdt en het andere stekkertje tegen de punaise bij het plaatje van een kok.

Opdracht: Maak met de spullen op de tafel een goed werkend elektrospeel. Test de werking van het spel voor de kok en voor de vuilnisman.

Resultaten en opmerkingen

De opdracht werd beoordeeld op vijf aspecten:

- De batterijen zijn op de juiste manier in de houder geplaatst.
- De batterijclip is op de batterijhouder aangesloten.
- De korte draad van de batterijclip is op het lampje aangesloten.
- De losse draad is op het andere aansluitpunt van het lampje aangesloten.
- De werking van het spel is zowel voor de kok als voor de vuilnisman op de juiste manier getest, dat wil zeggen dat in beide gevallen het lampje brandt.

Bijna alle percentiel-10 leerlingen plaatsen de batterijen op de juiste manier in de houder.

Ongeveer 75% van deze groep leerlingen sluit de batterijclip op de batterijhouder. Iets minder dan 65% van de percentiel-10 leerlingen sluit de korte draad van de batterijclip aan op het lampje en iets meer dan 50% van deze groep sluit ook de losse draad aan op het andere aansluitpunt van het lampje. Bij het uittesten van het spel valt tenslotte nog een paar procent van deze groep af: precies 50% van de percentiel-10 leerlingen voert de hele opdracht correct uit. De percentiel-50 leerlingen (en natuurlijk ook de percentiel-75 leerlingen) hebben weinig moeite met deze opdracht.

Dat aan de batterijclip een korte en een lange draad was aangebracht, was ingegeven door de vrees dat de opdracht anders wellicht te moeilijk zou zijn. Achteraf kan worden geconstateerd dat die angst ongegrond was: het zou beter zijn geweest als aan de batterijclip twee even lange draden hadden gezeten. Ook werd door de toetsleiders (en door de deelnemers aan het standaardonderzoek) opgemerkt dat de opdracht een vrij hoog trial and error gehalte heeft. Van de andere kant was het prettig voor de percentiel-10 leerlingen dat er een opdracht bij was waar ze goed tot redelijk goed mee uit de voeten konden.

De deelnemers aan het standaardonderzoek vonden het een geschikte opdracht voor leerlingen van het basisonderwijs; op welk niveau de opdracht goed kon worden uitgevoerd vond men lastig in te schatten.

Samenvatting

Er waren twee opdrachten die voor de percentiel-10 leerlingen goed tot redelijk goed uitvoerbaar waren: Wielen (met uitzondering van het derde deel van deze opdracht) en Elektrospeel.

Naast de opdrachten Wielen en Elektrospeel hadden de percentiel-50 leerlingen ook betrekkelijk weinig moeite met de opdrachten Klem, Knijper (met uitzondering van het derde deel van de opdracht) en Fietsbel (met uitzondering van de eerste deel van de opdracht). De opdracht Aquarium was voor deze groep aan de lastige kant.

Voor de percentiel-75 leerlingen waren de zes hierboven genoemde opdrachten goed uitvoerbaar.

Moeilijk waren voor deze groep leerlingen de opdrachten Brug en Wegen met een veer (op enkele deelopdrachten na). De percentiel-90 leerlingen voerden deze twee opdrachten wel (redelijk) goed uit, waarbij opgemerkt moet worden dat de laatste deelopdracht van Wegen met een veer (het nauwkeurig bepalen van het gewicht van de steen) alleen door de echte bollebozen correct werd uitgevoerd.

Verschillen tussen leerlingen

Over het algemeen gaan de verschillen tussen de onderscheiden leerlingcategorieën in dezelfde richting als eerder werd gevonden voor de onderwerpen Natuurkunde en Techniek, maar de verschillen zijn nu wat minder uitgesproken. Oplopend leerlinggewicht gaat ook nu samen met een wat lager gemiddeld vaardigheidsniveau, maar de verschillen zijn relatief klein. Ook het verschil tussen jongens en meisjes, hoewel nog steeds in het nadeel van de meisjes, is nu wat kleiner. Opmerkelijk is dat het verschil tussen reguliere en vertraagde leerlingen dat eerder

zowel bij Natuurkunde als Techniek werd gevonden, bij deze praktische opdrachten is verdwenen. Weer wel geldt dat het gemiddelde niveau van kinderen met een niet-Nederlandse achtergrond lager is dan van hun kinderen met een Nederlandse achtergrond.

Deelname van scholen aan het VTB-programma lijkt een licht positief effect te hebben op het vaardigheidsniveau bij deze praktische opdrachten. In het volgende hoofdstuk zullen we echter moeten concluderen dat dit waarschijnlijk het gevolg is van een oververtegenwoordiging van scholen uit stratum 1 in deelname aan dit programma. Corrigeren we de steekproef voor stratum dan verdwijnt het gevonden verschil.

Gemiddeld zijn de prestaties van leerlingen op deze praktische opdrachten iets beter dan bij de vorige peiling, maar het verschil is erg klein.

5 Verschillen tussen leerlingen

5 Verschillen tussen leerlingen

Dit hoofdstuk geeft een samenvattend overzicht van de specifieke bijdrage van een aantal variabelen aan verschillen in prestaties tussen leerlingen voor Natuurkunde en Techniek. We vragen ons af wat het effect is van school- en leerlingkenmerken als stratum, leerlinggewicht, geslacht, leertijd en deelname aan VTB en we vergelijken de leerlingprestaties met die van de peiling in 2002.

5.1 Inleiding

In hoofdstuk 4 zijn de prestaties van de leerlingen op de toetsen en opdrachten voor Natuurkunde en Techniek beschreven. Daarbij is ook steeds gekeken naar de verschillen tussen groepen leerlingen op basis van kenmerken als leerlinggewicht, geslacht, leertijd, deelname aan VTB en afnamejaar. Voor de onderscheiden categorieën binnen deze variabelen zijn markante punten uit de vaardigheidsverdelingen afgebeeld. Deze vaardigheidsverdelingen tonen de verschillen tussen groepen leerlingen zonder na te gaan of de groepen wat hun samenstelling op de andere variabelen betreft, wel helemaal vergelijkbaar zijn. Bovendien wordt daaruit niet duidelijk wat, statistisch gezien, de betekenis is van gevonden verschillen.

In de analyses die we in dit hoofdstuk presenteren wordt voor eventuele verschillen in de samenstelling van de groepen leerlingen die worden vergeleken, gecorrigeerd. We spreken dan van gezuiverde verschillen, de zogenoemde effecten. Bij het schatten van de effecten voor een variabele worden andere kenmerken van de leerlingen – voor zover bekend – constant gehouden.

Het verschil in vaardigheid tussen de groepen wordt getoetst. Het is gebruikelijk om bij een overschrijdingskans $p < 0.05$ te spreken van een statistisch significant effect: het verschil tussen de groepen is zo groot dat het niet meer aan toeval wordt toegeschreven. Deze toetsing geeft echter geen informatie over de grootte van het verschil. Zeker in het geval van grote steekproeven, zoals in peilingsonderzoek het geval is, kunnen relatief kleine verschillen al gauw een statistisch significant effect geven. Daarom beschrijven we de verschillen in termen van effectgrootten, een afgeleide statistische maat die een indicatie geeft van de grootte van het gevonden verschil. De effectgrootte is het quotiënt van het verschil tussen de gemiddelden enerzijds en de standaardafwijking binnen de groepen anderzijds. Bij benadering kan men zeggen dat de effectgrootte het verschil uitdrukt als fractie van de standaardafwijking. Een effectgrootte 0.5 geeft aan dat het verschil tussen twee groepen bij benadering een halve standaardafwijking betreft. Ter interpretatie van de effectgrootten volgen we de in de psychometrische literatuur gebruikelijke kwalificaties.

Kwalificatie van effectgrootten

effectgrootte	Kwalificatie
-0,8	groot negatief effect
-0,5	matig negatief effect
-0,2	klein negatief effect
0,0	geen effect
0,2	klein positief effect
0,5	matig positief effect
0,8	groot positief effect

Voor de volgende zes variabelen zijn effectschattingen uitgevoerd in de jaargroepen 5 en 8:

- leerlinggewicht, met de niveaus 0.0, 0.3 en 1.2;
- stratum, met de niveaus S1 tot en met S4;
- geslacht, met de niveaus jongen en meisje;
- leertijd, met de niveaus regulier en vertraagd,
- deelname aan VTB,
- afnamejaar 2010 ten opzichte van 2002.

5.2 Effect van leerlinggewicht en stratum

Leerlinggewicht

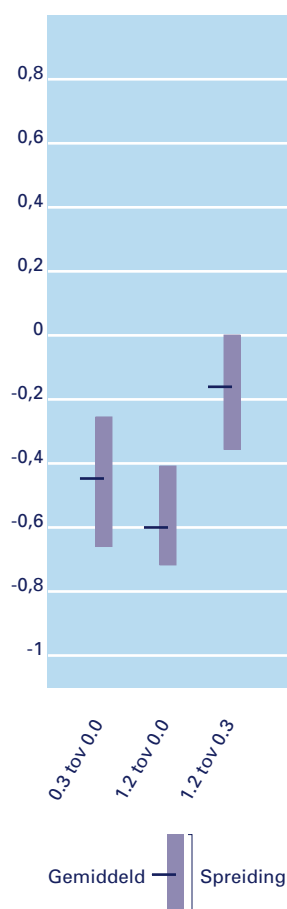
Leerlingen kunnen gewichten toegekend krijgen afhankelijk van hun sociaal-economische achtergrond. Deze gewichten dienen mede als basis voor de lerarenformatie op basisscholen. Vervolgens zijn de scholen in vier strata onderverdeeld afhankelijk van het percentage gewichtsleerlingen (zie paragraaf 2.2). De volgende tabel bevat de effectgrootten voor leerlinggewicht en stratum voor de verschillende onderwerpen.

Effectgrootten voor leerlinggewicht en stratum

Onderwerp	Natuurkunde	Techniek	Praktische opdrachten
Leerlinggewicht			
0.3 tov 0.0	-0,67*	-0,37*	-0,26
1.2 tov 0.0	-0,67*	-0,73*	-0,41
1.2 tov 0.3	0,00	-0,36	-0,15
Stratum			
S2 tov S1	-0,19*	-0,17*	-0,33*
S3 tov S1	-0,18	-0,31	-0,03
S4 tov S1	-0,78*	-0,67*	-0,16
S3 tov S2	0,02	-0,13	0,30
S4 tov S2	-0,59*	-0,49*	0,17
S4 tov S3	-0,61*	-0,36	-0,12
*=significant effect $p < .05$			

Uit de tabel blijkt dat zowel 0.3-leerlingen als 1.2-leerlingen een significant en beduidend lager resultaat bereiken op de toetsen voor Natuurkunde en Techniek. Er is dan sprake van een veelal matig tot groot negatief effect. Ook op de Praktische opdrachten is er sprake van een negatieve effectgrootte, maar waarschijnlijk als gevolg van de relatief kleine steekproef van leerlingen zijn deze effecten niet negatief. Een verschil tussen 0.3-leerlingen en 1.2-leerlingen is bij Natuurkunde afwezig en bij Techniek en de Praktische opdrachten negatief, maar niet significant. De verschillen tussen de onderscheiden leerlinggewichten worden voor de drie onderwerpen gezamenlijk nog geïllustreerd in de volgende figuur. Wat daar vooral uit blijkt is dat de afstand van 1.2-leerlingen op 0.0-leerlingen iets groter is dan die van 0.3-leerlingen. Als gevolg daarvan is er dus ook een gemiddeld negatief gemiddeld effect voor 1.2-leerlingen in vergelijking met 0.3-leerlingen; dit verschil is relatief klein.

Gemiddelde en spreiding van effectgrootten voor leerlinggewicht

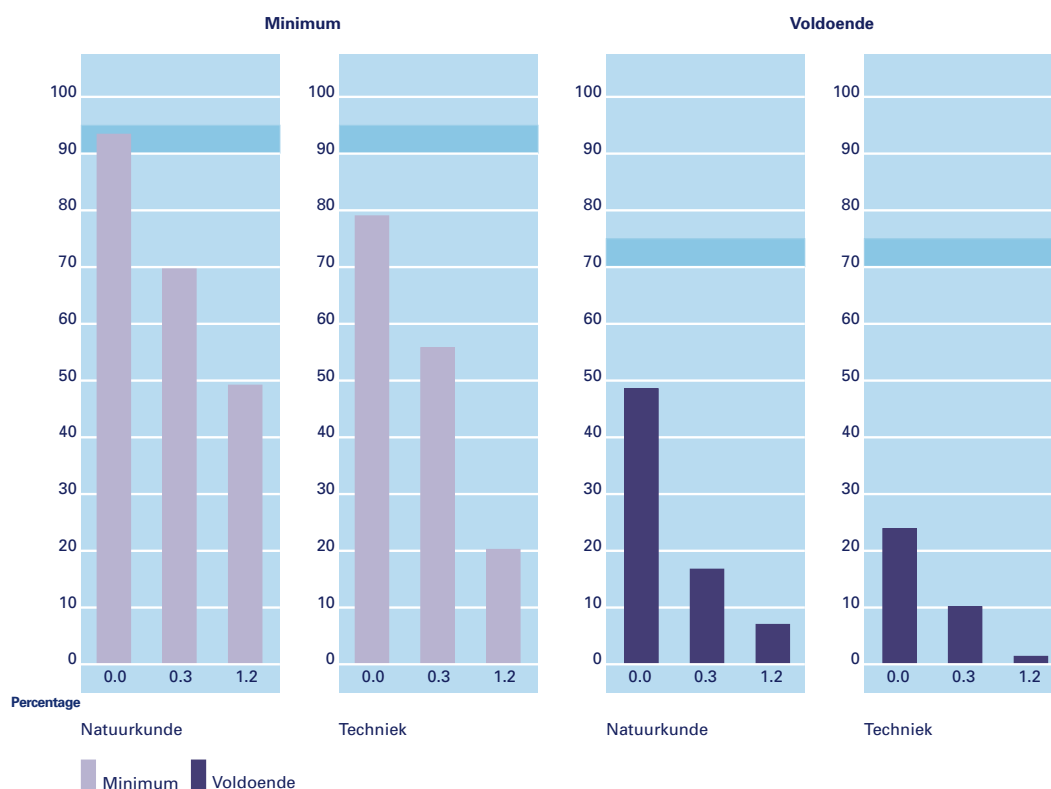


De volgende figuur illustreert het effect van leerlinggewicht op de leerresultaten aan de hand van het percentage leerlingen dat per categorie de standaard Minimum en de standaard Voldoende bereikt. De figuur laat al direct de grote verschillen zien waarin leerlingen uit de onderscheiden gewichtscategorieën erin slagen de standaarden te bereiken.

De standaard Minimum geeft het niveau van minimale beheersing van de kerndoelen aan dat door 90 tot 95 procent van de leerlingen bereikt zou moeten worden. Deze standaard wordt bij Natuurkunde door ruim 90 procent van de 0.0-leerlingen bereikt en bij Techniek door bijna 80 procent. Het percentage 0.3-leerlingen dat de standaard Minimum is respectievelijk 70 en 56 en het percentage 1.2-leerlingen is bij beide onderwerpen minder dan 50 procent. Het beoogde criterium voor deze standaard wordt dus alleen bereikt door de 0.0-leerlingen bij het onderwerp Natuurkunde.

De standaard Voldoende wordt beoogd bij 70 tot 75 procent van de leerlingen. Binnen de huidige stand van de leeropbrengsten voor Natuurkunde en Techniek ligt deze standaard duidelijk te hoog. Het beste resultaat wordt nog bereikt door 0.0-leerlingen voor het onderwerp Natuurkunde waar bijna 50 procent van deze leerlingcategorie de standaard Voldoende bereikt. Bij Techniek bereikt slechts 24 procent van de 0.0-leerlingen dit niveau. Van de 0.3-leerlingen bereikt op de twee onderwerpen tussen 10 en 20 procent het niveau van de standaard Voldoende en van de 1.2-leerlingen zelfs minder dan 10 procent.

Percentage leerlingen dat mediaan standaard Minimum en standaard Voldoende bereikt



Stratum

Zoals gezegd vormen de leerlingengewichten een factor voor het bepalen van de formatie van de school. Op grond van deze leerlingengewichten hebben we de scholen ingedeeld in vier strata met toenemend percentage gewichtsl leerlingen. (zie paragraaf 2.2).

Bovenstaande tabel bevat de effectgrootten voor stratum voor de drie onderwerpen van deze peiling. Vergeleken met stratum 1 zijn de effectgrootten van de overige drie strata steeds negatief. Bij Natuurkunde blijken de afstanden van stratum 2 en 3 ten opzichte van stratum 1 gelijk te zijn, maar voor het overige wordt voor Natuurkunde en Techniek de effectgrootte groter met toenemend stratumniveau. De effectgrootten van stratum 3 ten opzichte van stratum 2 zijn overigens klein. De effectgrootten van stratum 4 ten opzichte van stratum 2 en 3 zijn relatief groot.

5.3 Effect van enkele leerlingkenmerken

Geslacht

Bij alle drie de onderwerpen – Natuurkunde, Techniek en Praktische opdrachten – blijven de prestaties van meisjes achter bij die van jongens. De effectgrootten zijn steeds significant. Bij de toetsopgaven voor Natuurkunde en Techniek is er sprake van een matig negatief effect, bij de Praktische opdrachten van een relatief klein negatief effect.

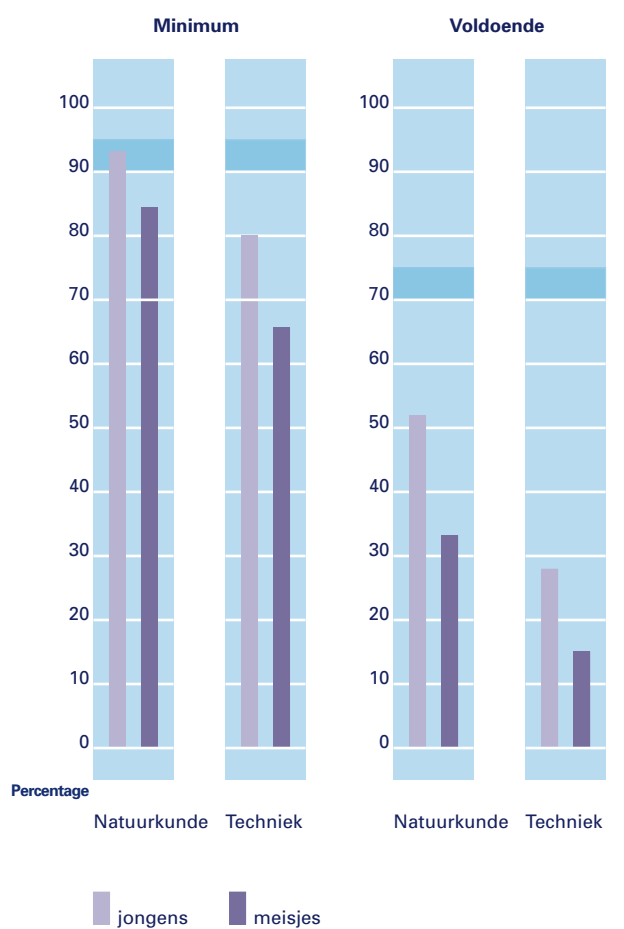
Voor de onderwerpen Natuurkunde en Techniek laat het verschil zich illustreren aan de hand van de standaarden Minimum en Voldoende. De standaard Minimum wordt bij Natuurkunde door 93 procent van de jongens en door 84 van de meisjes bereikt en bij Techniek door 80 procent van de jongens en 66 procent van de meisjes. Iets meer dan 50 procent van de

jongens bereikt de standaard Voldoende bij Natuurkunde tegen iets meer dan 30 procent van de meisjes. Bij Techniek is dat respectievelijk 28 procent en 15 procent.

Effectgrootten voor geslacht, leertijd en herkomst per onderwerp

Onderwerp	Natuurkunde	Techniek	Praktische opdrachten
meisjes tov jongens	-0,58*	-0,51*	-0,24*
vertraagd tov regulier	-0,50*	-0,46*	0,01
Niet-Ned tov Ned	-0,36*	-0,60*	-0,21
*=significant effect $p < .05$			

Percentage jongens en meisjes dat mediaan standaard Minimum en standaard Voldoende bereikt



Leertijd

Bij de Praktische opdrachten wordt geen effect voor leertijd gevonden: de prestaties van de vertraagde en de reguliere leerlingen zijn gelijk. Daarentegen blijven de prestaties van de vertraagde leerlingen op de onderwerpen Natuurkunde en Techniek duidelijk achter bij die van hun reguliere klasgenoten. In beide gevallen is er sprake van een significant matig negatief effect.

Herkomst

Nu de leerlinggewichten niet meer samenvallen met herkomst van de leerling is er een afzonderlijk effect voor herkomst bepaald waarbij leerlingen met een Nederlandse achtergrond zijn vergeleken met leerlingen met een niet-Nederlandse achtergrond. In alle drie de gevallen vertoont het kennisniveau van leerlingen met een niet-Nederlandse achtergrond een achterstand ten opzichte van leerlingen met een Nederlandse achtergrond. In het geval van de Praktische opdrachten is het verschil klein en niet significant. Bij de beide andere onderwerpen is het effect van herkomst groter en significant.

5.4 Het effect van VTB en afnamejaar

Verbreding Techniek Basisonderwijs

Zoals in hoofdstuk 3 al is beschreven kunnen scholen sinds 2001 deelnemen aan het Programma Verbreding Techniek in het Basisonderwijs. Ongeveer een derde deel van de scholen in de steekproef voor deze peiling gaf aan aan dit programma deel te nemen. In het vorige hoofdstuk hebben we de vaardigheidsverdelingen van scholen die in ieder geval met jaargroep 8 deelnemen aan VTB vergeleken met scholen die geen VTB-deelname kennen. Bij het onderwerp Techniek en met name bij de Praktische opdrachten vonden we een verschil in prestaties in het voordeel van VTB-deelname. In hoofdstuk 3 echter hebben we gezien dat VTB-deelname vooral plaatsvindt in scholen uit stratum 1 en stratum 2. Wanneer we dan ook in de effectenanalyse controleren voor variabelen als leerlinggewicht, geslacht, leertijd en stratum dan blijken de effectgroottes op alle drie de onderwerpen minimaal, beter gezegd afwezig te zijn. De conclusie moet daarom vooralsnog zijn dat VTB in de huidige situatie geen bijdrage levert aan prestaties van leerlingen op het gebied van Natuurkunde, Techniek en Praktische opdrachten.

Effectgrootten voor VTB-deelname en afnamejaar per onderwerp

Onderwerp	Natuurkunde	Techniek	Praktische opdrachten
VTB tov niet-VTB	-0,04	-0,05	0,02
2010 tov 2002	0,01	-0,18*	0,22*
*=significant effect $p < .05$			

Afnamejaar

Het effect voor afnamejaar waarbij de prestaties in 2010 worden vergeleken met die uit 2002, is klein. Voor Natuurkunde is het effect nagenoeg 0, voor Techniek vinden we een weliswaar significant, maar niettemin klein negatief effect ten opzichte van 2002 en voor de Praktische opdrachten een eveneens significant, maar nu klein positief effect voor 2010 ten opzichte van 2002. Veel betekenis mogen we aan deze minimale verschillen niet hechten.

Literatuur

Literatuur

Besluit van 4 mei 1993, houdende vaststelling van de kerndoelen basisonderwijs (Besluit kerndoelen basisonderwijs) (1993). Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 264. 's-Gravenhage: Sdu.

Besluit wijziging Formatiebesluit WBO 1992. (1993) Staatsblad van het Koninkrijk der Nederlanden, 608. 's-Gravenhage: Sdu.

Boeijen, G., Kneepkens, B., Thijssen, J. (2010) *Natuurkunde en techniek voor de basisschool; een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie*. Tweede herziene druk 2011, Arnhem: Cito

Cappers, R.T.J., Notté, H.W. & Wagenaar, H.B. (1991). *Domeinbeschrijving wereldoriëntatie Deel 0: Algemeen*. PPON-werkdocument nr.19. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Cappers, R.T.J., Notté, H.W. & Wagenaar, H.B. (1995). *Domeinbeschrijving wereldoriëntatie*. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Imelman, J.D. & Tolsma, R. (1987). De identiteit van (bijzonder) onderwijs als een modern normatief probleem. Pleidooi voor een cultuurpedagogische discussie. *Pedagogische Studiën*, 64, pp. 390-404.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (1998). *Kerndoelen basisonderwijs 1998. Over de relaties tussen de algemene doelen en kerndoelen per vak*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen.

Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen (2006). *Kerndoelen Primair Onderwijs*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen.

Netelenbos, T. (1995). *De school als lerende organisatie*. Den Haag: Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschappen.

Notté, H. (Red.) (2002). *Aardrijkskunde voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie*. Arnhem: Citogroep.

Notté H. & Wagenaar, H. (1996). Welke plaatsen horen op de mentale kaart? *Geografie Educatief*, 5, 3e kwartaal, pp. 32-35.

Notté, H.W. & Wagenaar, H.B. (1990). *Domeinbeschrijving wereldoriëntatie Deel 4, 5 en 6: Maatschappelijke verhoudingen en geestelijke stromingen, Aardrijkskunde in gebieden en geschiedenis in perioden*. PPON-werkdocument nr. 23, 24, 25. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Notté, H., Van der Schoot, F. & Hemker, B. (2003). *Balans van het aardrijkskundeonderwijs aan het einde van de basisschool 3. Uitkomsten van de derde peiling in 2001*. PPON-reeks nr. 24. Arnhem: Citogroep.

Schimmel, J.H., Thijssen, J.M.W., & Wagenaar, H.B. (2002). *Techniek voor de basisschool: Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie*. Arnhem: Citogroep.

Schoot, F. van der (2001). *Standaarden voor kerndoelen basisonderwijs. De ontwikkeling van standaarden voor kerndoelen basisonderwijs op basis van resultaten uit peilingsonderzoek*. Dissertatie Universiteit van Amsterdam. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Thijssen, J. (Red.) (2002). *Natuuronderwijs voor de basisschool. Een domeinbeschrijving op basis van een cultuurpedagogische discussie*. Arnhem: Citogroep.

Verhelst, N.D. (1993). Itemresponstheorie. In T.J.H.M. Eggen & P.F. Sanders (red.), *Psychometrie in de praktijk*. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Wagenaar, H.B. (1994). *Ontwikkeling van een domeinbeschrijving op basis van een cultuurpedagogische discussie*. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

Wagenaar, H.B. (red.) (2002). *Geschiedenis voor de basisschool. Een domeinbeschrijving als resultaat van een cultuurpedagogische discussie*. Arnhem: Citogroep.

Wagenaar, H. (2003). *Balans van het geschiedenisonderwijs aan het einde van de basisschool*. Arnhem: Citogroep.

Wagenaar, H., Van der Schoot, F. & Hemker, B. (2003). *Balans van het geschiedenisonderwijs aan het einde van de basisschool 3. Uitkomsten van de derde peiling in 2000*. PPON-reeks nr. 23. Arnhem: Citogroep.

Weerden, J. van (1993). *Balans van het wereldoriëntatieonderwijs aan het einde van de basisschool*. PPON-reeks nr. 5. Arnhem: Cito Instituut voor toetsontwikkeling.

Wijnstra, J.M. (1999). *Balans van het wereldoriëntatieonderwijs aan het einde van de basisschool 2*. PPON-reeks nr. 12. Arnhem: Cito Instituut voor Toetsontwikkeling.

In de tekst genoemde methoden

- *Natuurlijk: methode voor natuuronderwijs*, Malmberg
- *Leefwereld: natuuronderwijs en techniek voor de basisschool*, Wolters-Noordhoff
- *Wijzer door de Natuur: natuur-, milieu en techniekonderwijs voor de basisschool*, Wolters-Noordhoff
- *Natuniek: natuur en techniek voor het basisonderwijs*, ThiemeMeulenhoff
- *Naut: natuur en techniek*, Malmberg

Bijlagen

Bijlage 1: Verantwoording illustraties

Natuurkunde

Voorbeeldopgave 1	Gerard Boeijen, Nijmegen
Voorbeeldopgave 2	Uit: Natur begreifen Physik/Chemie, Schroedel
Voorbeeldopgave 3	Ben Hendriks, Hilversum
Voorbeeldopgave 5	onbekend
Voorbeeldopgave 7	onbekend
Voorbeeldopgave 8	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 9	Henk Wagenaar, Arnhem
Voorbeeldopgave 10	Gerard Boeijen, Nijmegen
Voorbeeldopgave 12	onbekend
Voorbeeldopgave 13	onbekend
Voorbeeldopgave 14	Gert Olthof, Persingen
Voorbeeldopgave 15	Ben Hendriks, Hilversum
Voorbeeldopgave 16	onbekend
Voorbeeldopgave 17	Gerard Boeijen, Nijmegen
Voorbeeldopgave 18	onbekend
Voorbeeldopgave 20	Ben Hendriks, Hilversum
Voorbeeldopgave 21	Gert Olthof, Persingen
Voorbeeldopgave 22	onbekend
Voorbeeldopgave 23	Gerard Boeijen, Nijmegen
Voorbeeldopgave 24	Uit: National Test Papers KS2, Science BBC, QCA
Voorbeeldopgave 25	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 26	Wim Peters, Zevenaar
Voorbeeldopgave 27	onbekend
Voorbeeldopgave 28	onbekend
Voorbeeldopgave 29	Ben Hendriks, Hilversum

Techniek

Voorbeeldopgave 1	Thérèse Bouwens, Veldhoven
Voorbeeldopgave 2	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 3	Ben Hendriks, Hilversum (illustratie); EFA, Amsterdam (foto's)
Voorbeeldopgave 4	onbekend
Voorbeeldopgave 5	onbekend
Voorbeeldopgave 6	onbekend
Voorbeeldopgave 7	onbekend
Voorbeeldopgave 8	Jorine van Marrewijk, Veghel
Voorbeeldopgave 9	onbekend
Voorbeeldopgave 10	Gert Olthof, Persingen
Voorbeeldopgave 11	Gerard Boeijen, Nijmegen
Voorbeeldopgave 14	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 16	Ben Hendriks, Hilversum
Voorbeeldopgave 17	Thérèse Bouwens, Veldhoven
Voorbeeldopgave 18	Jorine van Marrewijk, Veghel
Voorbeeldopgave 19	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 20	Ben Hendriks, Hilversum
Voorbeeldopgave 21	Johan Schimmel, Woerden
Voorbeeldopgave 22	Margreet Nauta, Utrecht
Voorbeeldopgave 23	onbekend
Voorbeeldopgave 24	Margreet Nauta, Utrecht

Voorbeeldopgave 25
Voorbeeldopgave 26
Voorbeeldopgave 27
Voorbeeldopgave 28

Margreet Nauta, Utrecht
Jorine van Marrewijk, Veghel
Margreet Nauta, Utrecht
Johan Schimmel, Woerden

Praktische opdrachten

Wielen
Klem
Aquarium
Brug
Wegen met een veer
Knijper
Fietsbel
Elektrospel

Henk Notté, Nijmegen
Henk Notté, Nijmegen
Henk Notté, Nijmegen
Henk Notté, Nijmegen
Jos de Vries, Molenhoek
Margreet Nauta, Utrecht
Gert Olthof, Persingen
Jos de Vries, Molenhoek

Primair onderwijs

Periodieke Peiling van het Onderwijsniveau

Balans van het natuurkunde- en techniekonderwijs aan het einde van de basisschool 4

PPON-reeks nummer 43

Cito

Amsterdamseweg 13
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

Fotografie: Ron Steemers
1e druk